

Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen für Berechnungen am Haltungs- und Bewegungsorgan	1
1.1	Systembedingte Voraussetzungen zur Untersuchung der Elemente des Bewegungsorgans	3
1.1.1	Betrachtung der wirkenden Kräfte und Momente des Einbeinstands	4
1.2	Grundlegende Methoden aus Statik und Festigkeitslehre . .	5
1.2.1	Schnittprinzip	5
1.2.1.1	Freischneiden, Freimachen	5
1.2.2	Gleichgewichtsbedingung	6
1.2.2.1	Gleichgewichtsaxiom	6
1.2.3	Schnittreaktionen	8
1.2.3.1	Betrachtung am Stab	8
1.2.3.2	Schnittgrößen am ebenen Balken	8
1.2.3.3	Schnittlast-Diagramme	10
1.2.4	Spannungsarten	10
1.2.4.1	Normalspannung	11
1.2.4.2	Biegenormalspannung	11
1.2.4.3	Beanspruchung aus Zug-/Druck- und Biegespannung	13
1.2.4.4	Torsionsspannung	13
1.3	Analytische und numerische Methoden zur mathematischen Modellbildung	15
1.3.1	Systemuntersuchung mit Hilfe von Knotenpunkten . .	15
1.3.2	Partielle Differentialgleichungen	17
1.3.3	Matrix-Steifigkeits-Methode	18
1.3.4	Simulation mit FEM	20
	Literatur	20
2	Bindegewebe, Knochen und Gelenke	21
2.1	Physiologischer Aufbau und Funktion des Röhrenknochens	22
2.1.1	Struktur und Funktion des Knochengewebes	23
2.1.2	Mikroskopischer Knochenaufbau	23
2.1.3	Zellen des Knochens	24
2.1.4	Skelettentwicklung	25
2.1.5	Exzentrisches Wachstum	26

2.1.6	Physikalischer Vorgang im Knochen bei Druckbelastung	26
2.1.7	Mineralisation-Calciumstoffwechsel	27
2.1.8	Regulationsstörungen des Knochenstoffwechsels	29
2.2	Verhalten von Zellen und anatomischen Elementen	29
2.2.1	Wolff'sches Transformationsgesetz der Knochen	29
2.2.1.1	Pauwels'sches Bindegewebs-Differenzierungsgesetz	30
2.3	Gelenkaufbau	32
2.3.1	Gelenkkapsel	34
2.3.2	Morphologische Veränderungen des Gelenks	35
2.3.2.1	Chronische Polyarthrits	35
2.3.2.2	Arthrosis deformans	35
Literatur		36
3	Das Becken-Bein-Stützsystem (BBS)	37
3.1	Gleichgewicht im Hüftgelenk	40
3.2	Beanspruchungen im Femur	41
3.3	Einfluss der Gestaltungsformen von Femur und Tibia auf ihre Beanspruchung	43
3.4	Historische Belastungsanalyse mit Hilfe der Spannungsoptik	45
3.5	Strukturen und Materialverhalten (Femur und Tibia)	46
3.5.1	Verhalten des kompakten Knochenmaterials	46
3.5.1.1	Der Mohr'sche Kreis	49
3.5.2	Optimale Übereinstimmung von Struktur und Funktion der Tibia	52
3.5.2.1	Biegebeanspruchung	52
3.5.2.2	Torsionsbeanspruchung	54
3.5.3	Strukturbetrachtung der Spongiosa	56
3.5.4	Einführung in die lineare Elastizitätstheorie	58
3.5.4.1	Einachsiger Spannungszustand	58
3.5.4.2	Ebener (zweiachsiger) Spannungszustand	59
3.5.4.3	Räumlicher (dreiachsiger) Spannungszustand	59
3.5.4.4	Formänderungszustand	59
3.5.4.5	Verknüpfung von Spannungs- und Formänderungszuständen durch die Materialeigenschaften	59
3.5.4.6	Ergänzung	61
3.6	Kinematik und Kinetik des Gehens	61
3.6.1	Grundlegende Methoden der Kinematik	61
3.6.1.1	Bewegungsabläufe starrer Körper	61
3.6.1.2	Darstellungsart I	62
3.6.1.3	Darstellungsart II	62
3.6.1.4	Die Translationsbewegung	62
3.6.1.5	Die Rotationsbewegung um eine feste Achse	63
3.6.2	Grundlagen Kinetik starrer Körper	64
3.6.2.1	Der Impulssatz	64
3.6.2.2	Der Schwerpunktsatz	65

	3.6.2.3	Das Prinzip von d'Alembert	65
	3.6.2.4	Drallsatz in der inversen Dynamik	65
	3.6.3	Einführung in die Ganganalyse	67
	3.6.3.1	Die Bewegung des Körperschwerpunktes	67
	3.6.3.2	Die Untersuchung der dynamischen Kraftwirkungen	68
	Literatur		70
4	Das Hüftgelenk		71
	4.1	Einführung	72
	4.2	Analyse der Belastungen im Becken-Bein-System	73
	4.2.1	Physiologischer Zustand	73
	4.2.2	Individueller Zustand (Hüftgelenkszentrum)	76
	4.2.3	Spezifische Einflüsse der Hüftgelenksresultierenden	77
	4.2.4	Pathologischer Zustand	78
	4.2.4.1	Coxa vara (Flachhüfte)	79
	4.2.4.2	Coxa valga (Steilhüfte)	79
	4.2.4.3	Coxa antetorta (Antetorsionshüfte)	80
	4.2.4.4	Hüftdysplasie	80
	4.2.5	Schenkelhalsfraktur	80
	4.3	Pathologische Störung des Hüftgelenks	83
	4.3.1	Angeborenes Versagen des coxalen Femurs (Entwicklungsstörung)	83
	4.3.2	Primäre und Sekundäre Coxarthrose	83
	Literatur		84
5	Pathologische Veränderungen und Analyse des Gelenkknorpels		85
	5.1	Physiologische Gelenkfunktion	86
	5.2	Arthrosis deformans	87
	5.2.1	Stadien der Arthrosis deformans	89
	5.2.2	Therapiemöglichkeiten	90
	5.3	Umstellungsosteotomie	91
	5.3.1	Umstellungsosteotomieverfahren nach Pauwels	92
	Literatur		94
6	Frakturbehandlung und Osteosynthesen		95
	6.1	Einführung in die Prinzipien der AO-Technik	96
	6.2	Histologie der Knochenheilung nach stabiler Osteosynthese	97
	6.3	Biomechanische Betrachtung der Osteosynthese	98
	6.3.1	Schienung	99
	6.3.2	Interfragmentäre Kompression	99
	6.3.2.1	Betrachtung der Vorspannung	100
	6.3.3	Winkelstabilität	102
	6.4	Implantat-Normen und Instrumentarien der AO	103
	6.4.1	Zugschraube	103
	6.4.2	Dynamische Kompression mittels Zuggurtung	103
	6.4.3	Standardplatten	103

6.4.4	Rundlochplatten	104
6.4.5	Spanngleitlochplatten	104
6.4.6	Winkelplatten	104
6.4.7	Spezielle Platten	105
6.4.8	Transossäre Osteosynthese nach Ilizarov-Fixateur extern	105
6.4.8.1	Technische Voraussetzungen des Ilizarov-Fixateurs	107
6.4.9	Systemparameter für den gesteuerten Heilungsprozess	108
6.4.10	Vor- und Nachteile des Ilizarov-Fixateurs	108
	Literatur	108
7	Das Kniegelenk	109
7.1	Physiologischer Aufbau und Funktion des Gelenks	110
7.1.1	Knöcherne Strukturen und Meniscen	111
7.1.2	Stabilisierende Elemente des Gelenks	112
7.2	Gelenkskinematik	116
7.2.1	Morphologische Strukturen	116
7.2.2	Grundlagen der allgemeinen ebenen Bewegung	117
7.2.3	Der Satz von Euler	117
7.2.4	Momentanpol-Verfahren	118
7.2.5	Polkurven-Verfahren	118
7.2.6	Viergelenkkette	119
7.2.7	Evolvente und Evolute	121
7.2.8	Modellbetrachtungen von Rehder und Nietert	122
7.2.8.1	Rehder	122
7.2.8.2	Nietert	123
7.3	Wirkende Kräfte am Gelenksystem bei unterschiedlichen Beugewinkeln	123
7.3.1	Modell von Denham	123
7.3.2	Modell von Groh (tiefer Hocksitz)	125
7.4	Betrachtungen des pathologischen Gelenks	126
7.5	Operationsverfahren	127
7.5.1	Äußere Entspannungs-Operation (Lateral-Release)	127
7.5.2	Hemipatellektomie	127
7.5.3	Patellektomie	127
7.5.4	Maquet-Bandi-Operation	127
7.5.5	Achs-Winkelkorrektur des Beines	128
	Literatur	128
8	Das obere Sprunggelenk (OSG)	129
8.1	Anatomische Besonderheiten	129
8.2	Physiologische Betrachtung und Bewegungsablauf	132
8.3	Betrachtung der Bodenreaktionskräfte	132
8.3.1	Innere Reaktionskräfte	133
	Literatur	135

9	Die Wirbelsäule	137
9.1	Einführung	139
9.2	Anatomie und Physiologie	139
9.3	Stoffwechselvorgänge der Bandscheibe	142
9.4	Betrachtung der Bandscheibe im statischen Zustand	143
9.4.1	Belastungen beim Rudern	144
9.4.2	Belastungen beim Heben einer Last	146
9.5	Dynamische Beanspruchung der Wirbelsäule	147
9.6	Anwendung der Tensegrity-Methode	148
9.6.1	Einführung	148
9.6.2	HWS-Distorsionstrauma	149
9.6.3	Gewichtheber	150
9.7	Osteoporose als Ursache für Makrofrakturen	153
9.8	Berechnung osteoporotischer trabekulärer Strukturen	153
9.8.1	Knickbeanspruchung am Beispiel des Wirbelkörpers	155
9.8.1.1	Linear-elastisches Materialverhalten nach Euler	156
9.8.1.2	Nicht-linear-elastisches Materialverhalten	157
9.8.2	Berechnungsverfahren und quantitative Untersuchung der Trabekelknickung	157
9.9	Fehlformen der Wirbelsäule (Pathologien)	158
9.10	Skoliose-Korrekturverfahren	159
9.10.1	Harrington-Verfahren	159
9.10.2	Cotrel-Dubousset-Verfahren	160
9.10.3	Ventrale Derotationsspondylodese Verfahren nach Zielke	163
9.10.4	Doppelstab-System (Universal spinal system)	163
	Literatur	163
10	Endoprothetik der unteren Extremität	165
10.1	Geschichtliche Hintergründe	166
10.2	Künstlicher Gelenkersatz aus ärztlicher Sicht	168
10.2.1	Grenzflächenprobleme	168
10.2.2	Tribologie	169
10.2.3	Biomechanische Lockerungsursachen	169
10.2.4	Grundlegende Endoprothesenmodelle	170
10.3	Aspekte der Endoprothesenentwicklung	171
10.3.1	Physiologische und technische Faktoren	172
10.3.2	Werkstoffanforderungen	172
10.4	Konstruktion	173
10.4.1	Gestaltungsregeln	173
10.4.2	Computer Aided Design Systeme (CAD) und FEM	176
10.4.3	Konstruktions- und Entwicklungsnormen	176
10.5	Fertigungsverfahren	177
10.5.1	Rapid-Prototyping-Verfahren (RP)	177
10.5.2	Herstellungsprozess	178
10.6	Testungen	178
10.6.1	Normen und Zulassung	178

10.6.2 Materialtestung	179
10.6.3 Implantattestung	179
10.6.4 Auswertung und Analyse	180
10.6.5 Standfestigkeit und Langzeitbetrachtung	180
Literatur	182
Stichwortverzeichnis	183