

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abenteuer Evolution – Geschichte des aufrechten Gehens</b> .....	17
<b>2</b>	<b>So geht's! – Physiologie des menschlichen Gangbildes</b> .....	21
<b>2.1</b>	<b>Voraussetzungen des »normalen« Gehens</b> .....	21
<b>2.2</b>	<b>Was ist schon »normal«?</b> .....	23
<b>2.3</b>	<b>Gangzyklus und seine Phasen</b> ...	25
2.3.1	Gangzyklus, Schrittlänge und Spurbreite .....	25
2.3.2	Unterschiedlich und doch gleich: Terminologien, die man kennen sollte! .....	25
2.3.3	Gangphasen, Eigenschaften und Aufgaben .....	26
2.3.4	Merkmale der »normalen« Schrittlänge .....	33
2.3.5	Merkmale für Gangsymmetrie und Effizienz .....	34
2.3.6	Geschwindigkeit – ein wichtiges Messinstrument ....	34
2.3.7	Normales Gehen bei Kleinkindern.	37
2.3.8	Normales Gehen bei älteren Menschen .....	38
2.3.9	Laufen im Unterschied zum Gehen	38
<b>2.4</b>	<b>Passagier und sein Lokomotor – Fundamentales</b> .....	39
2.4.1	Passagier .....	39
2.4.2	Lokomotor und seine 4 Funktionen	42
<b>2.5</b>	<b>Kinematik und Kinetik der Gangphasen – Schlüsselkonzept</b> .....	58
2.5.1	Phasen der Gewichtsübernahme (Initial contact und Loading response) .....	58
2.5.2	Phasen des Einbeinstands (Mid stance und Terminal stance) .	60
2.5.3	Phasen der Schwungbeinwärtsbewegung (Pre-swing, Initial swing, Mid swing und Terminal swing) .....	63
<b>2.6</b>	<b>Gelenke im Detail</b> .....	66
2.6.1	Sprunggelenk und Metatarsophalangealgelenke (Talokrural- und MTP-Gelenke) .....	67
2.6.2	Subtalargelenk .....	77
2.6.3	Kniegelenk .....	81
2.6.4	Hüftgelenk und Pelvis (Koxofemoralgelenk) .....	89
2.6.5	Rumpf .....	98
2.6.6	Arme .....	100
<b>3</b>	<b>Beobachtende Ganganalyse</b> .....	104
<b>3.1</b>	<b>Geschichte der beobachtenden Ganganalyse</b> .....	104
<b>3.2</b>	<b>Was leistet die beobachtende Ganganalyse?</b> .....	105
<b>3.3</b>	<b>Problemlösende Vorgehensweise – beobachtende Ganganalyse in der Praxis</b> .....	106
3.3.1	Problemidentifizierung und Bestimmung des Hauptproblems bzw. der Hauptabweichung .....	106
3.3.2	Bestimmung der möglichen Hauptursachen .....	107
3.3.3	Behandlung und Prüfung des Behandlungserfolgs .....	108
<b>3.4</b>	<b>Ursachenkategorien</b> .....	110
3.4.1	Geschädigte motorische Kontrolle.	110
3.4.2	Abnormale Gelenkbewegungsausmaße .....	114
3.4.3	Sensibilitätsstörungen .....	115
3.4.4	Schmerzen .....	116
3.4.5	Limbisch-emotionale Ursachen ...	117

<b>3.5</b>	<b>Achtzehn Tipps und Tricks – Hilfen zur Beobachtung</b> .....	119	3.5.14	Videoaufzeichnungen .....	121
3.5.1	Mentale Voraussetzungen .....	119	3.5.15	Erweiterte Wahrnehmung .....	121
3.5.2	Praktische Hilfsmittel .....	119	3.5.16	Geeignete Trainingsorte .....	121
3.5.3	Patientenauswahl .....	119	3.5.17	Positive Trainingsatmosphäre .....	121
3.5.4	Kleidung des Patienten .....	119	3.5.18	Ergebnisinterpretation .....	121
3.5.5	Aufklärung des Patienten .....	119	<b>3.6</b>	<b>Untersuchungsverfahren</b> .....	122
3.5.6	Aufstehen und Hinsetzen .....	119	3.6.1	Klinische Tests .....	122
3.5.7	Auswahl eines Referenzbeins .....	120	3.6.2	Test der Plantarflexoren .....	123
3.5.8	Markierung der Gelenke .....	120	3.6.3	Möglichkeiten der instrumentier- ten Untersuchung .....	125
3.5.9	Auf-und-ab-Gehen .....	120	<b>3.7</b>	<b>Dokumentation und O.G.I.G.-Ganganalyseformular</b> ..	126
3.5.10	Beobachtung von allen Seiten .....	120	3.7.1	Anwendungshilfen .....	127
3.5.11	Beobachtung der Rocker-Funktionen .....	120			
3.5.12	Ausfüllen des Beurteilungsbogens ..	120			
3.5.13	Strategieplanung .....	121			
<b>4</b>	<b>Instrumentierte Ganganalyse</b> .....	130			
<b>4.1</b>	<b>Verbreitete Messmethoden</b> .....	130	<b>4.2</b>	<b>Weitere Messmethoden</b> .....	132
4.1.1	Dreidimensionale Bewegungs- analyse .....	130	4.2.1	Footswitch-Systeme .....	132
4.1.2	Bodenreaktionskraftmessplatten ..	130	4.2.2	Offene Spirometrie .....	133
4.1.3	Dynamische Elektromyografie (EMG) .....	132			
<b>5</b>	<b>Pathologischer Gang – Abweichungen, Ursachen und Auswirkungen</b>	135			
<b>5.1</b>	<b>Zwölf Abweichungen am Sprunggelenk</b> .....	136	<b>5.2</b>	<b>Drei Abweichungen an den Zehen</b> .....	151
5.1.1	Hauptproblem exzessive Plantar- flexion des Sprunggelenks sowie Low heel, Forefoot contact, Foot- flat contact und Foot slap .....	136	5.2.1	Hauptproblem Up .....	152
5.1.2	Hauptproblem exzessive Dorsal- extension des Sprunggelenks .....	144	5.2.2	Hauptproblem inadäquate Exten- sion der Zehen .....	152
5.1.3	Hauptproblem exzessive Supination (Varus) .....	149	5.2.3	Hauptproblem: Clawed/Ham- mered, Krallen-/Hammerzehen ...	152
5.1.4	Hauptproblem: Heel-off, Premature heel-off .....	150	<b>5.3</b>	<b>Sieben Abweichungen am Kniegelenk</b> .....	152
5.1.5	Hauptproblem No heel-off .....	151	5.3.1	Hauptproblem Limited flexion .....	153
5.1.6	Hauptproblem: Toe drag (Zehenschleifen) .....	151	5.3.2	Hauptproblem exzessive Knie- gelenkflexion .....	155
5.1.7	Hauptproblem Contralateral vaulting .....	151	5.3.3	Hauptproblem Wobbles .....	157
			5.3.4	Hauptproblem: Hyperextends und Extension thrust .....	158
			5.3.5	Hauptproblem Valgus/Varus am Kniegelenk .....	161
			5.3.6	Hauptproblem exzessive kontra- laterale Flexion .....	162

<b>5.4</b>	<b>Sieben Abweichungen am Hüftgelenk</b> .....	163	5.5.4	Hauptproblem Lacks forward rotation .....	175
5.4.1	Hauptproblem Limited flexion . . . .	163	5.5.5	Hauptproblem Lacks backward rotation .....	175
5.4.2	Hauptproblem Excess flexion . . . . .	166	5.5.6	Hauptproblem Excess forward rotation .....	175
5.4.3	Hauptproblem Past retract . . . . .	168	5.5.7	Hauptproblem Excess backward rotation .....	176
5.4.4	Hauptproblem Internal rotation. . .	169	5.5.8	Hauptproblem Ipsilateral drop . . . .	176
5.4.5	Hauptproblem: External rotation. . .	169	5.5.9	Hauptproblem Contralateral drop . .	177
5.4.6	Hauptproblem Adduktion . . . . .	170	<b>5.6</b>	<b>Fünf Abweichungen am Rumpf</b> . . . .	179
5.4.7	Hauptproblem exzessive Abduktion . . . . .	172	5.6.1	Hauptproblem Forward lean. . . . .	179
<b>5.5</b>	<b>Neun Abweichungen am Becken</b>	173	5.6.2	Hauptproblem Backward lean . . . . .	180
5.5.1	Hauptproblem Hikes . . . . .	173	5.6.3	Hauptproblem Lateral lean . . . . .	181
5.5.2	Hauptproblem Posterior tilt . . . . .	173	5.6.4	Hauptproblem Rotates forward . . . .	183
5.5.3	Hauptproblem Anterior tilt. . . . .	174	5.6.5	Hauptproblem Rotates back . . . . .	184
<b>6</b>	<b>Sinn und Seele – Sozialmedizinische Gedanken bei der Behandlung</b> . . . . .	185	<b>6.3</b>	<b>Praxis</b> . . . . .	187
<b>6.1</b>	<b>Modell eines Behandlungskonzepts</b> . . . . .	185	<b>6.4</b>	<b>Fazit</b> . . . . .	188
<b>6.2</b>	<b>Unterschied (pathogenetischer und salutogenetischer Ansatz)</b> . . . . .	186	<b>7</b>	<b>Psychologische Einflüsse auf das Gehen</b> . . . . .	189
<b>7.1</b>	<b>Frau/Herr »Kleinschritt«</b> . . . . .	191	<b>7.5</b>	<b>Frau/Herr »Genussgang«</b> . . . . .	194
<b>7.2</b>	<b>Frau/Herr »Großschritt«</b> . . . . .	192	<b>7.6</b>	<b>Frau/Herr »Frontalhandrücken«</b> . . . . .	194
<b>7.3</b>	<b>Frau/Herr »Beschwingt«</b> . . . . .	193	<b>7.7</b>	<b>Frau/Herr »Schiene«</b> . . . . .	195
<b>7.4</b>	<b>Frau/Herr »Bewegung aus dem Unterarm«</b> . . . . .	193	<b>7.8</b>	<b>Frau/Herr »Nackendbeweglich«</b> . . . . .	195
<b>8</b>	<b>Schlussbetrachtung</b> . . . . .	196			
<b>9</b>	<b>Glossar</b> . . . . .	202			
	<b>Literatur</b> . . . . .	206			
	<b>Sachverzeichnis</b> . . . . .	209			

Sprunggelenk. Alle Extensoren sind dafür zuständig, das Bein sicher und verlässlich auf die bevorstehende Gewichtsübernahme vorzubereiten.

## 2.5 Kinematik und Kinetik der Gangphasen – Schlüsselkonzept

Im Folgenden werden die Funktionen an jedem Gelenk ausführlich und genau beschrieben. Alle Informationen über die wesentlichen Voraussetzungen und Funktionen des Gehens werden in einem Gesamtkonzept der Beinfunktionen zusammengefasst. Dieses »Schlüsselkonzept« des normalen Gehens kann als Referenz in einer Behandlung/Untersuchung genutzt werden, da es die für jede Phase charakteristischen Gelenkstellungen sowie die wichtigsten Muskelaktivitäten enthält und *entscheidende Ereignisse* (Critical events) jeder einzelnen Gangphase benennt. Diese beschreiben die Bewegungen und Gelenkpositionen, die zur Ausführung der funktionellen Aufgabe der jeweiligen Gangphase unentbehrlich sind (► Abb. 2.32).

Die im Schlüsselkonzept enthaltenen Informationen über die Physiologie des Gehens stellen die essenzielle Grundlage für das Erkennen von Gangabweichungen durch Beobachtung dar. Jeder The-

rapeut mit diesem Wissen kann – zusammen mit ausreichender Übung, dem Training des Beobachters unter Supervision eines Ganganalyseinstruktors und einiger Erfahrung – viele Pathologien des Gehens erkennen. Darüber hinaus wird er in die Lage versetzt, Hauptprobleme zu identifizieren, und zwar weit über die bekannten Gangabweichungen (z.B. Trendelenburg und Duchenne) hinaus.

### 2.5.1 Phasen der Gewichtsübernahme (Initial contact und Loading response)

#### ► Spezifische Leistungen

- Vorwärtsbewegung
- Stabilität
- Stoßdämpfung

#### Initial contact 0 % Gangzyklus (► Abb. 2.33)

Der Begriff *Initial contact* beschreibt den Moment des Fersenkontakts mit dem Boden. Der vorangegangene freie Fall aus ca. 1 cm Höhe auf den Bo-



Abb. 2.32 Gangzyklus und seine Phasen.

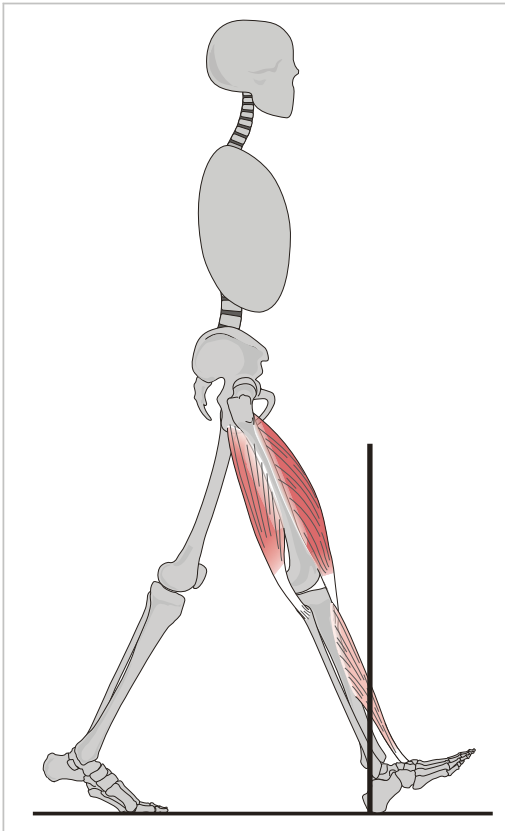


Abb. 2.33 Initial contact.

Tab. 2.7 Initial contact

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20° Flexion</li> <li>• Extensoren aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Flexion</li> <li>• M. quadriceps ohne M. rectus femoris aktiv</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung bis leichte Inversion</li> <li>• M. tibialis anterior aktiv</li> <li>• M. extensor digitorum longus aktiv</li> <li>• M. extensor hallucis longus aktiv</li> </ul>

### Loading response – 0–12% Gangzyklus (► Abb. 2.34)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 0–12% des Gangzyklus. Der durch den plötzlichen Bodenkontakt und die Gewichtsverlagerung auf das Referenzbein hervorgerufene Stoß wird abgefedert, damit der Aufprall des Körpergewichts auf den Boden nicht zu heftigen Erschütterungen im ganzen Körper führt. (Zur Erinnerung: 60% des Körpergewichts werden in nur 0,02 s auf das Referenzbein übertragen.)

Der Heel rocker (Fuß senkt sich flach zum Boden) löst an Knie-, Sprung- und Subtalargelenk Mechanismen zur Stoßdämpfung aus. Größe und Verlauf des Körpervektors fordern für diese Aufgabe die höchste Muskelaktivität im gesamten Gangzyklus, da an jedem Gelenk starke Drehmomente ausgelöst werden. Dabei spielt das Kniegelenk eine wichtige Rolle für die jetzt benötigte dynamische Stabilität. Es kommt zu einer kurzen gleichzeitigen Kontraktion des M. quadriceps und der ischiokruralen Muskulatur. Das kontralaterale Bein befindet sich in Pre-swing.

#### ► Entscheidende Ereignisse in LR

- Die kontrollierte Kniegelenkflexion bewirkt eine Stoßdämpfung und Kniegelenkstabilität.
- Funktion des Heel rockers.
- Die Hüftgelenkstabilisation sorgt für eine aufrechte Haltung des Rumpfes (► Tab. 2.8).

den erzeugt eine kurze heftige Bodenreaktionskraft. Der daraus resultierende Bodenreaktionskraftvektor bewirkt 3 instabile Gelenksituationen:

- *Sprunggelenk*: Plantarflexionsdrehmoment
- *Hüftgelenk*: Flexionsdrehmoment
- *Rumpf*: Flexionsdrehmoment

Am Kniegelenk entsteht eine Situation mit Stabilität (Extensionsdrehmoment). In dieser Phase soll das Bein so positioniert sein, dass Progression und Stabilität initiiert werden. Das kontralaterale Bein befindet sich in Pre-swing.

► **Entscheidendes Ereignis in IC.** Fersenkontakt mit dem Boden, um die optimale Funktion des Heel rockers (Fersenkipphobel) zu gewährleisten (► Tab. 2.7).

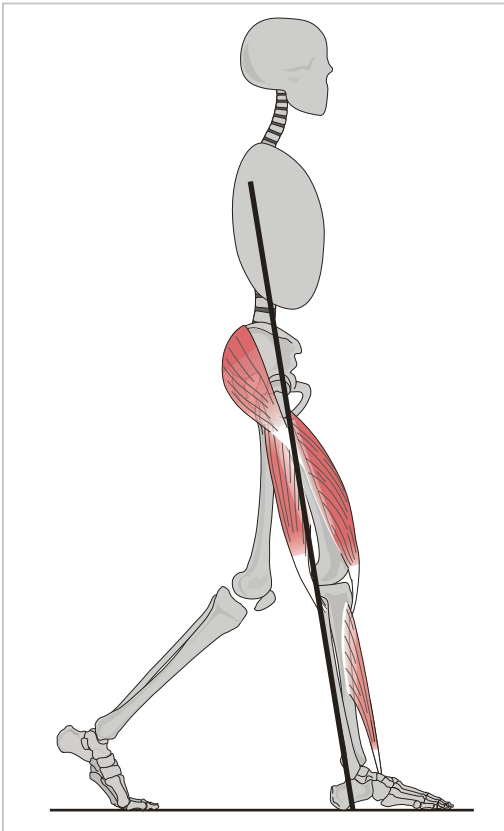


Abb.2.34 Loading response.

## 2.5.2 Phasen des Einbeinstands (Mid stance und Terminal stance)

### ► Spezifische Leistungen

- Stabilität
- Erhalt der Vorwärtsbewegung

### Mid stance – 12–31 % Gangzyklus (► Abb. 2.35)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 12–31 % des Gangzyklus. Das gesamte Körpergewicht lastet jetzt auf einem Bein. Der Körper bewegt sich kontrolliert über den stützenden Fuß. Im Laufe von Mid stance verlagert sich die dynamische Stabilität des Kniegelenks hin zum Sprunggelenk. Die hohe Muskelaktivität an Knie- und Hüftgelenk aus Loading response nimmt deutlich ab und endet in der frühen Mid stance. Die exzentrische Aktivität der Wadenmuskulatur steuert jetzt die Stabilität des Beines (besonders des Kniegelenks!) und ermöglicht durch den Ankle rocker eine kontrollierte tibiale Vorwärtsbewegung.

In dieser Phase sind die wechselnde Ausrichtung des Körpervektors in Bezug zu Knie- und Hüftgelenk sowie der durch das kontralaterale Bein erzeugte Schwung von Bedeutung. Solange der Körpervektor posterior zum Kniegelenk verläuft (frühe Phase), ist zur Stabilisation Aktivität des M. quadriceps notwendig. Die Muskelaktivität endet mit dem Verlauf des Körpervektors anterior zum Kniegelenk in der späten Phase. Das kontralaterale Bein bewegt sich von Initial swing nach Mid swing.

### ► Entscheidendes Ereignis in MST

- Kontrollierte Vorwärtsbewegung der Tibia; (► Tab. 2.9).

Tab. 2.8 Loading response

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20° Flexion</li> <li>• Extensoren und Abduktoren aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15° Flexion</li> <li>• M. quadriceps ohne M. rectus femoris aktiv</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Plantarflexion</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Eversion des Kalkaneus erzeugt subtalare Pronation</li> <li>• M. tibialis posterior und M. tibialis anterior aktiv</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> </ul>

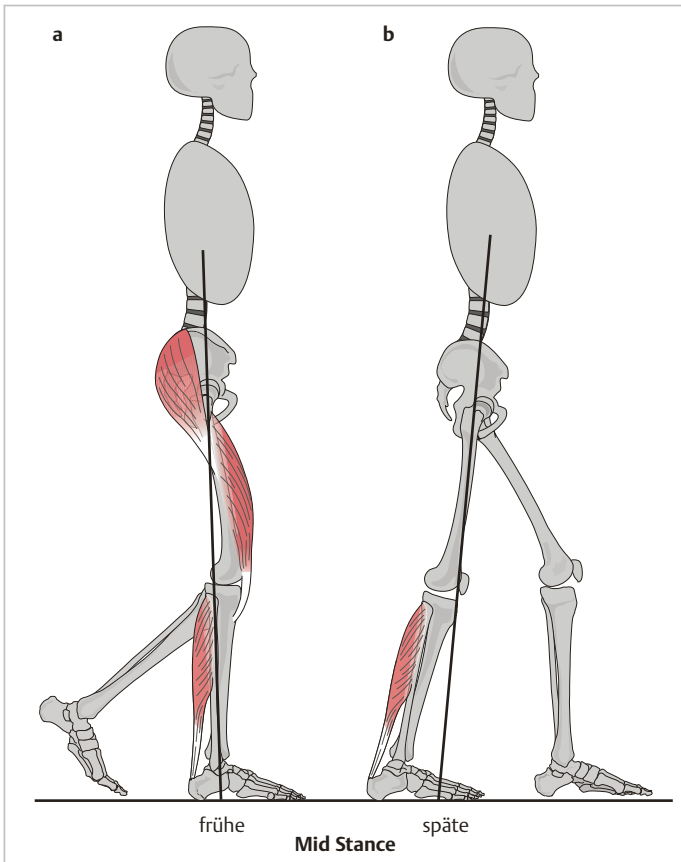


Abb. 2.35 Frühe und späte Mid stance.

Tab. 2.9 Mid stance

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• Abduktoren aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Flexion</li> <li>• M. quadriceps (ohne M. rectus femoris) nur initial aktiv</li> <li>• am Ende der Phase keine Muskelaktivität</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Dorsalextension</li> <li>• Plantarflexoren exzentrisch aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Eversion</li> <li>• Inversionsmuskeln aktiv (M. soleus, M. tibialis posterior, M. flexor digitorum longus, M. flexor hallucis longus)</li> <li>• M. peroneus longus und M. peroneus brevis aktiv zur seitlichen Stabilisierung</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> </ul>

**Terminal stance – 31–50 % Gangzyklus (► Abb. 2.36)**

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 31–50% des Gangzyklus. Der Fuß rollt ab, und der Körperschwerpunkt verlagert sich weit über die Unterstützungsfläche des Vorfußes hinaus (Trailing limb). In dieser Phase hebt die Ferse vom Boden ab. Die kräftige exzentrische Aktivität der Plantarflexoren stabilisiert dabei dynamisch das obere Sprunggelenk, was auch zu nahezu passiver Stabilität an Knie- und Hüftgelenk führt. Die subtalare Reduktion der Eversion verriegelt den Fuß so, dass ein fester Hebel entsteht und das Körpergewicht über die Köpfechen der Metatarsophalangealgelenke abrollen kann (siehe Forefoot-rocker-Funktion (S.47)).

In dieser Phase erzeugen 2 Faktoren durch Beschleunigung der Körpermasse eine Vorwärtsbewegung:

- Da sich der Körperschwerpunkt weit vor der Unterstützungsfläche befindet, fällt dieser (gewissermaßen in freiem Fall in einem Bogen) nach vorne. Dies ist laut Perry (1992) die wesentliche Komponente der Vorwärtsbewegung.
- Die Vorwärtsbeschleunigung wird durch den nach vorne gerichteten Schwung des kontralateralen Beines unterstützt, das sich in Terminal swing befindet.

► **Entscheidende Ereignisse in TSt**

- kontrollierte Dorsalextension am Sprunggelenk mit Ablösung der Ferse vom Boden
- Trailing limb (► Tab. 2.10), d. h. Hyperextension im Hüftgelenk (siehe Glossar)

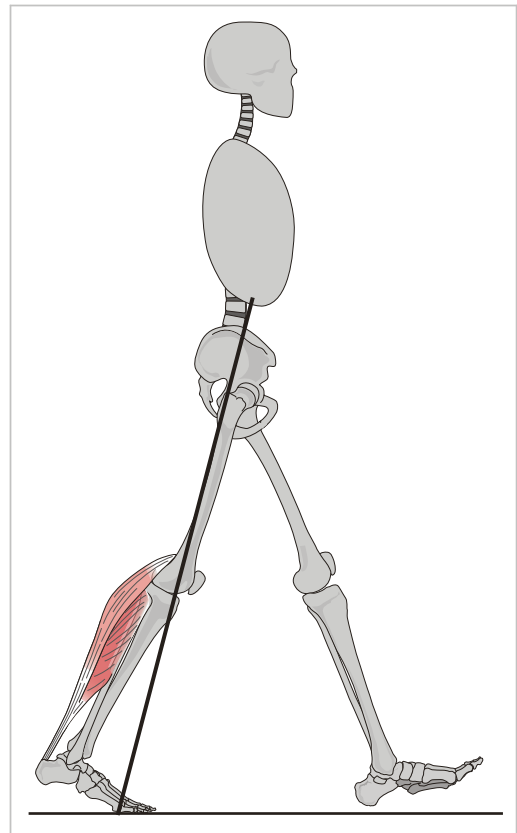


Abb. 2.36 Terminal stance.

Tab. 2.10 Terminal stance

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20° sichtbare Hyperextension</li> <li>• keine Muskelaktivität</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Flexion</li> <li>• keine Muskelaktivität</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10° Dorsalextension</li> <li>• Plantarflexoren maximal aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduktion der Eversion auf 2°</li> <li>• Inversionsmuskeln maximal aktiv (M. soleus, M. tibialis posterior, M. flexor digitorum longus, M. flexor hallucis longus)</li> <li>• M. peroneus longus und M. peroneus brevis aktiv zur seitlichen Stabilisierung</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30° Extension</li> <li>• M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus aktiv</li> </ul>



### 2.5.3 Phasen der Schwungbein- vorwärtsbewegung (Pre-swing, Initial swing, Mid swing und Terminal swing)

- ▶ Spezifische Leistungen
- Fußablösung vom Boden
- Vorwärtsbewegung des Beines
- Vorbereitung des Beines auf die Standphase

#### Pre-swing – 50–62 % Gangzyklus (▶ Abb. 2.37)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 50–62% des Gangzyklus. Das Bein wird entlastet und durch eine schnelle starke Flexion des Kniegelenks auf die Schwungphase vorbereitet. Dabei wird das Körpergewicht über den Vorfuß hinweg nach vorne geführt (Zehen haben noch Bodenkontakt) und gleichzeitig auf das kontralaterale Bein übertragen. In dieser Phase haben beide Füße Bodenkontakt. Dies ist die terminale doppelt unterstützte Standphase. Das kontralaterale Bein befindet sich in Initial contact/Loading response.

Die Vorschwingphase wird zwar noch als Standphase bezeichnet, gehört aber funktionell zu den Schwungphasen, da schon hier über die Hälfte der in Initial swing benötigten Kniegelenkflexion (größtenteils passiv) erzeugt wird (Perry 1992). Hier handelt es sich um »intersegmentale Dynamik«, da die Flexionsbewegung am Hüftgelenk eine Kniegelenkflexion verursacht (Powers 1999).

Pre-swing wird oft als *Push-off-* oder *Abdruckphase* bezeichnet. Dabei wird allgemein davon ausgegangen, dass der Körper nach vorne gebracht wird. Genau betrachtet, handelt es sich um ein Vorwärtsbeschleunigen des Beines. Es wird Kraft

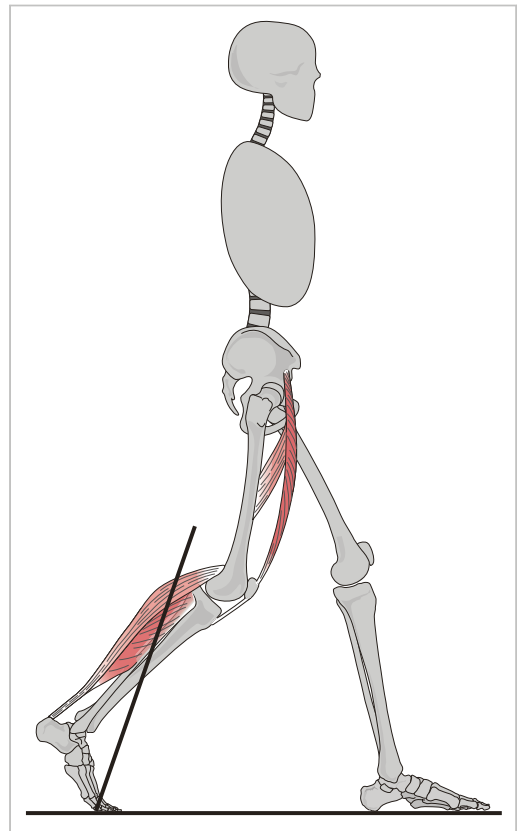


Abb. 2.37 Pre-swing.

zur Verfügung gestellt, die es erlaubt, das Bein in Schwung zu setzen (Perry 1992, Kirtley 2001).

- ▶ **Entscheidende Ereignisse in PSw**
- passive Kniegelenkflexion von 40°
- Plantarflexion des Sprunggelenks (▶ Tab. 2.11)

Tab. 2.11 Pre-swing

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10° sichtbare Hyperextension</li> <li>• beginnende Aktivität des M. adductor longus</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 40° Flexion</li> <li>• keine Muskelaktivität</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15° Plantarflexion</li> <li>• nur residuale Muskelaktivität der Plantarflexoren</li> <li>• Kurz nach Beginn der Phase keine Muskelaktivität der Plantarflexoren</li> </ul>
Subtalgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60° Dorsalextension</li> <li>• M. flexor hallucis longus und M. flexor digitorum longus zeigen nur zu Beginn der Phase Restaktivität</li> <li>• Kurz nach Beginn der Phase endet ihre Aktivität</li> </ul>

## Initial swing – 62–75 % Gangzyklus (► Abb. 2.38)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 62–75% des Gangzyklus. Der Fuß hebt vom Boden ab. Der Oberschenkel beginnt schnell nach vorne zu schwingen. Das Bein bewegt sich innerhalb von 0,1 s ca. 20 cm nach vorne (Perry 1992), weshalb Initial swing auch Beschleunigungsphase genannt wird.

Das aus Pre-swing kommende Sprunggelenk befindet sich immer noch in leichter Plantarflexion. Die Bewegung des Sprunggelenks in Richtung Dorsalextension reicht jedoch nicht aus, um das Abheben und Vorwärtsbewegen des Beines zu ermöglichen. Dies wird hauptsächlich durch Flexion an Knie- und Hüftgelenk bewirkt.

Neben den eingelenkigen Hüftgelenkflexoren M. adductor longus und M. iliacus werden als zweige-

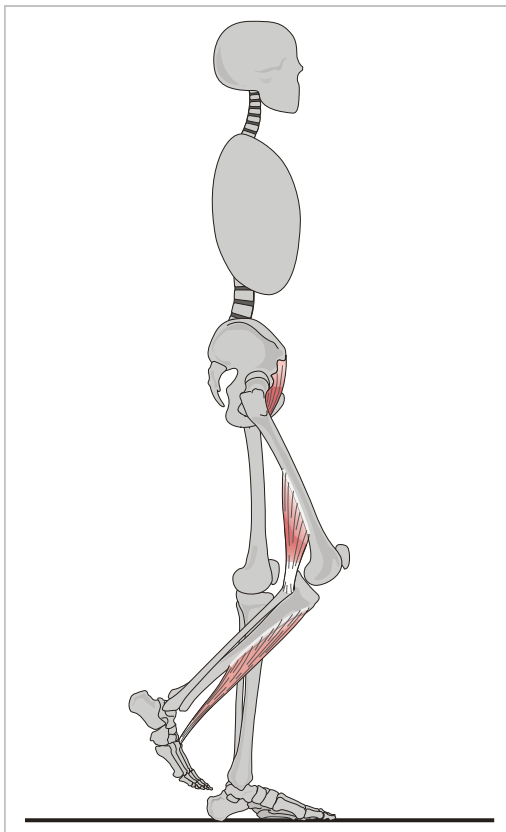


Abb. 2.38 Initial swing.

Tab. 2.12 Initial swing

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 15° Flexion</li> <li>• Flexoren aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 60° Flexion</li> <li>• Flexoren aktiv</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5° Plantarflexion</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>

lenkige Muskeln M. sartorius und M. gracilis konzentrisch aktiv und beugen Hüft- und Kniegelenk simultan. Die Kniegelenkflexion wird vom kurzen Kopf des M. biceps femoris unterstützt. Die zweigelenkigen Hamstrings sind nicht aktiv, da sie das Hüftgelenk strecken würden. Das kontralaterale Bein ist in der frühen Mid stance.

### ► Entscheidende Ereignisse in ISw

- Hüftgelenkflexion 15°;
- Kniegelenkflexion 60° (► Tab. 2.12).

## Mid swing – 75–87 % Gangzyklus (► Abb. 2.39)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 75–87% des Gangzyklus. Das Becken befindet sich in neutraler Position. Der Oberschenkel setzt seine Flexionsbewegung fort, das Kniegelenk beginnt sich zu strecken. Die Tibia steht senkrecht zum Boden. Der Fuß bleibt vom Boden abgehoben. Der Abstand des Fußes zum Boden (ca. 1 cm) ist jetzt abhängig von der Gelenkstellung an Sprung- und Hüftgelenk.

Durch den Vorwärtsschwung des Oberschenkels ist die Aktivität der Flexoren nur minimal und die Kniegelenkextensionsbewegung nahezu passiv. Gegen Ende der Phase werden die Hamstrings aktiv. Das kontralaterale Bein ist jetzt in der späten Mid stance.

### ► Entscheidende Ereignisse in MSw

- Zunehmende Hüftgelenkflexion auf 25°
- Dorsalextension des Sprunggelenks bis Neutral-Null-Stellung (► Tab. 2.13)

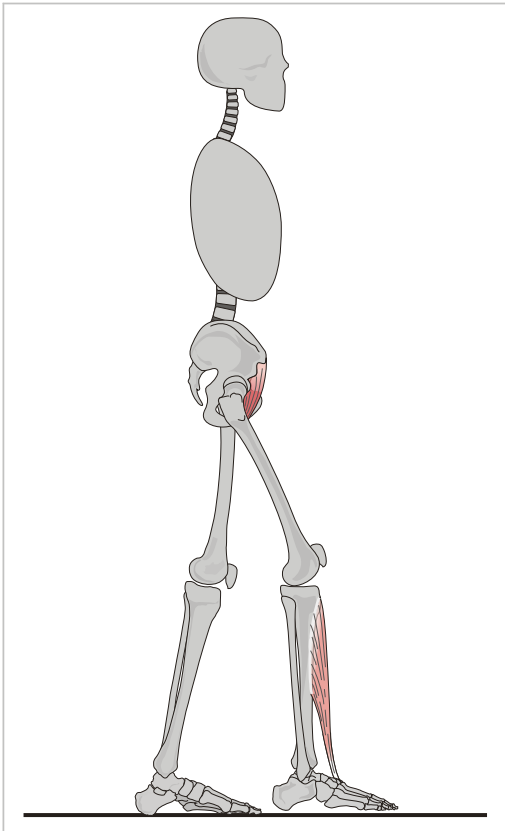


Abb. 2.39 Mid swing.

Tab. 2.13 Mid swing

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25° Flexion</li> <li>• Flexoren zu Beginn aktiv</li> <li>• Hamstrings gegen Ende aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25° Flexion</li> <li>• M. biceps femoris caput breve nur zu Beginn aktiv</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Subtalgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>

### Terminal swing – 87–100 % Gangzyklus (► Abb. 2.40)

Das Intervall dieser Phase erstreckt sich von 87–100% des Gangzyklus. Es ist die Übergangsphase von der Schwung- in die Standphase! Die Flexion am Hüftgelenk bleibt bestehen, das Kniegelenk streckt sich in Richtung Neutral-Null-Stellung. Der Fuß befindet sich weit vor dem Körper in optimaler Ausgangsstellung für den bevorstehenden Bodenkontakt mit der Ferse. Das Sprunggelenk bleibt in Neutral-Null-Stellung.

Terminal swing bereitet das Bein für den Stand vor. Dafür sorgt die simultane Aktivität der ischio-kruralen Muskulatur sowie des M. quadriceps femoris. Die exzentrische Muskelarbeit der ischio-kruralen Muskulatur bremst den Vorwärtsschwung des Oberschenkels. Hüft- und Kniegelenke können gegen Ende der Phase um wenige Grade (ca. 0–5°) von ihrem maximalen Bewegungsaus-

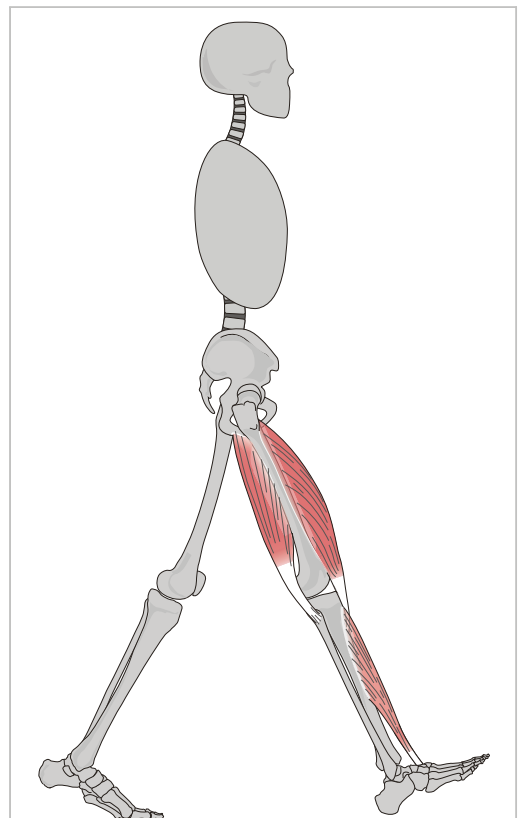


Abb. 2.40 Terminal swing.

**Tab. 2.14 Terminal swing**

Hüftgelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 20° Flexion</li> <li>• ischiokrurale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Kniegelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0° (bis 5° Flexion)</li> <li>• M. quadriceps aktiv</li> </ul>
oberes Sprunggelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
Subtalargelenk	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neutral-Null-Stellung (leichte Inversion)</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>
(Metatarsophalangealgelenke)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0–25° Extension</li> <li>• prätibiale Muskulatur aktiv</li> </ul>

maß zurückfallen; jedoch sind diese geringfügigen Veränderungen optisch nicht wahrnehmbar!

Hüftgelenkflexion (20°), Kniegelenkextension und Vorwärtsrotation des Beckens (5°) tragen zur Schrittlänge bei (Kap. 2.3.4). Das kontralaterale Bein befindet sich in Terminal stance.

- ▶ **Entscheidendes Ereignis in TSw.** Kniegelenkextension bis Neutral-Null-Stellung (0–5° Flexion; ▶ Tab. 2.14).

Die Gesamtübersicht über Bewegungsausmaße in allen Gangphasen finden Sie im Anhang.

## 2.6 Gelenke im Detail

Jeweils typische Gelenkstellungen und Bewegungen stehen in direktem Zusammenhang mit den *spezifischen Leistungen* (Accomplishments) einer Gangphase und tragen zur Erfüllung der 3 funktionellen Aufgaben bei. Diejenigen Gelenkstellungen und/oder Bewegungen, die dabei von essenzieller Bedeutung für die jeweilige *spezifische Leistung* sind, werden als *entscheidende Ereignisse* (Critical events) bezeichnet.

Jede Gangphase beinhaltet eine oder mehrere entscheidende Ereignisse am Sprung-, Knie- oder Hüftgelenk in der sagittalen Ebene. Weitere, aber eher subtile Bewegungen, erscheinen in allen 3 Ebenen an Fuß, Knie- und Hüftgelenk sowie Becken. Weil die Bewegungen an Sprung-, Knie- und Hüftgelenk in der sagittalen Ebene in Bezug auf die entscheidenden Ereignisse die wesentlichen sind, stehen sie bei der beobachtenden Ganganalyse im Mittelpunkt.

Für jede der 8 Phasen des Gangzyklus werden Sprung-, Knie- und Hüftgelenk sowie Becken und Rumpf unter den in ▶ Tab. 2.15 aufgeführten 4 Gesichtspunkten beschrieben.

**Tab. 2.15 Pre-swing**

deutscher Begriff	englischer Begriff
Bewegungsausmaß	Range of motion (ROM)
Drehmoment-Anforderung	Torque demand (TD)
Muskelaktivität	Muscle action (MA)
funktionelle Bedeutsamkeit	Functional significance (FS)

- ▶ **Bewegungsausmaß.** Die Gelenkpositionen (Bewegungsausmaß) verändern sich während des Gehens konstant. Die Bewegungen vollziehen sich rasch und sind daher schwer zu beobachten. Um die beobachtende Ganganalyse zu erleichtern, wurden nur die Gelenkstellungen und Bewegungen ausgewählt und beschrieben, die charakteristisch für die jeweilige Gangphase sind. Die in den Grafiken dargestellten Bewegungsausmaße zeigen die durchschnittlichen Bewegungspositionen innerhalb des Gangzyklus an.

- ▶ **Drehmomentanforderung.** Bislang konnten Drehmomente nur für die Standphasen dargestellt werden. Die Angaben hierfür wurden aus den Bodenreaktionskräften abgeleitet, gemessen mithilfe von Bodenkraftplattensystemen. Die Drehmomentanforderungen an den Gelenken in den Schwungphasen können nicht mittels dieser Systeme gemessen werden und erfolgen durch invers-dynamische Berechnungen. Daher sind von außen auf die Gelenke einwirkende Drehmomentanforderungen sowohl für die Stand- als auch die Schwungphasen ermittelbar und werden hier angegeben.

- ▶ **Muskelaktivität.** Zur Vereinfachung werden Muskelaktivitäten nur als »an« oder »aus« dargestellt. Der Moment der höchsten Muskelaktivität wird durch ein kleines Dreieck angezeigt. Muskelaktivitäten unter 5 % der maximalen isometrischen Muskelkontraktion werden nicht angegeben.

### Beachte

**M!**

Um ein besseres Verständnis für das Folgende zu entwickeln, ist ein genaues Verständnis der Bedeutung von Drehmomentanforderungen und den damit verbundenen Muskelaktivitäten erforderlich (Kap. 4).

## 2.6.1 Sprunggelenk und Metatarsophalangealgelenke (Talokrural- und MTP-Gelenke)

### Funktionelle Aufgabe Gewichtsübernahme

#### Initial contact – 0 % Gangzyklus

(► Abb. 2.41)

##### ► Bewegungsausmaß IC

- Das Sprunggelenk befindet sich in Neutral-Null-Stellung.
- Die MTP-Gelenke sind in 0–25° Dorsalextension (► Abb. 2.46).

##### ► Drehmomentanforderung IC. Das Plantarflexionsdrehmoment wird folgendermaßen erzeugt:

- Der Körpervektor verläuft hinter dem Sprunggelenk.
- Der Bodenkontaktpunkt an der Ferse liegt hinter dem Sprunggelenk.

► **Muskelaktivitäten IC.** M. tibialis anterior, M. extensor digitorum longus und M. extensor hallucis longus (prätibiale Muskulatur) positionieren den Fuß für Loading response.

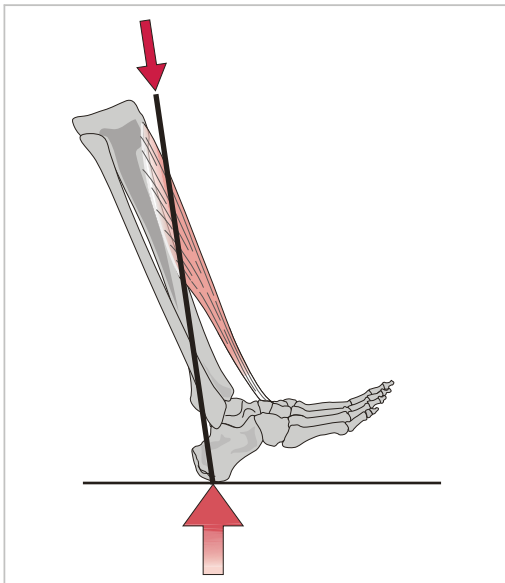


Abb. 2.41 Initial contact. Der Körpervektor verläuft hinter dem Sprunggelenk und löst ein Plantarflexionsdrehmoment aus.

► **Funktionelle Bedeutung IC.** Der Fuß wird für die Heel-rocker-Aktion in Loading response richtig positioniert.

#### Beachte

**M!**

Diese Phase wird in der herkömmlichen Terminologie auch *Fersenaufprall* (Heel strike) genannt. Diese Bezeichnung wird jedoch problematisch, wenn zuerst der Vorfuß auf dem Boden auftrifft.

### Funktionelle Aufgabe Gewichtsübernahme

#### Loading response – 0–12 % Gangzyklus

(► Abb. 2.42)

##### ► Bewegungsausmaß LR

- Die Bewegung aus der Neutral-Null-Stellung in 5° Plantarflexion verläuft sehr schnell.
- Die MTP-Gelenke senken sich am Ende der Stoßdämpfungsphase von 25° Dorsalextension bis in die Neutral-Null-Stellung.

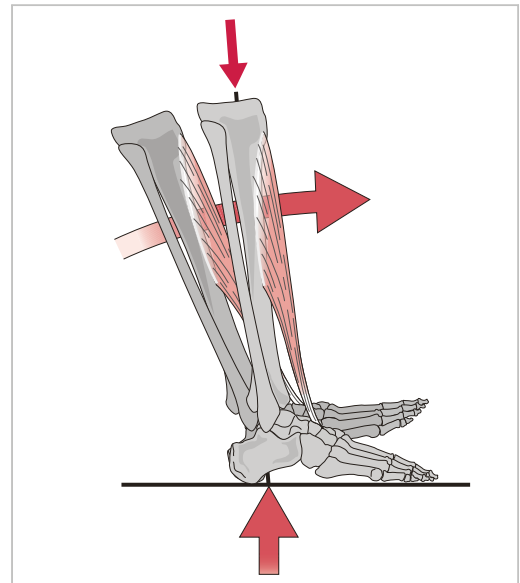


Abb. 2.42 Loading response. Die prätibiale Muskulatur arbeitet dem Plantarflexionsdrehmoment exzentrisch entgegen und bewegt die Tibia nach vorne.