

# Inhaltsverzeichnis

## I Allgemeine Biomechanik des Bewegungsapparates

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Biomechanik</b> .....	<b>3</b>
1.1	Definitionen – 3	
1.2	Bewegung, Kräfte und Massen – 4	
1.3	Verformung, Spannung, Festigkeit – 11	
1.4	Spannungsoptik: Isoklinen, Isochromaten – 23	
1.5	Literatur – 28	
<b>2</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Bauelemente des Stützapparates (passiver Bewegungsapparat)</b> .....	<b>29</b>
2.1	Pauwels-Theorie der kausalen Histogenese und funktionellen Anpassung der Stützgewebe – 30	
2.2	Definition und Voraussetzung der kausalen Histogenese – 30	
2.3	Primäre Stützgewebe (Bindegewebe, Knorpel) – 31	
2.3.1	Morphologie und kausale Histogenese des Bindegewebes – 31	
2.3.2	Fettgewebe (Textus adiposus) – 44	
2.3.3	Morphologie und kausale Histogenese des Knorpelgewebes (Textus cartilagineus) – 47	
2.3.4	Bindegewebe und Knorpel als primäre Stützgewebe; Übergangsformen – 57	
2.4	Knochen als sekundäres Stützgewebe – 59	
2.4.1	Knochengewebe (Textus osseus) – 61	
2.4.2	Stützorgan Knochen – 75	
2.4.3	Funktionelle Anpassung des Knochens – 85	
2.4.4	Biomechanik der Frakturheilung – 104	
2.5	Allometrische Proportionalität des Skeletts – 118	
2.6	Literatur – 123	
<b>3</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Gelenke</b> .....	<b>125</b>
3.1	Das biologische Gelenk – Anatomie der Junktoren – 125	
3.2	Anatomie der Diarthrosen (Articulationes synoviales) – 126	
3.3	Entwicklung der Diarthrosen – 128	
3.4	Gestalt und Kinematik der Diarthrosen – 132	
3.4.1	Gelenkformen – 132	
3.4.2	Kinematik – 133	
3.5	Dynamik der Diarthrosen – 145	
3.5.1	Statik – 145	
3.5.2	Kinetik – 161	
3.6	Literatur – 162	

<b>4</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Skelettmuskulatur (aktiver Bewegungsapparat)</b> .....	<b>163</b>
4.1	Bauelement: die quer gestreifte Muskelfaser –	163
4.2	Architektur des Muskels und Muskeltypen –	167
4.3	Kraft und Bewegung –	173
4.4	Muskel und Gelenk –	182
4.4.1	Kinematik –	182
4.4.2	Funktionelle Anpassung –	185
4.4.3	Neuromuskuläre Steuerung –	186
4.5	Muskel und Skelett –	194
4.6	Literatur –	197
<b>5</b>	<b>Dynamik und Kinematik des gesamten Körpers</b> .....	<b>198</b>
5.1	Körperlast und Teillasten –	198
5.2	Statisches Gleichgewicht –	199
5.3	Kinetisches Gleichgewicht –	205
5.4	Kinetik der Bewegung in Gelenken –	208
5.5	Kinematik der Fortbewegung –	209
5.6	Literatur –	212
<b>6</b>	<b>Biomechanische Voraussetzungen der Bipedie des Menschen</b> .....	<b>213</b>
6.1	Frühe Formen der Wirbeltiere – der „Heckantrieb“ –	213
6.1.1	Muskulatur und Wirbelsäule –	213
6.1.2	Der „Heckantrieb“ –	215
6.1.3	Entwicklung der Extremitäten und ihrer Gelenke –	215
6.1.4	Der „Heckantrieb“ bei Landbewohnern –	218
6.1.5	Umstellung der Extremitäten mit starrer werdender Wirbelsäule –	220
6.2	Biomechanik der Aufrichtung zur Bipedie –	223
6.2.1	Vögel und Säugetiere –	223
6.2.2	Affe und Mensch –	225
6.3	Literatur –	227

## **II Untere Extremität**

<b>7</b>	<b>Die untere Extremität als Ganzes</b> .....	<b>231</b>
7.1	Das vereinfachte Skelett-Muskel-Modell –	231
7.2	Statik des aufrechten Stehens –	232
7.2.1	Sagittalebene –	232
7.2.2	Frontalebene –	236
7.3	Hebung der freien Extremität –	243
7.3.1	Beinhebung im Sitzen –	243
7.3.2	Anheben des Beines im Liegen –	245
7.4	Literatur –	247
<b>8</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Hüftgelenks</b> .....	<b>248</b>
8.1	Morphologie –	248
8.1.1	Skelettpartner: Hüftgelenkpfanne, Femurkopf –	248
8.1.2	Proximales Femurende –	256
8.1.3	Gelenkkapsel und Bänder –	259

8.1.4	Muskeln des Hüftgelenks	– 262
8.2	Geometrie und Biomechanik des Hüftgelenks	– 265
8.2.1	Gelenkgeometrie	– 265
8.2.2	Geometrie des proximalen Femurendes	– 267
8.2.3	Kinematik des Hüftgelenks	– 271
8.2.4	Dynamische Beanspruchung von Hüftgelenk und proximalem Femurende	– 272
8.2.5	Umlagerungsosteotomie bei Coxa vara „congenita“ und Schenkelhalspseudarthrose	– 289
8.3	Literatur	– 292
<b>9</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Kniegelenks</b>	<b>294</b>
9.1	Morphologie	– 294
9.1.1	Skelettpartner: distales Femurende, Tibiakopf, Patella	– 294
9.1.2	Gelenkkapsel, Bänder und Muskelsehnen	– 297
9.1.3	Muskeln des Kniegelenks	– 306
9.2	Geometrie und Biomechanik des Kniegelenks	– 308
9.2.1	Gelenkgeometrie	– 308
9.2.2	Kinematik des Kniegelenks	– 310
9.2.3	Statik des Kniegelenks	– 314
9.3	Literatur	– 321
<b>10</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Femurschaftes</b>	<b>323</b>
10.1	Morphologie	– 323
10.1.1	Femur	– 323
10.1.2	Muskeln und Faszien des Oberschenkels	– 324
10.2	Statik	– 326
10.3	Literatur	– 334
<b>11</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Sprunggelenke und des Fußes</b>	<b>335</b>
11.1	Morphologie der Sprunggelenke und des Rückfußes	– 335
11.1.1	Oberes Sprunggelenk (Talokruralgelenk)	– 335
11.1.2	Unteres Sprunggelenk	– 337
11.2	Kinematik der Sprunggelenke	– 340
11.3	Muskeln mit Einfluss auf die Sprunggelenke	– 343
11.3.1	Extensoren des Fußes (Dorsalflexoren)	– 343
11.3.2	Plantarflexoren	– 344
11.3.3	Mm. peronei	– 346
11.4	Morphologie des Vorfußes und seiner Gelenke	– 347
11.4.1	Elemente des Tarsus	– 347
11.4.2	Metatarsus und Zehen	– 348
11.4.3	Gelenke und Bänder des Vorfußes	– 348
11.5	Kurze Fußmuskeln	– 351
11.6	Konstruktion und Statik des gesamten Fußes	– 353
11.6.1	Architektur des Fußes	– 353
11.6.2	Statik des Fußes	– 359
11.6.3	Kinetik des Fußes	– 364
11.6.4	Beanspruchung der Gelenke und Skelettelemente des Rückfußes	– 366
11.6.5	Struktur und Beanspruchung der Skelettelemente des Vorfußes	– 370

11.7	Fuß und Modeschuh – 372	
11.7.1	Hallux valgus – 372	
11.7.2	Hoher Absatz – 373	
11.7.3	Gefahr für die Sprunggelenke – 374	
11.8	Literatur – 376	
<b>12</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Unterschenkelskeletts .....</b>	<b>377</b>
12.1	Morphologie des Unterschenkelskeletts – 377	
12.2	Verbindungen der Unterschenkelknochen – 378	
12.3	Muskeln des Unterschenkels – 379	
12.3.1	Muskeln der Streckseite (Dorsalflexoren des Fußes) – 379	
12.3.2	Muskeln der Beugeseite (Plantarflexoren des Fußes) – 380	
12.3.3	Mm. peronaei – 380	
12.4	Biomechanik des Unterschenkelskeletts – 381	
12.5	Literatur – 387	
<b>III</b>	<b>Obere Extremität</b>	
<b>13</b>	<b>Die obere Extremität als Ganzes .....</b>	<b>391</b>
13.1	Übersicht über Skelett und Muskeln – 391	
13.2	Kinematik der gesamten Extremität – 394	
13.3	Statik der gesamten Extremität – 396	
13.4	Literatur – 397	
<b>14</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Schultergürtels .....</b>	<b>398</b>
14.1	Morphologie des Schultergürtels – 398	
14.1.1	Skelettelemente des Schultergürtels – 398	
14.1.2	Entwicklung des Schultergürtels – 400	
14.1.3	Gelenke und Bandverbindungen des Schultergürtels – 400	
14.1.4	Muskeln des Schultergürtels – 402	
14.2	Biomechanik des Schultergürtels – 404	
14.2.1	Kinematik – 404	
14.2.2	Statik – 406	
14.3	Literatur – 407	
<b>15</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Schultergelenks .....</b>	<b>408</b>
15.1	Morphologie des Schultergelenks – 408	
15.1.1	Morphologie der Gelenkpartner – 408	
15.1.2	Entwicklung des proximalen Humerus – 410	
15.1.3	Gelenkkapsel und Bänder – 410	
15.1.4	Muskeln des Schultergelenks – 411	
15.2	Biomechanik des Schultergelenks – 416	
15.2.1	Kinematik – 416	
15.2.2	Statik – 419	
15.3	Literatur – 423	

<b>16</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Ellenbogengelenks</b> .....	<b>424</b>
16.1	Morphologie des Ellenbogengelenks –	424
16.1.1	Skelettpartner: Humerus, Ulna, Radius –	424
16.1.2	Gelenkflächen des Ellenbogengelenks –	427
16.1.3	Gelenkkapsel und Bänder –	429
16.1.4	Muskeln des Ellenbogengelenks –	431
16.2	Geometrie und Biomechanik des Ellenbogengelenks –	433
16.2.1	Geometrie und Kinematik des Humeroulnargelenks –	433
16.2.2	Geometrie und Kinematik des Humeroradialgelenks –	435
16.2.3	Biomechanik des Ellenbogengelenks: die Gelenkresultierende –	436
16.2.4	Biomechanik des Ellenbogengelenks: der Gelenkdruck –	443
16.3	Literatur –	445
<b>17</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Armskeletts</b> .....	<b>446</b>
17.1	Morphologie der Skelettelemente –	446
17.1.1	Humerus –	446
17.1.2	Radius –	449
17.1.3	Ulna –	450
17.1.4	Membrana interossea und distaler Gelenkkomplex –	451
17.2	Mechanische Beanspruchung des Armskeletts –	453
17.2.1	Beanspruchung beim Einsatz von Oberarmmuskeln –	453
17.2.2	Beanspruchung beim Einsatz von Unterarmmuskeln –	455
17.2.3	Beanspruchung beim gleichzeitigen Einsatz von Ober- und Unterarmmuskeln –	456
17.3	Literatur –	456
<b>18</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Hand</b> .....	<b>457</b>
18.1	Morphologie des Handskeletts –	457
18.1.1	Skelettelemente des Carpus –	457
18.1.2	Skelettelemente des Metacarpus –	458
18.1.3	Skelettelemente der Finger –	459
18.1.4	Morphologie des proximalen Handgelenks (Radiokarpalgelenk) –	460
18.1.5	Morphologie des distalen Handgelenks (Mediokarpalgelenk) –	461
18.1.6	Morphologie der Karpometakarpalgelenke und der Intermetakarpal- gelenke –	461
18.1.7	Morphologie der Fingergelenke –	461
18.1.8	Bänder der Hand und der Finger –	462
18.1.9	Muskeln des Unterarms und der Hand –	464
18.2	Geometrie und Biomechanik der Hand –	468
18.2.1	Geometrie und Kinematik der Handgelenke –	468
18.2.2	Kinematik der Mittelhand –	471
18.2.3	Geometrie und Kinematik der Daumengelenke –	471
18.2.4	Kinematik der Fingergelenke –	474
18.2.5	Kinematik der Radioulnargelenke –	476
18.2.6	Beanspruchung von Hand und Unterarm –	477
18.3	Literatur –	480

## IV Wirbelsäule

<b>19 Grundlagen der Morphologie und Biomechanik der gesamten Wirbelsäule und ihrer Muskeln</b> .....	<b>483</b>
19.1 Bau und Entwicklung der Wirbelsäule –	483
19.1.1 Morphologie der Wirbel und ihrer Verbindungen –	483
19.1.2 Entwicklung der Wirbelsäule –	488
19.1.3 Fetalentwicklung der Wirbelsäule und für die Mechanik relevante Entwicklungsstörungen –	493
19.2 Gestalt der Wirbelsäule –	496
19.3 Muskeln des Stammes –	498
19.3.1 Ventrale Muskeln –	498
19.3.2 Autochthone Rückenmuskeln –	502
19.3.3 „Eingewanderte“ Rückenmuskeln –	505
19.4 Kinematik des Stammes –	506
19.4.1 Seitneigung –	506
19.4.2 Rumpfdrehung –	507
19.4.3 Streckung des Rumpfes –	507
19.4.4 Rumpfbeugung –	508
19.5 Allgemeine Biomechanik der Wirbelsäule –	509
19.5.1 Gleichgewicht am Gliederstab –	509
19.5.2 Funktion der Wirbelbogengelenke –	512
19.5.3 Beanspruchung der Bandscheibe und der Bogengelenke –	513
19.5.4 Beanspruchung der Interartikularportion –	514
19.5.5 Prinzipien der Kinematik –	514
19.6 Literatur –	516
<b>20 Morphologie und Biomechanik der Halswirbelsäule</b> .....	<b>517</b>
20.1 Morphologie der Halswirbelsäule –	517
20.1.1 Gesamtübersicht –	517
20.1.2 Gelenkverbindungen der Halswirbelsäule –	520
20.1.3 Hinterhaupt und obere Halswirbel –	521
20.1.4 Kopfgelenke und ihre Bänder –	523
20.1.5 Muskeln der Kopfgelenke –	525
20.2 Biomechanik der Halswirbelsäule –	526
20.2.1 Kinematik der Halswirbelsäule –	526
20.2.2 Statik der Halswirbelsäule –	528
20.3 Literatur –	530
<b>21 Morphologie und Biomechanik der Brustwirbelsäule und des Thorax</b> .....	<b>531</b>
21.1 Morphologie der Brustwirbelsäule –	531
21.1.1 Skelett der Brustwirbelsäule und Gelenkverbindungen –	531
21.2 Biomechanik der Brustwirbelsäule –	533
21.2.1 Statik der Brustwirbelsäule –	533
21.2.2 Kinematik der Brustwirbelsäule –	533
21.3 Morphologie des Thorax –	534
21.3.1 Rippen und Sternum –	535
21.3.2 Entwicklung des Thorax –	536
21.3.3 Atemmuskeln –	537

21.4	Biomechanik des Thorax und Atemmechanik – 539	
21.4.1	Kinematik der Atembewegungen – 539	
21.5	Literatur – 542	
<b>22</b>	<b>Morphologie und Biomechanik der Lendenwirbelsäule .....</b>	<b>543</b>
22.1	Morphologie der Lendenwirbelsäule – 543	
22.1.1	Skelett der Lendenwirbelsäule und Gelenkverbindungen – 543	
22.1.2	Muskeln der Lendenwirbelsäule – 547	
22.2	Biomechanik der Lendenwirbelsäule – 547	
22.2.1	Statik der Lendenwirbelsäule – 547	
22.2.2	Kinematik der Lendenwirbelsäule – 549	
22.3	Literatur – 550	
<b>23</b>	<b>Morphologie und Biomechanik des Kreuzbeins, des Beckens und der Iliosakralgelenke .....</b>	<b>551</b>
23.1	Morphologie des Kreuzbeins und des Beckens – 551	
23.1.1	Gestalt des Kreuzbeins – 551	
23.1.2	Entwicklung des Kreuzbeins und des Hüftbeins – 554	
23.1.3	Gestalt des Hüftbeins – 554	
23.2	Morphologie des Beckenrings: Gelenke und Bänder – 556	
23.2.1	Morphologie der Iliosakralgelenke und ihrer Bänder – 556	
23.2.2	Symphysis pubica – 558	
23.3	Biomechanik der Iliosakralgelenke – 559	
23.4	Biomechanik des Beckens – 560	
23.5	Literatur – 564	

## **V Kauapparat**

<b>24</b>	<b>Morphologie und Biomechanik von Unterkiefer und Kiefergelenk .....</b>	<b>567</b>
24.1	Morphologie der Mandibula und des Kiefergelenks – 567	
24.1.1	Morphologie der Mandibula – 567	
24.1.2	Morphologie des Kiefergelenks – 568	
24.1.3	Kaumuskeln – 570	
24.2	Entwicklung des Kiefergelenks und der Mandibula – 571	
24.2.1	Embryonalentwicklung – 571	
24.3	Biomechanik des Kiefergelenks und der Mandibula – 573	
24.3.1	Kinematik des Kauapparats – 573	
24.3.2	Statik des Kiefergelenks – 573	
24.3.3	Beanspruchung der Mandibula – 578	
24.3.4	Form und Beanspruchung – 581	
24.4	Literatur – 584	
	<b>Weitere Literatur zur allgemeinen und speziellen Biomechanik .....</b>	<b>585</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>587</b>