

Inhaltsverzeichnis

1	EINFÜHRUNG	15
1.1	Interdisziplinäre Wissenschaft	15
1.2	Definition des Roboters	16
2	GESCHICHTE DER ROBOTER.....	18
2.1	Erste Ansätze	18
2.2	Jahrhunderte danach	19
2.3	Die Bezeichnung „Roboter“	19
2.4	Modernere Konzepte	20
2.5	Im 20. Jahrhundert.....	20
2.5.1	Von 1961 bis 1970	21
2.5.2	Von 1971 bis 1980	21
2.5.3	Von 1981 bis 1990	22
2.5.4	Von 1991 bis 2000	23
2.6	Ab 2001	24
3	ROBOTERARTEN.....	26
3.1	Stationäre Roboter.....	27
3.2	Mobile Roboter.....	27
3.3	Arbeitsroboter	30
3.4	Serviceroboter.....	31
3.5	Personal Roboter	32
3.6	Erkundungsroboter	33
3.7	Humanoide Roboter.....	34
3.8	Androiden	35
3.9	Industrieroboter	36
3.10	Militär- und Kampfroboter.....	36
3.11	Rettungsroboter.....	38

3.12	Roboter in der Medizin	39
3.13	Spielzeugroboter	42
3.14	Schwarmroboter	43
3.15	BEAM	45
3.16	Nanoroboter	46
3.17	Bionische Roboter	48
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	129
9.7.1	Aufgaben und Anforderungen	130
9.7.2	Komponenten der Steuerung.....	131
9.7.3	Programmiergeräte.....	133
9.7.4	Bewegungsarten	134
9.7.5	Betriebsarten	137
9.8	Markt und Hersteller	138
10	EFFEKTOREN UND GREIFER.....	142
10.1	Definitionen	142
10.2	Roboter-Handachsen	144
10.2.1	Antriebe	144
10.2.2	Kinematikstrukturen	145
10.3	Greifer	146
10.4	Greiferprinzipien	148
10.5	Anthropomorphe Greifer.....	156
10.5.1	Roboterhände	156
10.5.2	Antriebe	157
10.5.3	Die DLR-Hand	158
10.6	Roboterwerkzeuge.....	159

11	SICHERHEIT UND SCHUTZEINRICHTUNGEN IN DER ROBOTIK ...	163
11.1	Sicherheitstechnik allgemein	163
11.2	Risikobeurteilung.....	164
11.2.1	Fehlverhalten	165
11.2.2	Gefährdungen	165
11.2.3	Risikobewertung	166
11.2.4	Risikominderung	166
11.3	Die Richtlinie EN ISO 13849-1.....	167
11.3.1	Performance-Level.....	168
11.3.2	Einstufung des Risikos.....	168
11.3.3	Risikograf	169
11.3.4	Ermittlung des Performance Levels	169
11.4	Von Robotern ausgehende Gefahren	170
11.5	Schutzmaßnahmen	171
11.5.1	Sicherheitsfunktionen.....	172
11.5.2	Schutzeinrichtungen	172
11.5.3	Berührungslos wirkender Schutz	174
11.6	Sicheres Stillsetzen	175
11.7	Redundanz.....	178
11.8	Mensch-Roboter-Kollaboration	179
11.8.1	DIN EN ISO 10218-1/2.....	179
11.8.2	Kollaborierende Roboter	180
11.8.3	Roboter ohne Schutzzaun	180
11.8.4	Kollisionsüberwachung	182
12	PROGRAMMIERUNG VON ROBOTERN.....	184
12.1	Online-Programmierung	185
12.1.1	Teach-in-Programmierung.....	185
12.2	Offline-Programmierung	189
12.2.1	Textuelle Programmierung	189
12.2.2	CAD-gestützte Verfahren	190
12.2.3	Simulation	192
12.2.4	Explizite Programmierverfahren.....	192
12.2.5	Implizite Programmierverfahren	193
12.2.6	Weitere Verfahren	194
12.3	Programmiersprachen für Roboter.....	194
12.3.1	Grundelemente von Robotersprachen	195
12.3.2	Einige Programmiersprachen.....	198
12.3.3	Kurzbeschreibung einiger Programmiersprachen	199
12.3.4	KRL von Kuka.....	201

12.4	Das Problem der Normierung.....	204
12.4.1	Programmiersprache IRL.....	205
12.4.2	IRDATA-Code.....	205
12.5	Einbindung einer SPS	206
12.6	Tendenz: Einfachere Programmierung	207
13	DIE FIRMA KUKA	209
13.1	Unternehmensgeschichte.....	209
13.2	Kuka Roboter und Systems.....	210
13.3	Industrie 4.0.....	211
13.4	Mobiler Produktionsassistent	213
14	SENSOREN FÜR ROBOTER	214
14.1	Grundlagen der Sensorik.....	214
14.1.1	Sensoren in der Automatisierung	215
14.1.2	Technische Sensoren.....	216
14.2	Sensoren der Robotik	217
14.2.1	Aufgaben der Sensoren, Anforderungen	217
14.2.2	Interne Sensoren.....	218
14.2.3	Externe Sensoren	219
14.3	Näherungsschalter	220
14.3.1	Berührende Sensoren	220
14.3.2	Berührungslos wirkende Geber	221
14.4	Funktion diverser Näherungsschalter.....	222
14.4.1	Induktive Näherungsschalter	222
14.4.2	Kapazitive Näherungsschalter	223
14.4.3	Magnetische Näherungsschalter	224
14.5	Photoelektrische Sensoren	227
14.5.1	Photoelektrischer Effekt	228
14.5.2	Optische Näherungsschalter	228
14.5.3	Lichtschraken	229
14.6	Bildverarbeitung	230
14.7	Sensoren für mobile Roboter	234
14.7.1	Interne und externe Sensoren	234
14.7.2	Näherungssensoren	235
14.7.3	Taktile Sensoren.....	236
14.7.4	Ultraschallsensoren.....	237
14.7.5	Messung mit Infrarot	239

14.7.6	Laser.....	239
14.7.7	Kamera.....	240
14.7.8	„Dead-Reckoning“.....	240
15	HUMANOIDE ROBOTER.....	242
15.1	Der Traum vom künstlichen Menschen.....	242
15.2	Wesentliche Eigenschaften humanoider Roboter.....	244
15.3	Technische Realisierung	245
15.3.1	Technische Herausforderungen.....	245
15.3.2	Sensoren	246
15.3.3	Nur menschliche Sinnesorgane?.....	248
15.4	Aufbau.....	248
15.5	Die Roboterhand	250
15.5.1	Die menschliche Hand	250
15.5.2	Roboterhände.....	251
15.5.3	Antriebe	252
15.5.4	Steuerung.....	254
15.5.5	Mensch-Roboter-Kooperation.....	256
15.6	Der aufrechte Gang.....	257
15.6.1	Analyse des Gehens	258
15.6.2	Neue Lösungsansätze	260
15.7	Autonomie humanoider Roboter.....	263
15.7.1	Autonome Roboter	263
15.7.2	Realisierung	264
15.8	Bekannte humanoide Roboter.....	266
15.9	Roboterethik.....	269
16	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ.....	272
16.1	Was ist Intelligenz?.....	272
16.2	Künstliche Intelligenz.....	273
16.3	Maschinelles Sehen.....	274
16.4	Mustererkennung.....	275
16.5	Künstliche neuronale Netze.....	277
16.6	Kybernetik	281
16.7	Pioniere der künstlichen Intelligenz	282

17 AUSBLICK: ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN..... 286

STICHWORTVERZEICHNIS..... 294