

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	13
1.1	Interdisziplinäre Wissenschaft.....	13
1.2	Definition des Roboters	14
2	GESCHICHTE DER ROBOTER.....	16
2.1	Erste Ansätze	16
2.2	Jahrhunderte danach	17
2.3	Die Bezeichnung „Roboter“	17
2.4	Modernere Konzepte	18
2.5	Im 20. Jahrhundert	18
2.5.1	Von 1961 bis 1970.....	19
2.5.2	Von 1971 bis 1980.....	19
2.5.3	Von 1981 bis 1990.....	20
2.5.4	Von 1991 bis 2000.....	21
2.6	Ab 2001	22
3	ROBOTERARTEN.....	24
3.1	Stationäre Roboter	25
3.2	Mobile Roboter.....	25
3.3	Arbeitsroboter	28
3.4	Serviceroboter	29
3.5	Personal Roboter.....	31
3.6	Erkundungsroboter	31
3.7	Humanoide Roboter	33
3.8	Androiden	34
3.9	Industrieroboter	34
3.10	Militär- und Kampfrobooter	35
3.11	Rettungsroboter.....	37
3.12	Roboter in der Medizin	38
3.13	Spielzeugroboter	41
3.14	Schwarmroboter	42
3.15	BEAM	44
3.16	Nanoroboter	44
3.17	Bionische Roboter.....	47
3.18	Bots	48
3.19	Autonome Kraftfahrzeuge	49
4	AUTONOMIE BEI MOBILEN ROBOTERN.....	50
4.1	Grade der Autonomie.....	50
4.2	Fähigkeiten und Forderungen.....	51

4.3	Weltmodelle	51
4.4	Sensoren	52
4.5	Navigation	53
4.6	Steuerungsarchitekturen autonomer Roboter	54
4.7	Energieversorgung mobiler Roboter.....	56
4.7.1	Akkumulatoren.....	57
4.7.2	„Supercaps“	58
4.7.3	Brennstoffzellen	59
4.7.4	Photovoltaik	59
4.7.5	Strom von Mikroben	60
5	DIE ROBOTERGESETZE	62
5.1	Nulltes Gesetz.....	62
5.2	Zukünftige Herausforderungen.....	63
6	MECHANISCHE KOMPONENTEN EINES ROBOTERS	64
6.1	Mechanischer Aufbau	64
6.2	Roboterkinematik	65
6.3	Freiheitsgrade	66
6.4	Gelenke und Achsen	67
6.4.1	Rotations- und Translationsachsen	67
6.4.2	Gelenkbauformen	68
6.4.3	Symbole für Roboterachsen.....	69
6.5	Rotatorische Achsen.....	70
6.5.1	Kompaktgelenke.....	70
6.5.2	Konstruktive Maßnahmen.....	71
6.5.3	Getriebearten.....	72
6.5.4	Harmonic Drive Getriebe	75
6.6	Translatorische Achsen – Linearantriebe.....	77
6.6.1	Antriebskonzepte und Eigenschaften	78
6.6.2	Zahnstangen-Stirnrad-Antrieb.....	78
6.6.3	Spindelantriebe	79
6.6.4	Zahnriementrieb.....	80
6.6.5	Elektrozylinder	81
6.6.6	Hydraulik und Pneumatik	82
6.6.7	Linearmotoren.....	82
6.7	Die kinematische Kette	84
6.7.1	Serielle Kinematik.....	84
6.7.2	Parallelkinematik.....	85
6.7.3	Hexapoden, Tripoden.....	86
6.8	DH-Transformation.....	86
6.9	Menschliche Gelenke	88
6.9.1	Experiment	89
6.9.2	Rotationsbewegungen	90

7	LAGEREGELUNG UND WEGMESSUNG	91
7.1	Lageregelkreise	91
7.2	Wegmessung	92
7.2.1	Direkt und indirekt	92
7.2.2	Absolut oder inkremental	93
7.2.3	Gray-Code	95
7.3	Drehzahlmessung	97
8	KOORDINATENSYSTEME	98
8.1	Koordinaten	98
8.1.1	Kartesische Koordinaten	99
8.1.2	Polarkoordinaten	100
8.1.3	Zylinderkoordinaten	101
8.1.4	Kugelkoordinaten	102
8.2	Bezugssysteme am Roboter	103
8.2.1	Raumbezug	103
8.2.2	Achsenbezug	105
8.2.3	Transformationen	106
9	INDUSTRIEROBOTER	107
9.1	Erste Industrieroboter	107
9.2	Definitionen, Kenngrößen und Anwendungen	108
9.2.1	Definitionen	108
9.2.2	Kenngrößen von Industrierobotern	109
9.2.3	Anwendungsgebiete	112
9.3	Aufbau von Industrierobotern	113
9.3.1	Bestandteile	113
9.3.2	Mechanischer Aufbau	114
9.3.3	Bauarten	115
9.4	Knickarm-Roboter	116
9.5	Schwenkarm-Roboter	118
9.6	Spezielle Bauformen	119
9.6.1	SCARA-Roboter	119
9.6.2	Delta-Roboter	121
9.6.3	Leichtbauroboter	124
9.6.4	Soft Robotics	127
9.6.5	Portalroboter	128
9.7	Aufgaben und Komponenten der Robotersteuerung	130
9.7.1	Aufgaben und Anforderungen	130
9.7.2	Komponenten der Steuerung	131
9.7.3	Programmiergeräte	133
9.7.4	Bewegungsarten	135
9.7.5	Betriebsarten	137
9.8	Markt und Hersteller	138

10	EFFEKTOREN UND GREIFER.....	144
10.1	Definitionen	144
10.2	Roboter-Handachsen	146
10.2.1	Antriebe.....	146
10.2.2	Kinematikstrukturen	147
10.3	Greifer	148
10.4	Greiferprinzipien.....	150
10.5	Anthropomorphe Greifer	158
10.5.1	Roboterhände	158
10.5.2	Antriebe.....	159
10.5.3	Die DLR-Hand	160
10.6	Roboterwerkzeuge	161
11	SICHERHEIT UND SCHUTZEINRICHTUNGEN IN DER ROBOTIK ...	165
11.1	Sicherheitstechnik allgemein	165
11.2	Risikobeurteilung	166
11.2.1	Fehlverhalten	167
11.2.2	Gefährdungen	167
11.2.3	Risikobewertung.....	168
11.2.4	Risikominderung.....	168
11.3	Die Richtlinie EN ISO 13849-1	169
11.3.1	Performance-Level	170
11.3.2	Einstufung des Risikos	170
11.3.3	Risikograf.....	171
11.3.4	Ermittlung des Performance Levels.....	171
11.4	Von Robotern ausgehende Gefahren.....	172
11.5	Schutzmaßnahmen.....	173
11.5.1	Sicherheitsfunktionen	174
11.5.2	Schutzeinrichtungen.....	174
11.5.3	Berührungslos wirkender Schutz.....	176
11.6	Sicheres Stillsetzen	177
11.7	Redundanz	180
11.8	Mensch-Roboter-Kollaboration.....	181
11.8.1	DIN EN ISO 10218-1/2	181
11.8.2	Kollaborierende Roboter.....	182
11.8.3	Roboter ohne Schutzzaun	182
11.8.4	Kollisionsüberwachung	184
12	PROGRAMMIERUNG VON ROBOTERN	186
12.1	Online-Programmierung	187
12.1.1	Teach-in-Programmierung	187
12.2	Offline-Programmierung.....	191
12.2.1	Textuelle Programmierung.....	191
12.2.2	CAD-gestützte Verfahren	192
12.2.3	Simulation	194
12.2.4	Explizite Programmierverfahren	194

12.2.5	Implizite Programmierverfahren.....	195
12.2.6	Weitere Verfahren	196
12.3	Programmiersprachen für Roboter.....	196
12.3.1	Grundelemente von Robotersprachen	197
12.3.2	Einige Programmiersprachen.....	200
12.3.3	Kurzbeschreibung einiger Programmiersprachen.....	201
12.3.4	KRL von Kuka	203
12.4	Das Problem der Normierung.....	206
12.4.1	Programmiersprache IRL.....	207
12.4.2	IRDATA-Code.....	207
12.5	Einbindung einer SPS	208
12.6	Tendenz: Einfachere Programmierung	209
13	DIE FIRMA KUKA	211
13.1	Unternehmensgeschichte.....	211
13.2	Kuka Roboter und Systems.....	212
13.3	Industrie 4.0.....	213
13.4	Mobiler Produktionsassistent	215
14	SENSOREN FÜR ROBOTER	216
14.1	Grundlagen der Sensorik.....	216
14.1.1	Sensoren in der Automatisierung	217
14.1.2	Technische Sensoren.....	218
14.2	Sensoren der Robotik	219
14.2.1	Aufgaben der Sensoren, Anforderungen	219
14.2.2	Interne Sensoren.....	220
14.2.3	Externe Sensoren	221
14.3	Näherungsschalter	222
14.3.1	Berührende Sensoren	222
14.3.2	Berührungslos wirkende Geber	223
14.4	Funktion diverser Näherungsschalter.....	224
14.4.1	Induktive Näherungsschalter	224
14.4.2	Kapazitive Näherungsschalter.....	225
14.4.3	Magnetische Näherungsschalter	226
14.5	Photoelektrische Sensoren	229
14.5.1	Photoelektrischer Effekt	230
14.5.2	Optische Näherungsschalter	230
14.5.3	Lichtschraken	230
14.6	Bildverarbeitung	232
14.7	Sensoren für mobile Roboter	236
14.7.1	Interne und externe Sensoren	236
14.7.2	Näherungssensoren	237
14.7.3	Taktile Sensoren.....	238
14.7.4	Ultraschallsensoren.....	239
14.7.5	Messung mit Infrarot	241
14.7.6	Laser	241

14.7.7	Kamera	242
14.7.8	„Dead-Reckoning“	242
15	HUMANOIDE ROBOTER.....	244
15.1	Der Traum vom künstlichen Menschen	244
15.2	Wesentliche Eigenschaften humanoider Roboter	246
15.3	Technische Realisierung	247
15.3.1	Technische Herausforderungen	247
15.3.2	Sensoren.....	248
15.3.3	Nur menschliche Sinnesorgane?	250
15.4	Aufbau	250
15.5	Die Roboterhand.....	252
15.5.1	Die menschliche Hand	252
15.5.2	Roboterhände	253
15.5.3	Antriebe.....	254
15.5.4	Steuerung	256
15.5.5	Mensch-Roboter-Kooperation	258
15.6	Der aufrechte Gang	259
15.6.1	Analyse des Gehens.....	260
15.6.2	Neue Lösungsansätze	262
15.7	Autonomie humanoider Roboter	265
15.7.1	Autonome Roboter	265
15.7.2	Realisierung	266
15.8	Bekannte humanoide Roboter	269
15.9	Roboterethik	272
16	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	275
16.1	Was ist Intelligenz?	275
16.2	Künstliche Intelligenz.....	276
16.3	Maschinelles Sehen	277
16.4	Mustererkennung	279
16.5	Künstliche neuronale Netze	281
16.6	Kybernetik	285
16.7	Pioniere der künstlichen Intelligenz	287
17	AUSBLICK: ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN.....	291
	STICHWORTVERZEICHNIS.....	302