

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	35
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	45
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	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.....	143
10.1	Definitionen	143
10.2	Roboter-Handachsen	145
10.2.1	Antriebe	145
10.2.2	Kinematikstrukturen	146
10.3	Greifer	147
10.4	Greiferprinzipien	149
10.5	Anthropomorphe Greifer.....	157
10.5.1	Roboterhände	157
10.5.2	Antriebe	158
10.5.3	Die DLR-Hand	159
10.6	Roboterwerkzeuge.....	160

11	SICHERHEIT UND SCHUTZEINRICHTUNGEN IN DER ROBOTIK ...	164
11.1	Sicherheitstechnik allgemein	164
11.2	Risikobeurteilung.....	165
11.2.1	Fehlverhalten	166
11.2.2	Gefährdungen.....	166
11.2.3	Risikobewertung	167
11.2.4	Risikominderung	167
11.3	Die Richtlinie EN ISO 13849-1.....	168
11.3.1	Performance-Level.....	169
11.3.2	Einstufung des Risikos.....	169
11.3.3	Risikograf	170
11.3.4	Ermittlung des Performance Levels	170
11.4	Von Robotern ausgehende Gefahren	171
11.5	Schutzmaßnahmen	172
11.5.1	Sicherheitsfunktionen.....	173
11.5.2	Schutzeinrichtungen	173
11.5.3	Berührungslos wirkender Schutz	175
11.6	Sicheres Stillsetzen	176
11.7	Redundanz.....	179
11.8	Mensch-Roboter-Kollaboration	180
11.8.1	DIN EN ISO 10218-1/2.....	180
11.8.2	Kollaborierende Roboter	181
11.8.3	Roboter ohne Schutzzaun.....	181
11.8.4	Kollisionsüberwachung.....	183
12	PROGRAMMIERUNG VON ROBOTERN.....	185
12.1	Online-Programmierung	186
12.1.1	Teach-in-Programmierung.....	186
12.2	Offline-Programmierung	190
12.2.1	Textuelle Programmierung	190
12.2.2	CAD-gestützte Verfahren	191
12.2.3	Simulation	193
12.2.4	Explizite Programmierverfahren.....	193
12.2.5	Implizite Programmierverfahren	194
12.2.6	Weitere Verfahren.....	195
12.3	Programmiersprachen für Roboter.....	195
12.3.1	Grundelemente von Robotersprachen	196
12.3.2	Einige Programmiersprachen.....	199
12.3.3	Kurzbeschreibung einiger Programmiersprachen	200
12.3.4	KRL von Kuka.....	202

12.4	Das Problem der Normierung.....	205
12.4.1	Programmiersprache IRL.....	206
12.4.2	IRDATA-Code.....	206
12.5	Einbindung einer SPS	207
12.6	Tendenz: Einfachere Programmierung	208
13	DIE FIRMA KUKA	210
13.1	Unternehmensgeschichte.....	210
13.2	Kuka Roboter und Systems.....	211
13.3	Industrie 4.0.....	212
13.4	Mobiler Produktionsassistent	214
14	SENSOREN FÜR ROBOTER	215
14.1	Grundlagen der Sensorik.....	215
14.1.1	Sensoren in der Automatisierung	216
14.1.2	Technische Sensoren.....	217
14.2	Sensoren der Robotik	218
14.2.1	Aufgaben der Sensoren, Anforderungen	218
14.2.2	Interne Sensoren.....	219
14.2.3	Externe Sensoren	220
14.3	Näherungsschalter	221
14.3.1	Berührende Sensoren	221
14.3.2	Berührungslos wirkende Geber	222
14.4	Funktion diverser Näherungsschalter.....	223
14.4.1	Induktive Näherungsschalter	223
14.4.2	Kapazitive Näherungsschalter.....	224
14.4.3	Magnetische Näherungsschalter	225
14.5	Photoelektrische Sensoren	228
14.5.1	Photoelektrischer Effekt	229
14.5.2	Optische Näherungsschalter.....	229
14.5.3	Lichtschranken	229
14.6	Bildverarbeitung	231
14.7	Sensoren für mobile Roboter	235
14.7.1	Interne und externe Sensoren	235
14.7.2	Näherungssensoren	236
14.7.3	Taktile Sensoren.....	237
14.7.4	Ultraschallsensoren.....	237
14.7.5	Messung mit Infrarot	240

14.7.6	Laser.....	240
14.7.7	Kamera.....	241
14.7.8	„Dead-Reckoning“.....	241
15	HUMANOIDE ROBOTER.....	243
15.1	Der Traum vom künstlichen Menschen.....	243
15.2	Wesentliche Eigenschaften humanoider Roboter.....	245
15.3	Technische Realisierung	246
15.3.1	Technische Herausforderungen.....	246
15.3.2	Sensoren	247
15.3.3	Nur menschliche Sinnesorgane?.....	249
15.4	Aufbau.....	249
15.5	Die Roboterhand	251
15.5.1	Die menschliche Hand	251
15.5.2	Roboterhände.....	252
15.5.3	Antriebe	253
15.5.4	Steuerung.....	255
15.5.5	Mensch-Roboter-Kooperation	257
15.6	Der aufrechte Gang.....	258
15.6.1	Analyse des Gehens	259
15.6.2	Neue Lösungsansätze	261
15.7	Autonomie humanoider Roboter.....	264
15.7.1	Autonome Roboter	264
15.7.2	Realisierung	265
15.8	Bekannte humanoide Roboter.....	267
15.9	Roboterethik.....	270
16	KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	273
16.1	Was ist Intelligenz?.....	273
16.2	Künstliche Intelligenz.....	274
16.3	Maschinelles Sehen.....	275
16.4	Mustererkennung.....	277
16.5	Künstliche neuronale Netze.....	278
16.6	Kybernetik	282
16.7	Pioniere der künstlichen Intelligenz	284

17 AUSBLICK: ZUKÜNFTIGE ENTWICKLUNGEN..... 287

STICHWORTVERZEICHNIS..... 296