

# Inhalt

<b>Einleitung</b>	9
<b>Kapitel 1</b> Gehen als Lernvorgang und variabler Prozess	11
<b>1.1</b> Sensoren der Bewegungsregelung	14
1.1.1 Muskelspindeln	14
1.1.2 Sehnen-Golgi-Organ	15
1.1.3 Druckrezeptoren in der Haut	15
1.1.4 Gelenkrezeptoren	15
1.1.5 Vestibularorgan	15
1.1.6 Auge	16
1.1.7 Nozizeptoren	16
<b>1.2</b> Änderung des Bewegungsmusters durch verschiedene Faktoren	17
1.2.1 Störungen der Sensoren	18
1.2.2 Störungen im Muskelsystem	19
1.2.3 Störungen im motorischen Programm	20
<b>1.3</b> Natürliche Stoßdämpfer	
1.3.1 Unterhautfettgewebe	21
1.3.2 Fußgewölbe	21
1.3.3 Menisci	22
1.3.4 Muskelkontraktion	23
1.3.5 Form der Wirbelsäule und Bandscheiben	23
1.3.6 Flüssigkeitslagerung des Gehirns	24
1.3.7 Folgen einer Störung der Dämpfungssysteme	24
<b>Kapitel 2</b> Statik hilft, die Dynamik zu verstehen	25
<b>2.1</b> Statische Untersuchung und Muskeltests	25
2.1.1 Fußachsen und Fußform	26
2.1.2 Knieachsen	28
2.1.3 Rotationsfehlstellungen	30
2.1.3.1 Torsion der Achse Unterschenkel – Fuß	31
2.1.3.2 Torsion der Achse Oberschenkel – Fuß	32
2.1.3.3 Rotation im Hüftgelenk (Antetorsion des Femurkopfes)	33
2.1.4 Haltungsinspektion	34
2.1.4.1 Beckenregion	35
2.1.4.2 Rumpfreion	42
2.1.4.3 Schulter-Nacken-Region	43
2.1.4.4 Inspektion von der Seite	44
2.1.5 Muskeltests	47
2.1.5.1 Verkürzung Hüftbeugemuskulatur	47
2.1.5.2 Verkürzung Wadenmuskulatur	48
2.1.5.3 Schwäche Plantarflexoren	49
2.1.5.4 Verkürzung Oberschenkeladduktoren	50
2.1.5.5 Schwäche Oberschenkelabduktoren – Trendelenburg-Test	51
2.1.5.6 Dynamischer Test der Hüftstabilisatoren (Single Leg Drop Jump)	51
2.1.5.7 Verkürzung der Hamstrings (Ischiocrurale Muskulatur)	53
2.1.6 Beweglichkeitstests	53
2.1.6.1 Aufrichtbarkeit des Längsgewölbes	53
2.1.6.2 Torsionsfähigkeit zwischen Vorfuß und Mittelfuß	54
2.1.6.3 Torsionsfähigkeit zwischen Vorfuß und Rückfuß	55
2.1.6.4 Beweglichkeit der Zehengrundgelenke	55
2.1.6.5 Beweglichkeit des oberen Sprunggelenks	55
2.1.7 Sensorische Tests	56
<b>2.2</b> Biomechanische Zusammenhänge	56
2.2.1 Pronation im Mittelfuß und Bewegung der Knieachse	56
2.2.1.1 Die Begriffe Pronation und Eversion	57
2.2.1.2 Wie die Fußmuskeln wirken	68
2.2.2 Oberschenkelinnenrotation und Beckenvorkeppung	61
2.2.3 Medialer Kollaps	64
<b>2.3</b> Auswirkungen statischer Veränderungen auf die Dynamik	65
2.3.1 Fehlstellungen der Achse Unterschenkel – Fuß	65
2.3.1.1 Innenrotationsfehler	67
2.3.1.2 Außenrotationsfehler	68
2.3.2 Koppelung Talus – Tibia bei Fußfehlstellungen	70
2.3.3 Koppelungen Rückfuß – Hüftgelenk	71
2.3.4 Fehlstellungen der Achse Hüftgelenk – Oberschenkel	71

2.3.4.1	Antetorsion des Oberschenkelhalses / Coxa antetorta	71
2.3.4.2	Coxa retortorta	73
2.3.5.	Zusammenfassung Rotationsfehlstellungen	73
2.3.6.	Fehlstellungen von Becken und LWS	76
2.3.6.1	Beinlängendifferenz	76
2.3.6.2	Hohlkreuz	78
<b>Kapitel 3</b>	<b>Methodik der Ganganalyse</b>	<b>80</b>
<b>3.1</b>	<b>Grundlagen der Pedographie</b>	<b>80</b>
3.1.1	Definition	80
3.1.2	Messsysteme	80
3.1.2.1	Messplattformen	81
3.1.2.2	Sohlensysteme	81
3.1.3	Messprinzipien	82
3.1.4	Reproduzierbarkeit	84
3.1.5	Darstellung	84
<b>3.2</b>	<b>Pedographie im Labor</b>	<b>85</b>
3.2.1	Ebene Gehstrecke	85
3.2.2	Rutschfreier Untergrund	86
3.2.3	Optische Verkleidung	86
3.2.4	Ausreichende Länge	87
<b>3.3</b>	<b>Wie genau ist die Pedographie?</b>	<b>88</b>
3.3.1	Betrachtungen zur physikalischen Genauigkeit	88
3.3.2	Betrachtungen zur physiologischen Genauigkeit	88
<b>3.4</b>	<b>Interpretation einer pedographischen Messung</b>	<b>90</b>
3.4.1	Absolute Maximaldruckbelastung einzelner Fußareale	91
3.4.1.1	Plantarer Maximaldruck beim Diabetiker	91
3.4.2	Gemittelte Druckbelastung einzelner Fußbereiche	93
3.4.3	Ganglinie	94
3.4.4	Kraft- und Flächenkurven	95
3.4.5	Kraftrate	97
3.4.6	Schrittlänge und -Weite	97
3.4.7	Gangwinkel	97
3.4.8	Analyse der Schrittphasen	98
<b>3.5</b>	<b>Erkennen von Fehlstellungen in der pedographischen Messung</b>	<b>98</b>
3.5.1	Spreizfuß	99
3.5.2	Senkfuß	100
3.5.3	Hohlfuß	101
3.5.4	Knickfuß	102
3.5.5	Sichelfuß	102
3.5.6	Klumpfuß	103
3.5.7	Ganglinienstörungen	103
3.5.8	Blockierungen der Fußwurzel	103
3.5.9	Blockierungen der Iliosacralgelenke	105
3.5.10	Instabilitäten im Oberen Sprunggelenk	106
3.5.11	Beinlängendifferenzen	107
3.5.12	Pathologischer Vorfußkontakt	107
3.5.13	Schonbewegungen	108
<b>3.6</b>	<b>Videoanalyse</b>	<b>109</b>
3.6.1	Einrichtung eines Ganganalyselabors	110
3.6.1.1	Messung in 2D oder 3D?	110
3.6.1.2	Kameras	110
3.6.1.3	Kamerafrequenz	112
3.6.1.4	Einrichten der Kameras	112
3.6.1.5	Ausleuchtung	113
3.6.1.6	Kalibrierungstafeln	114
3.6.2	Markerpositionierung am Probanden	115
3.6.2.1	Marker am Fuß und Unterschenkel	116
3.6.2.2	Marker am Schienbein	116
3.6.2.3	Marker am Knie	116
3.6.2.4	Marker am Hüftgelenk	117
3.6.2.5	Marker an den SIPs	118
3.6.2.6	Marker an den SIAS	118
3.6.2.7	Marker auf der Wirbelsäule	118
3.6.2.8	Marker auf dem Schuh	118
3.6.3	Winkelmessungen	119
3.6.3.1	Zwei-Punkt-Winkel	119
3.6.3.2	Zwischensegmentwinkel („Drei-Punkt-Winkel“)	119

3.6.3.3	Parallaxenfehler	120
3.6.3.4	Rückfußwinkel (Fersenbeinwinkel, Gamma-Winkel)	121
3.6.3.5	Unterschenkelwinkel (Alpha-Winkel)	121
3.6.3.6	Achillessehnenwinkel (Beta-Winkel)	122
3.6.3.7	Q-Winkel	123
3.6.3.8	Fußwinkel (Gehwinkel)	123
3.6.4	Längenmessungen	124
3.6.5	Punktverfolgung	124
3.6.5.1	Anwendungsbeispiel: Analyse der Beckenbewegung	125
3.6.5.2	Anwendungsbeispiel: Analyse der Kniebewegung	130
3.6.5.3	Anwendungsbeispiel: Analyse der Rumpfbewegung	131
3.6.5.4	Anwendungsbeispiel: Analyse der Schwerpunktverlagerung	132
<b>3.7</b>	Inertialsensoren	133
<b>3.8</b>	3D-Körpererkennung	134
<b>3.9</b>	Wearables	136
<b>3.10</b>	Laufband	118
3.10.1	Vergleich Gehen auf dem Laufband zu freiem Gehen	137
3.10.2	Welcher Laufbandtyp ist geeignet?	138
3.10.3	Vergleich zwischen hartem und weich gedämpftem Laufband	140
3.10.4	Eingewöhnungszeit auf dem Laufband	140
3.10.5	Wahl der Geschwindigkeit	141
3.10.6	Was tun bei unsicheren Patienten?	141
<b>3.11</b>	Gehstrecke	143
3.11.1	Schrittweite („Spurbreite“)	144
3.11.2	Schrittlänge	144
3.11.3	Gehgeschwindigkeit	145
3.11.4	Schrittfrequenz – Kadenz	146
3.11.5	Einfluss der Fußtypen auf Gangparameter	148
3.11.6	Rotationsstellungen der Füße	148
3.11.7	Länge der Gehstrecke	148
3.11.8	Vergleich Gehstrecke – Laufband	148
<b>3.12</b>	Koppelung mit weiteren Analyseverfahren	149
<b>3.13</b>	Normwerte in der Ganganalyse	150
<b>3.14</b>	Ablauf einer Ganganalyse	152
3.14.1	Terminierung	152
3.14.2	Anamnese	153
3.14.3	Aus- und Umdenken des Patienten	153
3.14.4	Anbringen der Marker	154
3.14.5	Durchführung der Pedographie und/oder Videoanalyse	154
3.14.6	Auswertung	154
3.14.7	Empfehlung und Berichterstellung	155
3.14.8	Hygiene	155
<b>3.15</b>	Ganganalyse bei Kindern	157
3.15.1	Innenrotiertes Gangbild	158
3.15.2	Beckenvorkeilung	159
3.15.3	Zehenspitzenang	159
3.15.4	Kindlicher Knicksenkfuß	161
3.15.5	Neurologische Störungen	162
<b>3.16</b>	Gangstörungen	163
<b>Kapitel 4</b>	Untersuchung der Schrittphasen	164
<b>4.1</b>	Beschreibung der Schrittphasen	164
4.1.1	Initialer Bodenkontakt Initial contact	167
4.1.2	Lastaufnahme Loading response	168
4.1.3	Mittlere Stützphase Mid stance	170
4.1.4	Terminale Stützphase, Abstoßphase Terminal stance, push off	171
4.1.5	Vorschwungphase Pre-swing	172
4.1.6	Initiale Schwungphase Initial swing	173
4.1.7	Mittlere Schwungphase Mid swing	174
4.1.8	Terminale Schwungphase Terminal swing	175
<b>4.2</b>	Biomechanische Mechanismen zum stabilen Gang	176
4.2.1	Wodurch wird der Vortrieb erzeugt?	176
4.2.2	Schulter- und Armpendel	177
<b>4.3</b>	Kritische Phasen in der Schrittabwicklung	178
4.3.1	Initialer Bodenkontakt – Fersenbeinstabilität	178
4.3.2	Mittlere Schwungphase – Clearance	180
4.3.3	Abstoßphase – Achillessehnenzug	182
<b>4.4</b>	Die Schrittphasen in der Ganganalyse untersuchen	183
4.4.1	Initialer Bodenkontakt <i>initial contact</i>	185

4.4.2	Lastaufnahme <i>loading response</i>	186
4.4.3	Mittlere Stützphase <i>mid stance</i>	190
4.4.4	Terminale Stützphase, Abstoßphase <i>terminal stance, push off</i>	192
4.4.5	Vorschwungphase <i>pre swing</i>	194
4.4.6	Initiale Schwungphase <i>initial swing</i>	196
4.4.7	Mittlere Schwungphase <i>mid swing</i>	197
4.4.8	Terminale Schwungphase <i>terminal swing</i>	199
<b>Kapitel 5</b>	<b>Die Analyse des Laufens</b>	<b>200</b>
<b>5.1</b>	Technische Anforderungen an die Laufanalyse	201
<b>5.2</b>	Laufstile: Wie setzt der Fuß auf?	202
5.2.1	Rückfußläufer	203
5.2.2	Mittelfußläufer	203
5.2.3	Vorfußläufer	204
<b>5.3</b>	Bewertung in der Laufanalyse	205
5.3.1	Initial contact	205
5.3.2	Loading response	205
5.3.3	Push off	206
5.3.4	Schwungphase	207
5.3.5	Armpendel	207
5.3.6	Rumpfposition	208
<b>Kapitel 6</b>	<b>Typische Beschwerdebilder und ihre Ursachenanalyse</b>	<b>209</b>
<b>6.1</b>	Zehengrundgelenke – Metatarsalgie	210
<b>6.2</b>	Digitus superductus	210
<b>6.3</b>	Hallux rigidus (steife Großzehe)	211
<b>6.4</b>	Dornwarzen	212
<b>6.5</b>	Beschwerden im Mittelfuß	212
<b>6.6</b>	Fersensporn	213
<b>6.7</b>	Plantare Fasciitis	214
<b>6.8</b>	Oberes Sprunggelenk	214
<b>6.9</b>	Achillessehne	215
<b>6.10</b>	Tibialis posterior-Syndrom	216
<b>6.11</b>	Schienbein-Kanten-Syndrom/Shin-Splints	217
<b>6.12</b>	Kniebeschwerden	218
<b>6.13</b>	Chondropathia patellae – Patello-femorales Schmerzsyndrom	220
<b>6.14</b>	Iliotibiales Bandsyndrom – „Runner's knee“ – Läuferknie	222
<b>6.15</b>	Proximales Fibulaköpfchen	223
<b>6.16</b>	Leistenschmerzen	224
<b>6.17</b>	Abduktorenschwäche	224
<b>6.18</b>	Tensor fasciae latae – „Runner's hip“	225
<b>6.19</b>	ISG-Blockaden	226
<b>6.20</b>	Low Back-Pain	227
<b>6.21</b>	Rheumatische Arthritis	228
<b>6.22</b>	Spondylitis ankylans (Morbus Bechterew)	229
<b>6.23</b>	Diabetischer Fuß	230
<b>6.24</b>	Sturzprophylaxe	231
<b>6.25</b>	Neurologische Beeinträchtigungen	232
<b>6.26</b>	Periphere Polyneuropathie	233
<b>6.27</b>	Prothesen	234
<b>6.28</b>	Zusammenfassung	234
<b>Kapitel 7</b>	<b>Laufschuhbewertung bei der Analyse</b>	<b>236</b>
<b>7.1</b>	Dämpfung	237
<b>7.2</b>	Stützen	239
<b>7.3</b>	Führen	241
<b>7.4</b>	Natürliche Bewegung erlauben	243
7.4.1	Bewegung des Fersengewebes	244
7.4.2	Torsion Vorfuß / Rückfuß	245
7.4.3	Flexibilität im Vorfuß	246
<b>7.5</b>	Konstruktionsmerkmale von Laufschuhen und ihre Bewertung in der Ganganalyse	247
7.5.1	Rückfuß	247
7.5.2	Vorfuß	249
7.5.3	Schaft und Laufsohle	250
<b>Kapitel 8</b>	<b>Laufbandanalyse zur Einlagenoptimierung</b>	<b>251</b>
<b>8.1</b>	Einfluss biomechanischer Messgrößen auf die Einlagenelemente	252
<b>8.2</b>	Fußpositionierung und Einlagengestaltung	253

8.2.1.	Einfluss der Fußposition auf die Einlage	253
8.2.2	Einfluss der Einlage auf die Fußpositionierung	256
<b>8.3</b>	Einlagenkorrektur und ihre Wirkung auf höher liegende Gelenke	256
8.3.1	Verringerung der Knieinnenrotation	256
8.3.2	Verringerung der Knieaußenrotation	257
8.3.3	Entlastung des medialen Kniegelenkspaltes	257
<b>Literatur</b>		260
Anhang 1	Typische Referenzpunkte bei der Ganganalyse	278
Anhang 2	Typische Abweichungen des Gangbildes	280
Anhang 3	Ganganalyse	282
Anhang 4-1/4-2	Statische Analyse	283
Anhang 4-3	Muskelanalyse	285
Anhang 4-4/4-5	Dynamische Analyse	286
Anhang 5	Zusammenhang Gang – Funktion	288
<b>Index</b>		290