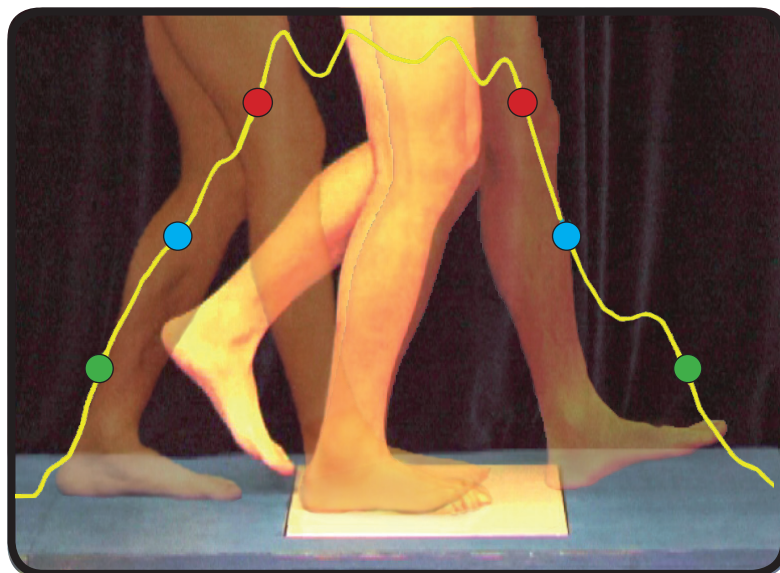


# Die Tonale Feedback Therapie

Fallanalyse Patient H.

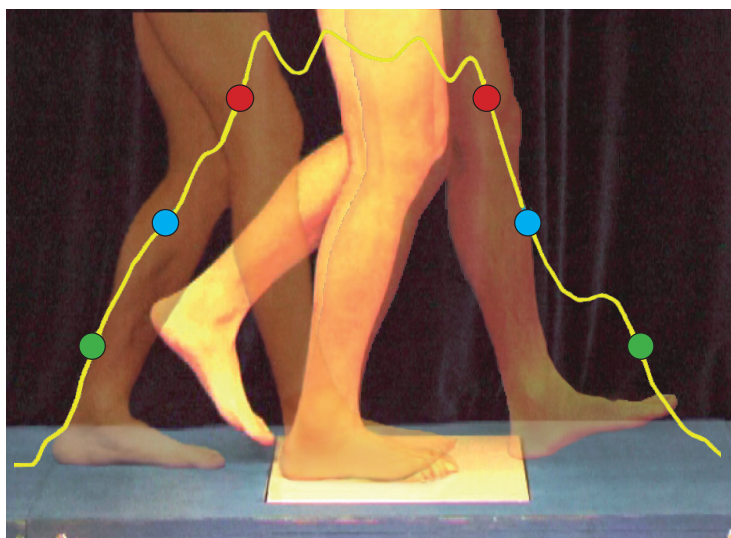


Steirische Gesellschaft für Wirbelsäulenforschung  
Grazer Gang- und Rückenschule

# Die Tonale Feedback Therapie

Das tonale Feedback macht die Charakteristik eines Schrittes hörbar, indem die vertikalen Kräfte, die beim Gehen auftreten, in Töne umgewandelt werden. Die akustische Wiedergabe der Belastungsabfolge wird synchron beim Auftreten auf eine Messplattform erzeugt und als externes Feedback wahrgenommen.

Ein normaler Einzelschritt beginnt mit dem Aufsetzen der Ferse (erster Bodenkontakt) und endet mit dem Abheben der Zehen (letzter Bodenkontakt). Die darüber liegende Kurve stellt die Vertikalkraft dar. Die Punkte geben die Töne wieder, die bei den verschiedenen Kraftschwellen auftreten. Das Bild zeigt einen Einzelschritt rechts.



*Tonale Feedback Therapie:  
„Hören, wie man geht“.*

Die Töne werden bei 30%, 60% und 90% des individuellen Körpergewichts erzeugt. Beim normalen Schritt sind fünf Töne hörbar (Belastungsphase/2 Töne - mittlere Stützphase/1 langer Ton - Entlastungsphase/2 Töne), deren zeitliche Abfolge die Dynamik eines Schrittes wiedergeben. Diese fünf Töne ergeben beim Gehen eine melodische Klangfolge, die einprägsam ist und die ihre Charakteristik auch bei verschiedenen Ganggeschwindigkeiten beibehält.

Bei einer Gangschulung kann auf die Schrittgestaltung eingewirkt werden, indem das Aufsetzen des Fußes, die Stützphase oder das Abrollen zum nächsten Schritt modifiziert wird. Jede Veränderung im Schrittmuster wird durch die Art der Tonfolge wiedergegeben - man „hört wie man geht“.

Bei Kindern, die auf Grund eines Spitzfuß-Gangmusters noch nie mit der ganzen Fußsohle aufgetreten sind, tritt nach einiger Übungszeit mit dem tonalen Feedback ein überraschender Effekt auf: Die Kinder konzentrieren sich immer mehr auf die Tonfolge und beginnen bei jedem Schritt mit den Tönen zu spielen. Im Bemühen, eine „melodische“ Klangvariante zu erreichen, verändert sich das Gangmuster: Der ganze Fuß wird aufgesetzt, die Fußstellung verändert sich und Stütz-Streckmuster in Sprunggelenk, Knie oder Hüfte werden aufgegeben. Es erfolgt ein „pattern shift“. Es ist zu vermuten, dass die Tonfolge wie ein „internes Feedback“ erfahren wird und durch das Abrollen über die Fußsohle das „normale“ Abrollmuster aktiviert wird.

# Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall

O. Fleiss\*, H. Fleiss\*, P. Holzer\*, G. Ritter\*\*, R. Reimann\*\*  
*Universität Graz\* und Med Uni Graz\*\*, Österreich*

## Fallanalyse H.

### Abstract

*Thema:* Tonales Feedback bei Gangstörungen nach Schlaganfall.

*Grundlagen:* Die Tonale Feedback Therapie wird in folgenden Fällen eingesetzt: Bei Cerebralaparesen insbesondere bei Kindern, bei Gangstörungen in Verbindung mit Koordinationschwächen, nach Schlaganfällen oder Lähmungen mit Gang- und Gleichgewichtsproblemen, nach Fuß-, Knie- und Hüftoperationen sowie bei Prothesenversorgung.

*Methode:* Die Erfassung der Bodenreaktionskräfte beim Gehen erfolgt mittels einer Kraftmessplatte, welche die auf das Körpergewicht normierten Vertikalkräfte misst. Bei definierten Kraftschwellen werden Töne produziert, die während des Abrollvorgangs eine Klangfolge ergeben und der Person synchron zum Schritt zugespielt werden.

*Programm:* Das Feedback-Analyse Programm erfasst die Bodenreaktionskräfte, ermöglicht die Normierung auf das Körpergewicht und speichert die Kraftkurven in Zuordnung zum rechten bzw. linken Fuß.

*Ergebnisse:* 2 Fallanalysen vor/nach Feedback Therapie betreffen zwei erwachsene Männer mit länger zurückliegendem Schlaganfall. Die Ergebnisse zeigen die Möglichkeit einer Veränderung des Gangmusters mit Unterstützung durch das Tonale Feedback System. Dabei werden Fehlmuster abgebaut und der Abrollvorgang des Fußes, also die Belastung der ganzen Fußsohle einschließlich der Zehen beim Bodenkontakt, verbessert.

Das vorliegende Manuskript bringt die Ergebnisse vor und nach einer Tonalen Feedback Therapie eines Patienten, der mit 24 Jahren und 7 Monaten einen Schlaganfall erlitten hatte und danach durchgehend therapiert wurde. Nach über 8 Jahren wurde mit der Tonalen Feedback Therapie begonnen.

*Key words:* Gangmuster, Gangstörung, Tonales Feedback System, Schlaganfall, Koordinationsstörung.

## 1. Einleitung

Bei der Tonalen Feedback Therapie werden jeweils für einen einzelnen Schritt die auf den Boden wirkenden Kräfte in eine Tonfolge umgesetzt. Diese Tonfolge repräsentiert die Dauer und Dynamik eines Schrittes. In jenen Fällen, in denen das „interne“ Feedback einer Person gestört ist und sie daher keine Rückmeldung vom Fuß und von der Fußsohle erhält, kann nach einer gewissen Übungszeit das externe tonale Feedback die Funktion des „internen“ Feedbacks übernehmen und die Schrittgestaltung unterstützen.

Bei Personen nach einem Schlaganfall, bei denen Gangunsicherheit, pathologische Muster, Gleichgewichts- und Belastungsprobleme auftreten, sollte festgestellt werden, ob das Gangmuster mittels der Tonalen Feedback Therapie verändert werden kann.

An zwei Personen mit länger zurückliegendem Schlaganfall und ausgeprägten Gangproblemen werden Ausgangssituation, Feedbacktherapie und Ergebnisse nach je 13 Übungseinheiten vorgestellt und durch Bildmaterial sowie Kurzfilme dokumentiert.

## 2 Methode

### 2.1. Hard- und Software

Als Datenerfassungssystem dient eine Kraftmessplattform. Die Messdaten werden über Ladungsverstärker erfasst. Über ein Softwaremodul erfolgt die Kalibrierung der Vertikalkräfte auf das Körpergewicht der Person. Definierten Prozentsätzen des Körpergewichts sind Töne zugeordnet, die beim Schritt über die Messplattform synchron zur Bewegung zu hören sind. Die Aufzeichnung der Vertikalkräfte erfolgt mit 100 Hz. Die einzelnen Schritte werden nach rechts und links unterschieden.

### 2.2 Videodokumentation

Neben der Aufzeichnung der Kraftkurven werden mehrere Versuchsdurchgänge während der Feedback Therapie mittels Video gefilmt, sodass auch die Tonfolgen zu hören sind. Weiters erfolgen Aufnahmen des Gesamtkörpers und des Fußes von der Seite und von vorne. Es wird sowohl das Gehen mit Schuhen als auch das Barfußgehen dokumentiert.

### 2.3 Video-Screening

Vor der Feedback Therapie wird ein motorischer Muskelfunktionstest gemacht und ein Videoscreening der Wirbelsäule durchgeführt (Markierung der Dornfortsatzreihe und der Beckenpunkte, Aufzeichnung der Körperhaltung und der Bewegung der Wirbelsäule bei Beuge- und Gangbewegungen). Nach Ausarbeitung der Aufzeichnungen werden die Ergebnisse besprochen, individuelle Bewegungsübungen vorgeschlagen und die Schwerpunktübungen praktisch eingeschult. Dieses Bewegungsprogramm wird zusätzlich zur Feedback Therapie ausgeführt.

### 2.4 Datenverarbeitung

Die Feedbackdaten werden über das Feedback Modul analysiert, das individuelle Bewegungsprogramm wird über *Wirbel-med* erstellt und als grafische Vorlage für zu Hause mitgegeben. ([www.wirbelix.com/software](http://www.wirbelix.com/software))



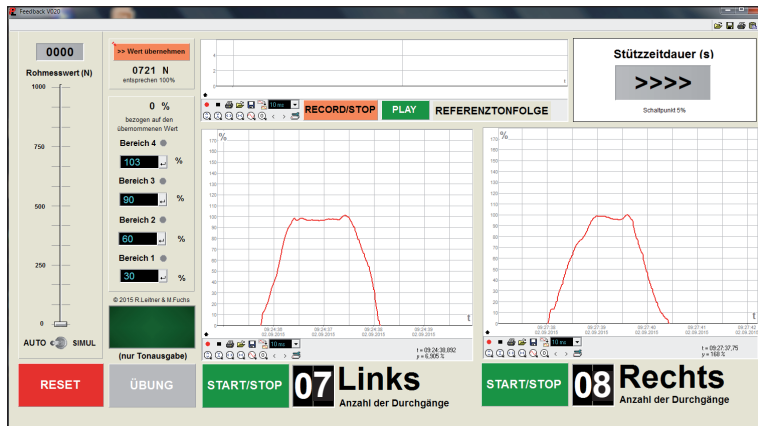


Abb. 1: Display der Feedback Software mit Kalibrierung, Bestimmung der Tonschwellen, Auswahl des Therapiemodus und Registrierung der einzelnen Versuche.

### 3. Fallanalysen

Vor der Tonalen Feedback Therapie wurden beide Personen zuerst beim freien Gehen mit Schuhen und barfuß über Video aufgezeichnet und danach ein Muskelfunktionstest gemacht. Die Übungseinheiten gingen über einen Zeitrahmen von 32 (M.) bzw. 25 (H.) Wochen. Insgesamt erfolgten jeweils 13 Einschulungen (Dauer incl. der Kontrollen der Bewegungsübungen ca. 90 Minuten). Einige Zeitabstände zwischen den einzelnen Einheiten waren länger, dann folgten einige in kürzeren Abständen, um eine intensivere Einschulung zu ermöglichen.

In der ersten Feedbackeinheit wurden die Messdaten beim Gehen mit Schuhen zuerst ohne Ton (Baseline) und danach die ersten Versuche mit Tonalem Feedback aufgezeichnet. In jeder der folgenden Übungseinheiten wurden mehrere Übungsserien ausgeführt. Geübt wurde mit Schuhen und barfuß, wobei das Barfußgehen am Anfang für beide Personen schwieriger war und Gleichgewichtsprobleme häufiger auftraten als beim Gehen mit Schuhen, in der Folge aber das Barfußgehen bessere Trainingsverläufe und deutlichere Einwirkungen auf die Fuß- bzw. Zehenbewegung zeigte.

#### Fallanalyse H., männlich, Schlaganfall im Alter von 24 Jahren.

##### Anamnese

Im Alter von 24 Jahren und 7 Monaten intracerebrale Blutung, Zentralregion links. Spastische Hemiparese rechts, rechte Sohle keine Schmerz- bzw. Tastempfindungen. Klinische Gangbeurteilung: Wernicke-Mann'sches Gangbild.

Versorgung an der Univ.-Klinik für Neurochirurgie, Graz, 5 Monate Therapie an der Landesnervenambulanz Sigmund Freud - Neuropsychologie, Logopädie, Ergotherapie, Physiotherapie. Über 10 Jahre einige kurzfristige Therapien. Seit über 8 Jahren Botoxbehandlung bzgl. der Arm- und Fingerflexion rechts.

Über 6 Jahre durchschnittlich 4 Wochen Therapie in der Klinik Judendorf Strassengel.

Nach 8 Jahren und 9 Monaten Beginn der Feedback Therapie zur Verbesserung des Gangmusters..

### 4. Ausgangssituation

Vor der Tonalen Feedback Therapie wurde H. beim freien Gehen mit Schuhen und barfuß über Video aufgezeichnet. In der ersten Feedbackeinheit wurden die Messdaten beim Gehen mit Schuhen zuerst ohne Ton (Baseline) aufgezeichnet und danach die ersten Versuche mit tonalem Feedback aufgenommen. In der zweiten Einheit erfolgte derselbe Vorgang barfuß. Weiters wurden ein Muskelfunktionstest und ein Videoscreening der Wirbelsäule durchgeführt.

Muskelstatus: Muskelverkürzungen OS Rückseite re>li, OS Vorderseite re>li, keine Verkürzung der Wadenmuskulatur, Kraftniveau links Arme und OS ausreichend, Schulter- und Armmuskulatur rechts und Rückenmuskulatur schwach, Arm rechts Beugekontraktur.

## Gangmuster vor der Feedback Therapie

### Allgemeiner Eindruck von Haltung und Gang

Die Körperhaltung ist asymmetrisch: Die rechte Schulter ist deutlich tiefer, der rechte Ellbogen, das rechte Handgelenk und die Finger sind in Beugehaltung fixiert, der Kopf in leichter Vorhalteposition mit Blickrichtung Boden.

Das Gangmuster wirkt sicher und zeigt nur gelegentlich Gleichgewichtsprobleme. Der Eindruck des Hinkens entsteht einerseits durch die Hochbewegung des Beckens und des Oberkörpers in der Stützphase links (zum Durchschwingen des rechten Beines) und durch die unterschiedliche Länge der Stütz- und Schwungzeiten rechts und links.

### Gangdetails

- Deutliche Rechts-links-Asymmetrie in der Körperhaltung, der Schrittgestaltung und in der Bein- und Fußbewegung.
- Ständiger Schleifkontakt der rechten Schuhspitze zu Beginn der Schwungphase rechts.
- Rechts Aufsetzen in Dorsalflexion und mit dem Schuhaußenrand (Klappbewegung nach innen).
- Knie-Streckmuster links beim Vorbringen des rechten Beines (Stechschrittmuster rechts).
- Meist zu enge Spurbreite.
- Die Stützzeit links ist um über 10% länger als die Stützzeit rechts.
- Die Schwungzeit links ist dementsprechend kürzer als rechts.
- Wiederholtes leichtes Zirkumduzieren (gegen den Uhrzeigersinn) des rechten Beines in der Schwungphase.



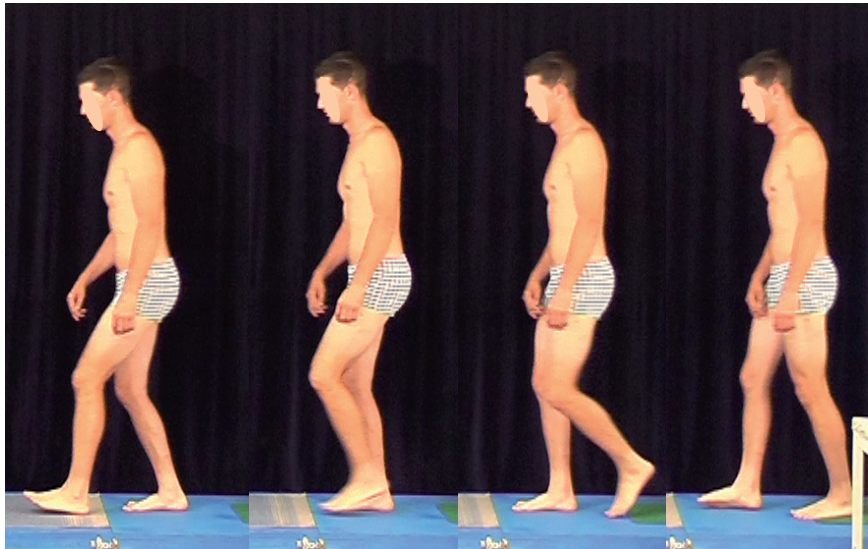
Körperhaltung beim Gehen



Spurüberkreuzen

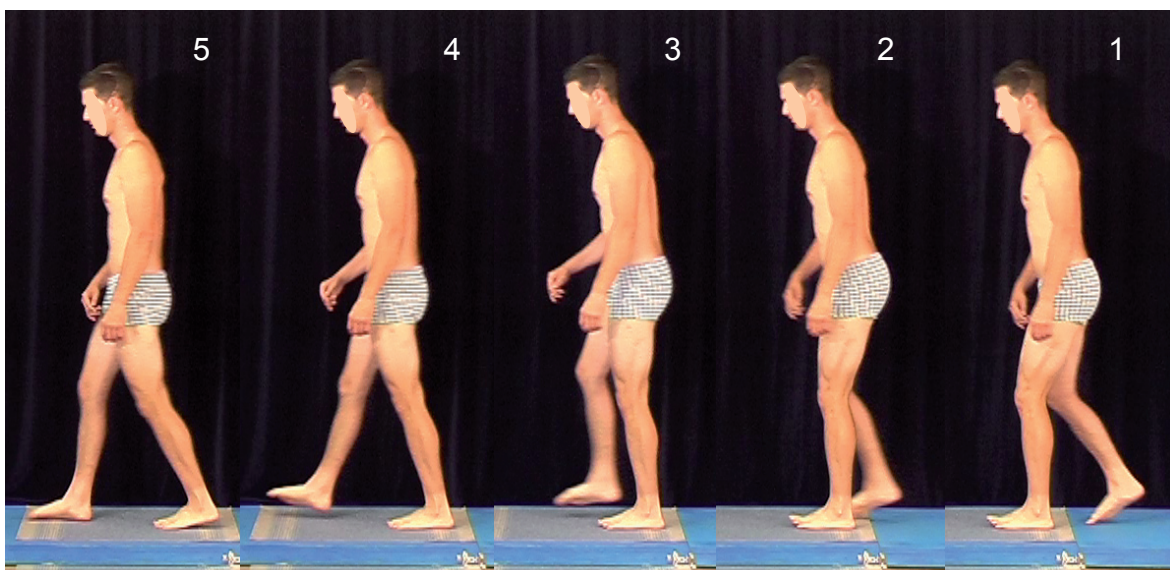
## Doppelschritt rechts-links-rechts

Beim **Einzelschritt rechts-links** (Stützphase rechts) erfolgt das Aufsetzen rechts mit leicht gebeugtem Bein und leicht supiniertem Fuß, die Sohle wird abrupt flach aufgesetzt und das rechte Knie gestreckt. Das linke Bein schwingt nach vorne. Dabei wird der linke Unterschenkel ausreichend angewinkelt, sodass der Fuß frei vorschwingen kann. Beim Aufsetzen ist das linke Bein noch leicht gebeugt, der Fuß setzt mit der Ferse auf und dabei wird das rechte Knie gebeugt.



*Einzelschritt rechts, Bildreihe von rechts nach links: 1 Aufsetzen rechts, 2 Abheben links, 3 Durchschwung links, 4 Aufsetzen links.*

Beim **Einzelschritt links-rechts** (Stützphase links, Beginn der Schwungphase rechts bis zum Aufsetzen rechts) wird die Ferse bei gebeugtem Bein (Ende vorige Serie) aufgesetzt, dann hebt der rechte Fuß ab. Bei zu geringer Kniebeugung rechts kommt es zu einem Schleifkontakt der großen Zehe rechts. Das Vorschwingen des rechten Beines und Fußes wird durch die Anhebung des Beckens erreicht und gelingt durch das Strecken des linken Beines in der Mitte der Stützphase. Ab Mitte der Schwungphase rechts wird das rechte Knie angehoben, der Fuß wird supiniert und die große Zehe wird nach unten gebeugt. Dann erfolgt eine starke Streckung des rechten Beines (stehschrittartig) und der Fuß wird in leichter Supinationsstellung flach aufgesetzt.



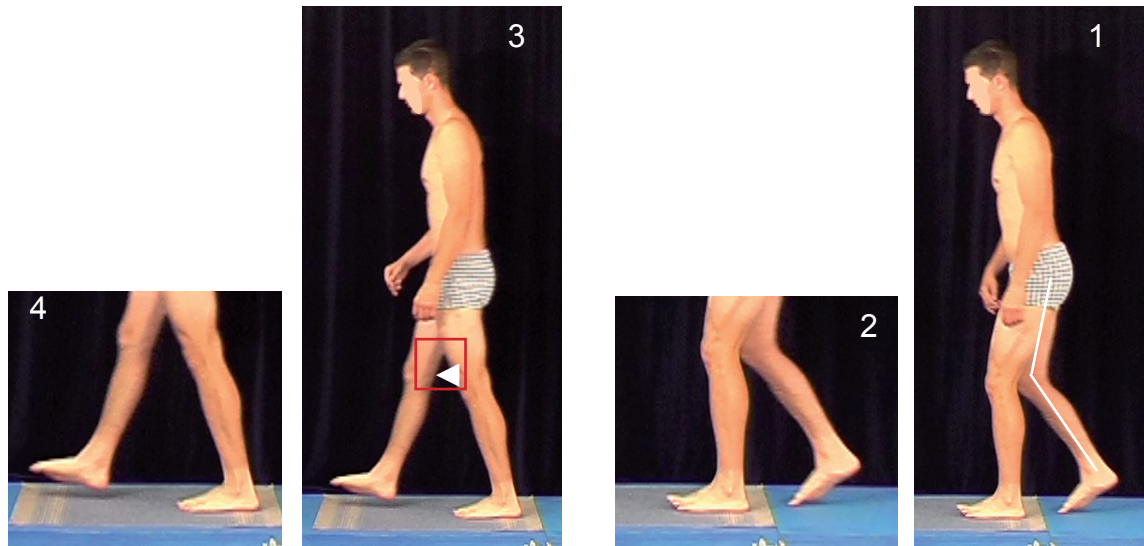
*Bildreihe von rechts nach links: 1 Nach Aufsetzen links Abheben rechts, 2. Vorschwingen rechts und Anheben der rechte Hüfte, 3. Weiteres Vorschwingen rechts und Kniestrecken links, 4. Ende der Schwungphase rechts, Kniestrecken rechts, 5. Aufsetzen rechts.*



Der linke Fuß wird mit der Ferse aufgesetzt - dann erfolgt der Ballenkontakt. Die Zehen - Großzehe und kleine Zehen - bleiben abgehoben. Auch noch zum Zeitpunkt Mitte Stütz, d.h. wenn das rechte Bein am Stützbein vorbeiswingt, sind die Zehen noch dorsalflektiert. Erst in der letzten Phase des Vorschwingens rechts kommt es zum Bodenkontakt der Zehen.

### Fehlmuster rechtes Bein und rechter Fuß

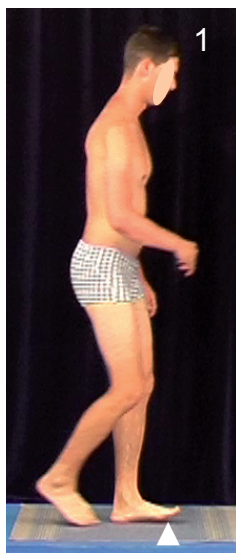
1. Keine ausreichende Kniebeugung beim Abheben rechts.
2. Schleifkontakt der rechten großen Zehe zu Beginn der Schwungphase.
3. Stehschrittartiges Aufsetzen durch Überstrecken und Anheben des rechten Beines.
4. Supinieren des Fußes gegen Ende der Schwungphase (bis zum Aufsetzen).



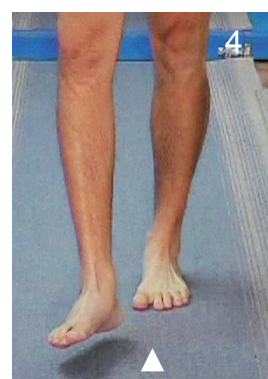
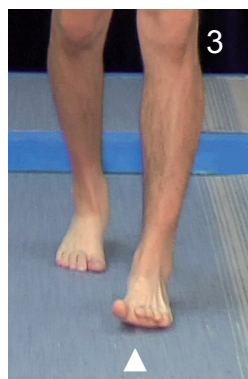
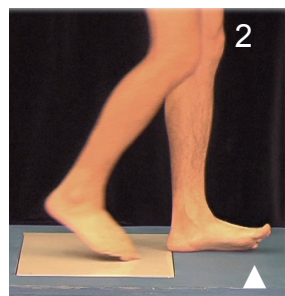
Fehlmuster rechtes Bein/rechter Fuß, Bildserie von rechts nach links. 1 Keine ausreichende Kniebeugung beim Abheben rechts, 2 Schleifkontakt der großen Zehe, 3 Überstrecktes Bein, 4 Supinierter Fuß vor dem Aufsetzen.

### Fehlmuster linker Fuß

1. Beim Aufsetzen links ist der Fuß in Supinationsstellung.
2. Zuerst wird die Ferse aufgesetzt, dann erfolgt das weitere Abrollen über den Außenrand des Fußes bis zum Ballen.
3. Die Zehen sind bis über die mittlere Stützphase dorsalflektiert und nicht belastet.
4. Erst gegen Ende der Stützphase haben auch die Zehen Bodenkontakt.



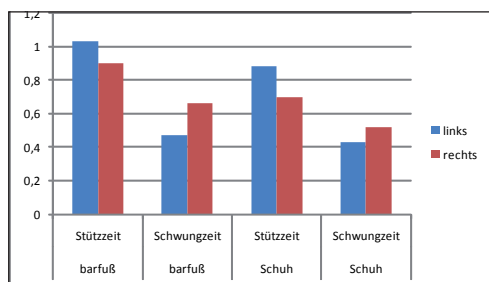
Fehlmuster linker Fuß: 1 Supinationsstellung des Fußes beim Aufsetzen, 2 Außenrandbelastung, 3 Dorsalflexion der Zehen, 4 Bodenkontakt der Zehen.



### Unterschiedliche Stütz- und Schwungzeiten

Der Eindruck des Hinkens, der aufgrund der unterschiedlichen Bewegungsmuster rechts und links entsteht, wird verstärkt durch die unterschiedlichen Stütz- und Schwungzeiten. Links ist die Stützzeit länger, da sich H. auf dem linken Fuß sicherer fühlt. Den rechten Fuß spürt H. kaum, daher ist die Stützzeit rechts kürzer.

Die Schwungzeiten sind dementsprechend links kürzer bzw. rechts länger. Die zeitlichen Verhältnisse bleiben bei Gehen mit Schuh und barfuß ungefähr gleich, barfuß sind sowohl Stütz- als auch Schwungzeiten länger als beim Gehen mit Schuh.



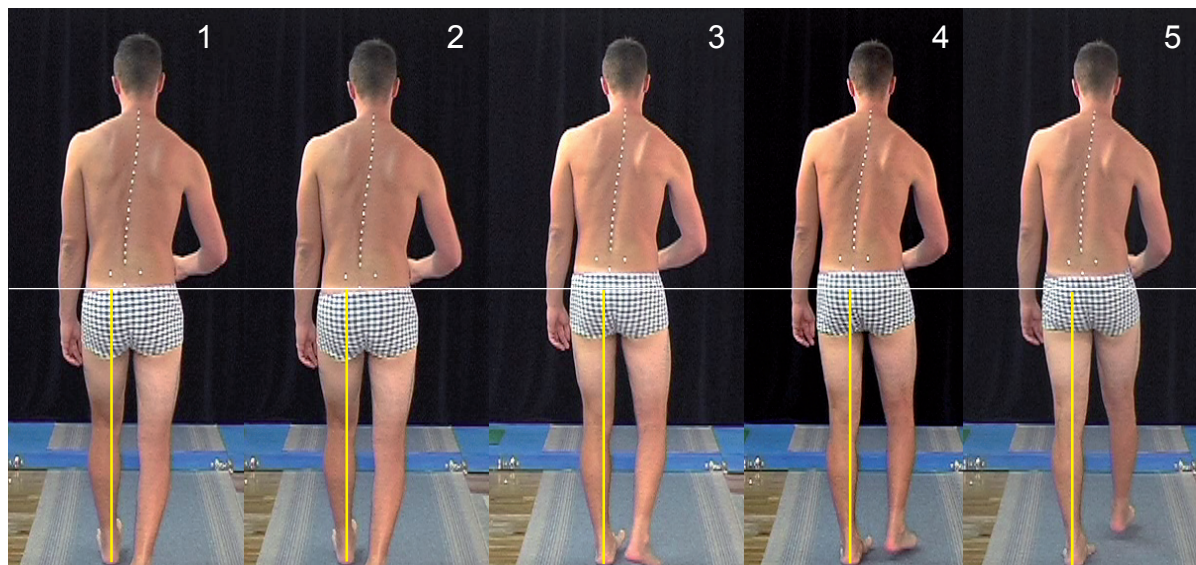
	barfuß	Schuh
links Stützzeit	1,03 sec	0,88 sec
links Schwungzeit	0,47 sec	0,43 sec
rechts Stützzeit	0,9 sec	0,7 sec
rechts Schwungzeit	0,66 sec	0,52 sec

Diagramm und Tabelle der Stütz- und Schwungzeiten beim normalen Gehen barfuß und mit Schuh.

### Asymmetrische Becken-, Bein- und Wirbelsäulenbewegung

**Stützphase links:** Beim Aufsetzen links erfolgt kein Abkippen des rechten Beckens wie beim normalen Gang. Es kommt zu einem Anheben des waagrechten Beckens und einem Verschieben nach links über das Stützbein (Bilder 1,2,3). Dadurch kann das rechte Bein trotz geringer Kniebeugung vorgeschwungen werden. Außerdem erfolgt eine leichte Abduktion des rechten Beines mit einer leicht kreisförmigen Bewegung (Zirkumduzieren gegen den Uhrzeigersinn) um das Stützbein, was wiederum das Vorschwingen unterstützt.

Die Lendenwirbelsäule wird fixiert gehalten und Oberkörper und obere Wirbelsäule schwingen im Verlauf der Schwungphase rechts nach rechts.

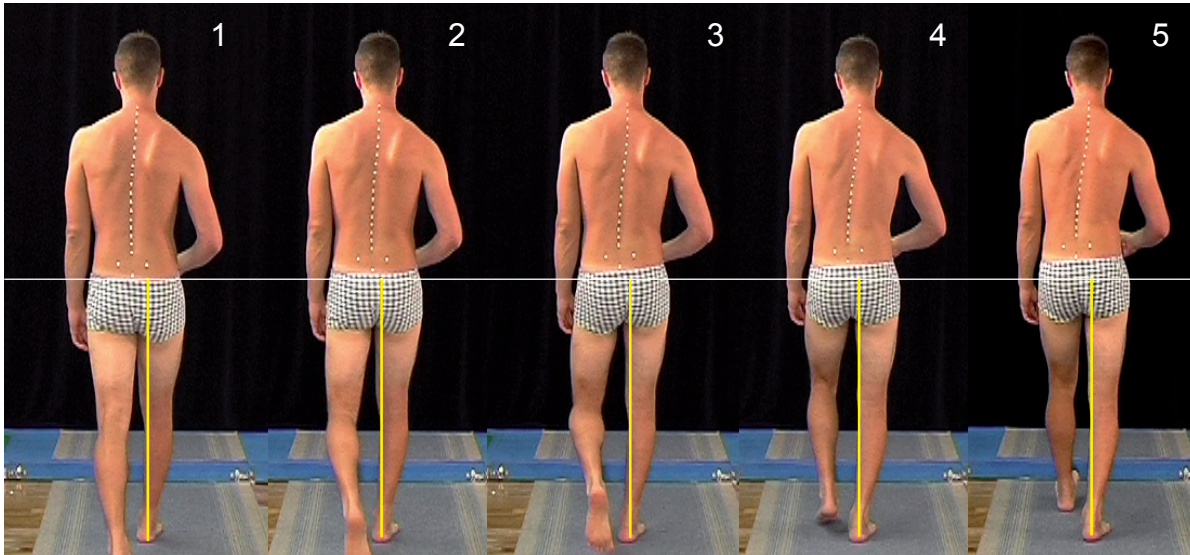


1 Aufsetzen links, 2 Abheben rechts, 3 Beginn der Schwungphase rechts, 4 Mitte der Schwungphase rechts, 5 Vor dem Aufsetzen rechts.

Die horizontale Linie dient zur Darstellung der Anhebung des Beckens beim Stütz links bzw der geringen Beckenbewegung beim Stütz rechts. Ausgangspunkt ist jeweils der tiefste markierte Beckenpunkt beim Aufsetzen links und beim Aufsetzen rechts.

Die lotrechten gelben Striche beziehen sich auf die Ferse und zeigen die Seitverschiebung während des Schrittes.

**Stützphase rechts:** Beim Aufsetzen rechts sind Becken- und Wirbelsäulenbewegung nahezu unauffällig. Nach dem Aufsetzen rechts steht das Becken nur leicht höher, im dritten Bild (Schwungbeinknie ca. in Höhe des Stützknies) kippt das Becken links ab. Die Lendenwirbelsäule schwingt ebenfalls nach links und die Brustwirbelsäule im Ausgleich dazu in eine leichte Rechts-Krümmung. Diese Becken- und Wirbelsäulenbewegung entspricht dem normalen Bewegungsverlauf beim Gehen. Das Becken bewegt sich leicht nach rechts über das Stützbein - aber nicht so stark wie beim Schritt links auf rechts. Das Bein schwingt leicht nach vor, da das Knie entsprechend gebeugt wird. Die Schwungbewegung verläuft in der Bewegungsebene und nicht kreisförmig ausweichend wie beim Schritt links auf rechts.



1 Aufsetzen rechts, 2 Abheben links, 3 Beginn der Schwungphase links, 4 Mitte der Schwungphase links, 5 Aufsetzen links.



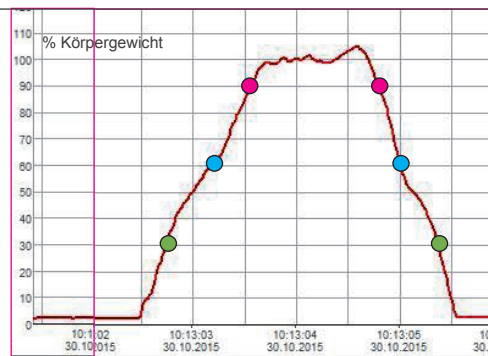
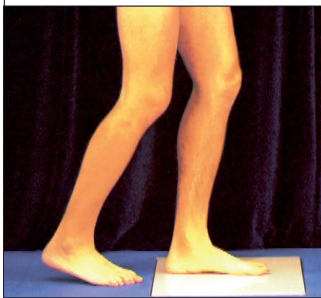
## 5. Übungseinheiten mit Tonalem Feedback

Die Übungseinheiten wurden in einem Zeitrahmen von 25 Wochen durchgeführt. Insgesamt erfolgten 13 Einschulungen. Einige Zeitabstände zwischen den einzelnen Einheiten waren länger, dann folgten einige in kürzeren Abständen, sodass eine intensivere Einschulung möglich war.

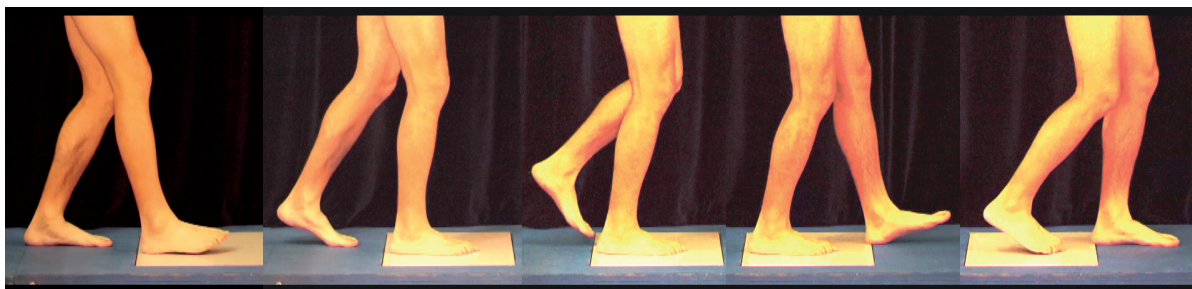
In der ersten Feedbackeinheit wurden die Messdaten beim Gehen mit Schuhen zuerst ohne Ton (Baseline) aufgezeichnet und danach die ersten Versuche mit tonalem Feedback. In jeder der folgenden Übungseinheiten wurden mehrere Übungsserien absolviert. Geübt wurde mit Schuhen und barfuß, wobei das Barfußgehen am Anfang schwieriger war, in der Folge aber bessere Einwirkungen auf die Fuß- bzw. Zehenbewegung erzielte.

Zunächst wurde versucht, die Stützzeit zu verlängern und (akustisch) eine Rechts-Links-Symmetrie zu erreichen. Außerdem wurde geübt, den Fuß bewusst über die ganze Sohle abzurollen, damit auch die Zehen Bodenkontakt haben und dadurch eine bessere Gleichgewichtssicherung erreicht wird. Die Innenrotationsstellung der Füße (re>li) wurde immer häufiger korrigiert und damit die Spurbreite vergrößert. Der Proband konnte nach wenigen Einheiten bereits verschieden lange Stützzeiten frei wählen und Stütz- und Schwungzeiten rechts und links symmetrisch gestalten.

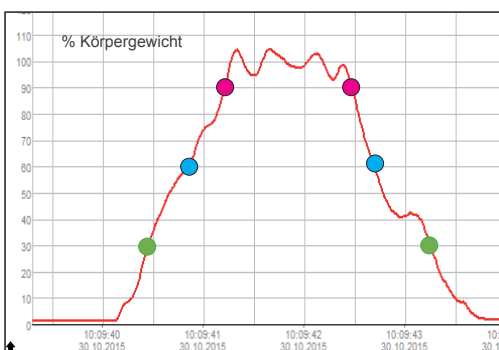
Feedback barfuß links.



Schritt auf der Messplatte mit tonalem Feedback. Die Kraftkurve zeigt den Belastungsverlauf und die Tonschwellen bei 30%, 60% und 90% des Körpergewichts bei einem langsamen linken Schritt.



Schritt rechts vom Aufsetzen rechts bis zum Abheben rechts (Stützphase) auf der Messplatte mit Tonalem Feedback.

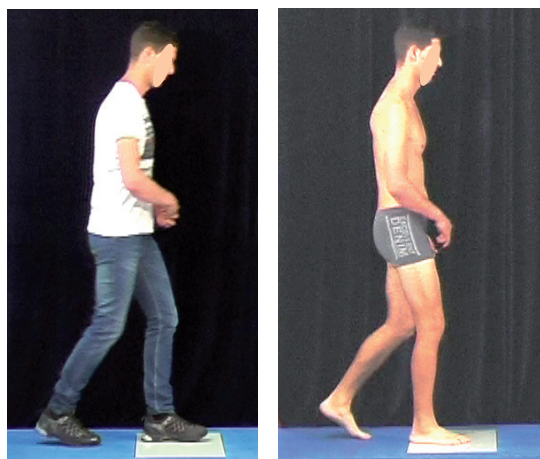


Kraftkurve bei sehr langsamem Gehen mit Schwankungen in der mittleren Stützphase, rechter Fuß, 12. Einheit.

Die Supinationshaltung des rechten Fußes blieb unverändert, das Aufsetzen mit der Ferse und ein dosiertes Abrollen gelang immer öfter. Der Streckimpuls rechts am Ende der Doppelstützphase trat nicht mehr auf.

Nach der 6. Feedbackeinheit hatte H. das Gefühl, auch im Schuh besser zu „balancieren“ = mit dem Fuß das Gleichgewicht aktiv ausgleichen zu können. Auch die Tonfolge beurteilte er als schöner und gleichmäßiger. Nach eigenem Empfinden und auch sichtbar war die Haltung beim Gehen über die Platte unverkrampft geworden (in der Regel wurde auch der rechte Arm locker hängen gelassen). Eine deutliche Verbesserung des Gleichgewichts verspürte H. beim Belastungswechsel (Seitsteigen rechts/links) und beim Barfußgehen.

Die Zeittabelle gibt einen Überblick über die Übungseinheiten, das Üben mit Schuh und barfuß sowie die Videodokumentationen. Die Kistler-Messdaten wurden durchgehend aufgezeichnet.



Feedback-Training mit Schuh und barfuß

Einheit	Woche	Schuh	barfuß	Video
1	1.	S		V
2	5.		b	V
3	16.		b	
4	18.		b	
5	19.	S	b	
6	19.		b	
7	20.		b	
8	20.	S	b	
9	21.	S		
10	21.	S	b	
11	23.	S	b	V
12	24.		b	
13	25.		b	V

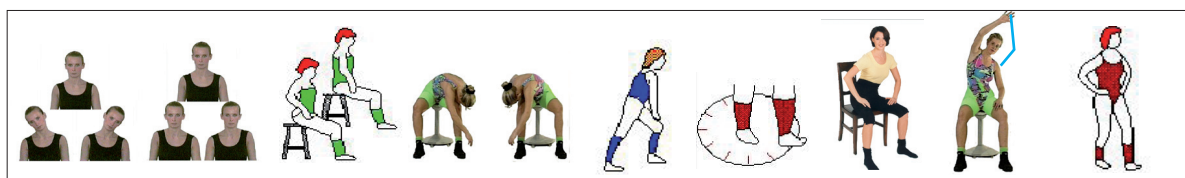
Übungseinheiten mit Schuh (S), barfuß (b), Videoaufzeichnung (V)

## 6. Haltungs- und Bewegungsübungen

Aufgrund der beim Videoscreening und den motorischen Tests aufgezeigten Haltungsprobleme und motorischen Defizite wurde ein individuell aufgebautes Übungsprogramm erstellt, welches genau eingeschult und kontinuierlich überprüft und adaptiert wurde. D.H. führte das Übungsprogramm regelmäßig 4 bis 6 mal pro Woche durch (Dauer zwischen 15 und 25 min). Schwerpunkte des Bewegungsprogramms waren laterale Mobilisierungsübungen für den Oberkörper und den Beckenbereich, um ein gegengleiches Mitbewegen von Schulter- und Beckenachse zu erreichen, Dehn- und Entspannungsübungen für die rechte Arm-, Bein- und Fußmuskulatur, Kräftigungsübungen für die Schulter- und Rückenmuskulatur, Haltungskorrekturübungen für den Kopf- und Schulterbereich.

### Aufbau des Übungsprogramms

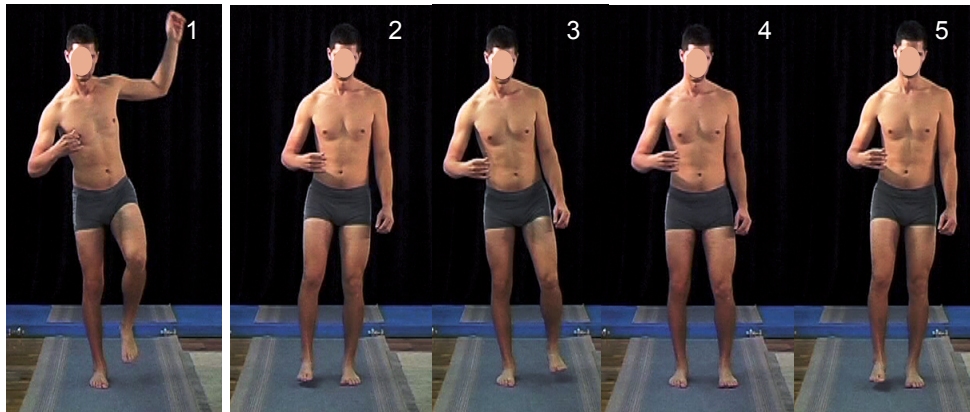
- Leichtes Mobilisieren von Kopf und Schultern, laterales und rotatorisches Mobilisieren der Wirbelsäule, Haltungsaufbau Oberkörper.
- Wadendehnung mit Unterschenkel/Fußwinkel <math><90^\circ</math>, Fußuhr barfuß mit Innenrand-Außenrandbelastung, Barfußgehen und Kniebeugen.
- Beckenschaukel, Anheben rechtes Gesäß, Flankendehnung rechts: Linke Hand ergreift die rechte Hand und zieht den rechten Arm vor/hoch und nach links zur Seite.
- Schritttrollen im Rhythmus 1. Knie vor, 2. Zehen hoch, 3. Vorsschwung - 4. Ferse auf.
- Gleichgewichtsübungen: Rhythmisches Rechts-links-Steigen und Knieheben.





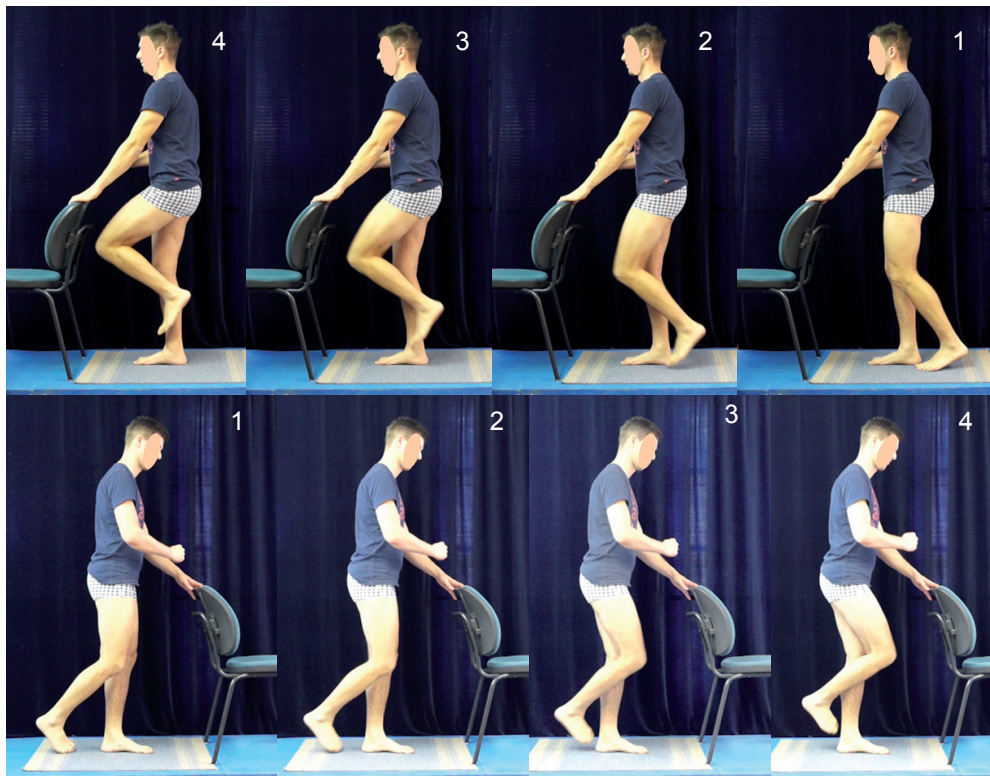


*Laterales Mobilisieren des Oberkörpers Mobilisieren der Hüfte Flankendehnen rechts*



*Gleichgewichtsübungen:  
1 Statisches Gleichgewicht,  
2-5 dynamisches Gleichgewicht*

Beim Üben des Gleichgewichts fällt auf, dass beim kurzen Stehen auf einem Bein immer wieder Gleichgewichtsprobleme auftreten, das dynamische Gleichgewicht, wie beim rhythmischen Belastungswechsel rechtes/linkes Bein, jedoch deutlich besser ist.



*Rhythmisches Knieheben links und rechts*

Das Knieheben mit Kniebeugen wird links ohne Probleme durchgeführt. Rechts gelingt mit großer Konzentration eine (für das Gehen) ausreichende Kniebeugung.

## 7. Ergebnisse der Tonalen Feedback Therapie

### 7.1 Haltung

Unterschiede in der Körperhaltung zeigt der Vergleich der Aufnahmen aus den ersten und aus den letzten Einheiten. Die anfänglich starke Asymmetrie im Schulterbereich und die starke Beugehaltung des rechten Ellbogens sind deutlich geringer geworden, ebenso wie die Seithaltung des Oberkörpers und des Kopfes.

Die Kontraktur des Ellbogens ist starken Schwankungen unterworfen.



Haltung beim Gehen 1. Einheit



Haltung beim Gehen 10. Einheit



2. Einheit



13. Einheit

### 7.2 Gangmuster

Bei H. sind deutliche Veränderungen des Gangmusters fast ausschließlich beim langsamen und sehr langsamen Gehen festzustellen. Beim normalen - relativ schnellen - Gehen bleibt das gewohnte Gangmuster in abgeschwächter Form bestehen.

#### Normales Gehtempo

Auffälligkeiten bei normalem Gehtempo betreffen die folgenden Bein- und Fußbewegungen:

1. Das Überstrecken des rechten Knies am Ende der Schwungphase mit deutlicher Supination des Fußes.
2. Das leicht zirkumduzierte Vorbringen des rechten Beines bei gleichzeitigem Anhebens des Beckens.
3. Den Schleifkontakt der Schuhspitze bzw. des großen Zehen rechts bei Beginn der Schwungphase.
4. Den Fersen-Ballen Kontakt (Rechts kein Bodenkontakt der Zehen bis zur mittleren Stützphase) in Verbindung mit einer Supinationsbewegung.

**ad 1)** Das Überstrecken des Knies in der Schwungphase ist reduziert bzw. kann auch ausfallen (s. Bild 2,3), manchmal bleibt ein kurzes Vorschwingen des Unterschenkels erhalten. Das auffällige Kniestreckmuster mit betontem Fersenaufsetzen tritt nicht mehr auf. Auch die Supinationsbewegung des Fußes ist weniger ausgeprägt und bei verlangsamtem Gehen oder kurzen Schritten wird der Fuß fast flach aufgesetzt.

**ad 2) und 3)** Das leicht zirkumduzierte Vorbringen des rechten Beines und der Schleifkontakt des großen Zehen bzw. der Schuhspitze bleiben fast unverändert erhalten.

**ad 4):** Das Fersen-Ballen Muster links beim Aufsetzen und die Supinationsbewegung in der



Stützphase links sind beim normalen Gangtempo weiterhin vorhanden, allerdings weniger stark ausgeprägt. Zu erkennen ist es an den abgehobenen Zehen in der Stützphase. In der Aufnahme aus der zweiten Einheit (Bild 1) sind die Zehen deutlich abgehoben, in den Aufnahmen aus der 12. Einheit sind sie einmal ähnlich stark abgehoben und einmal weniger stark. Dies entspricht dem Muster in den letzten Einheiten mit unterschiedlich stark abgehobenen Zehen beim normalen Gehtempo.

Die Supinationsbewegung tritt nicht mehr regelmäßig auf, sondern wechselt mit einem Muster, bei dem die Supination des Fußes unterdrückt wird, aber die Zehen angehoben werden. Im Bild 1 (vorher) ist die Supinationshaltung mit abgehobenen Zehen zu erkennen, im Bild 2 (nachher) nicht mehr, die Zehen sind aber abgehoben.

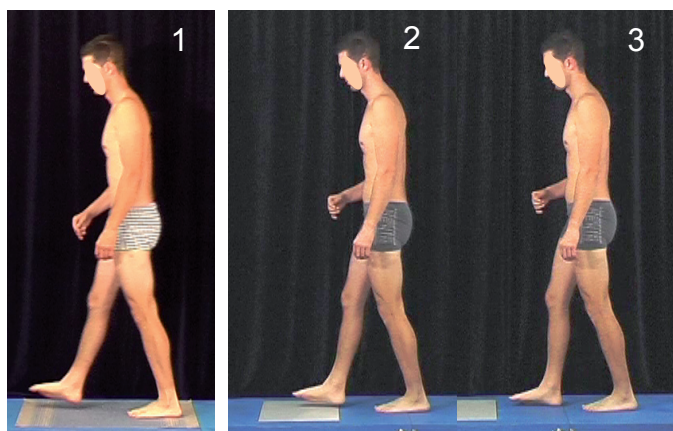
### Langsames und sehr langsames Gehtempo

#### Bewegungsmuster rechtes Bein und rechter Fuß

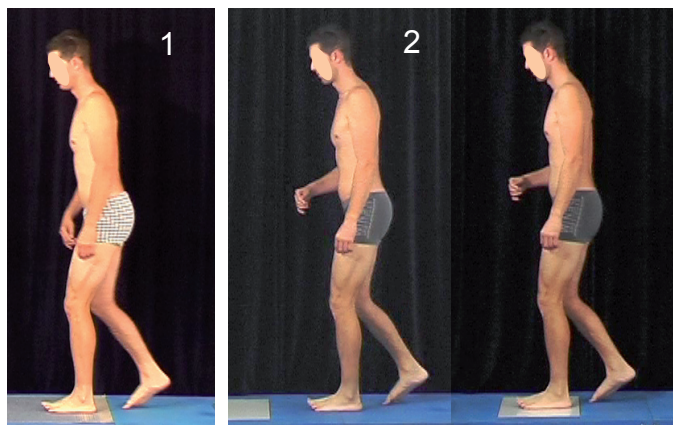
Der erste Unterschied ist die Unterdrückung des Streckmusters rechts mit Streckung des rechten Knies und Aufsetzen mit der Ferse (Stechschrittmuster). Beim langsamen Gehen erfolgt nun das Aufsetzen mit gebeugtem Knie.

Der zweite Unterschied betrifft die Ausprägung der Supination des Fußes in der letzten Phase des Vorschwingens und beim Aufsetzen.

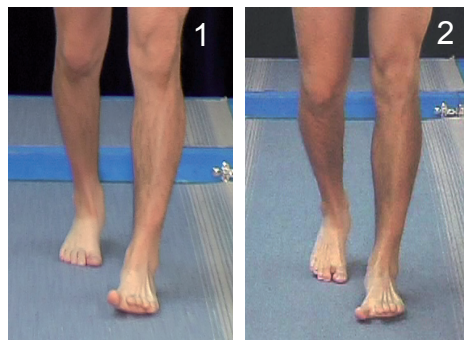
Beim langsamen Feedback-Gehen wird der Fuß am Ende der Schwungphase geringer supiniert als vorher, beim Aufsetzen bereits einwärts gedreht und nur geringfügig mit dem Außenrand aufgesetzt.



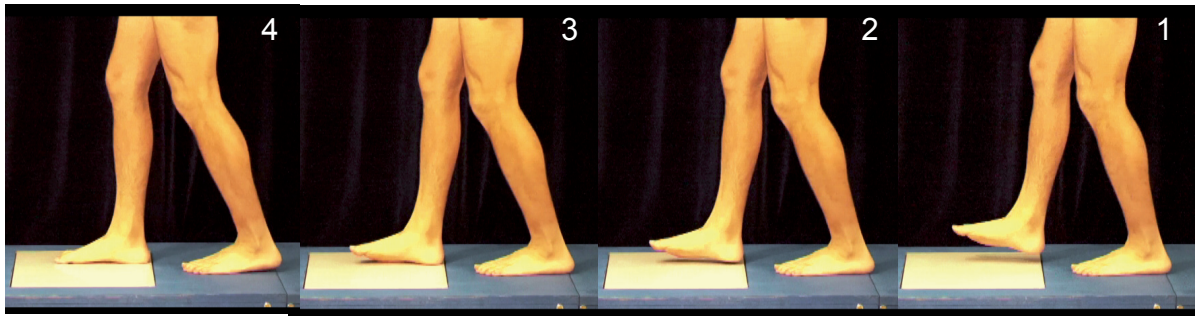
Stützphase links - Aufsetzen rechts, Ende der Schwungphase rechts: Bild 1 vorher (2. Einheit) Bilder 2,3 nachher (12. Einheit)



Abgehobene Zehen in der mittleren Stützphase, Einzelstütz links, 1 vorher (2. Einheit), 2 und 3 nachher (12. Einheit).



Fuß/Zehen 1 vorher (2. Einheit), 2 nachher (12. Einheit).

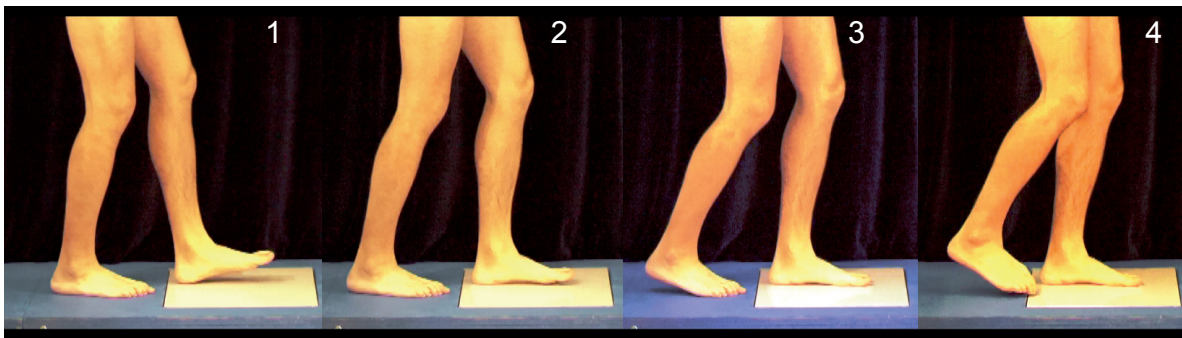


1 Vorschwung rechts, 2 Vor Aufsetzen rechts, 3 Aufsetzen der Ferse rechts, 4 Voller Bodenkontakt rechts.

### **Bewegungsmuster linkes Bein und linker Fuß beim Aufsetzen links**

Das Aufsetzen links erfolgt mit der Ferse, dabei ist der Fuß nicht mehr in Supinationsstellung sondern neutral ausgerichtet. Der weitere Bodenkontakt erfolgt dann bis zum Ballen und bereits beim Abheben der Ferse des rechten Fußes sind die Zehen am Boden. Vor dem Feedback waren die Zehen noch bis zum Vorbeischwingen des Schwungbeines beim Stützbein abgehoben.

Mit dem plantigraden Aufsetzen des Fußes und dem frühen Bodenkontakt der Zehen ist auch die Gleichgewichtsfähigkeit unterstützt und der Abrollvorgang dem normalen Gangablauf angeglichen.

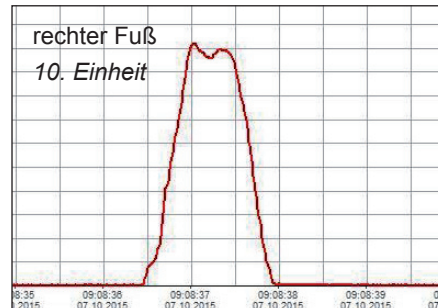
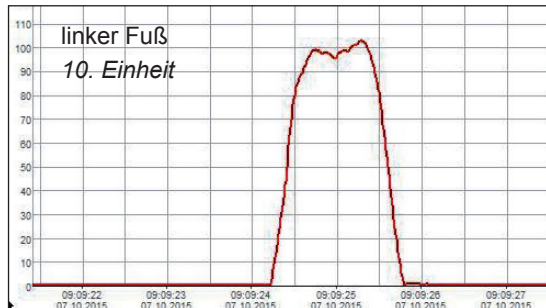


Stützphase links. 1 Aufsetzen links, 2 Abrollen bis zum Ballen, 3 Voller Bodenkontakt, 4 Beginn der Schwungphase rechts.



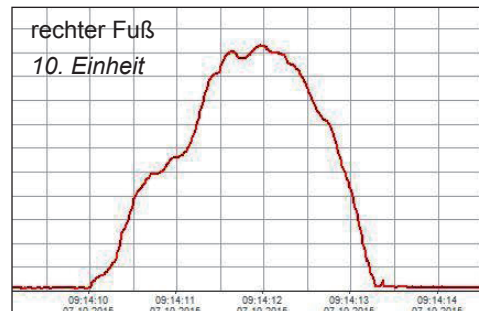
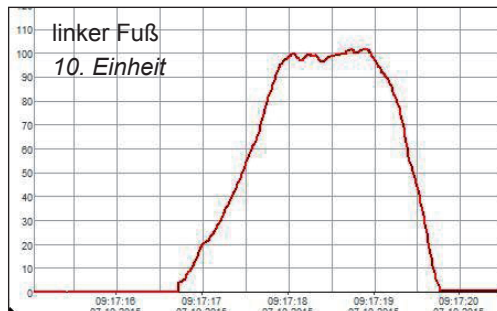
### 7.3 Kraftverläufe beim Gehen mit Schuh und barfuß

In der Gegenüberstellung der Kraftverläufe von linken und rechten Schritten - jeweils mit Schuh und barfuß und bei verschiedenen Gehgeschwindigkeiten - kann man die Unterschiede sowohl in der Schrittgestaltung als auch in der Belastungsdauer erkennen.



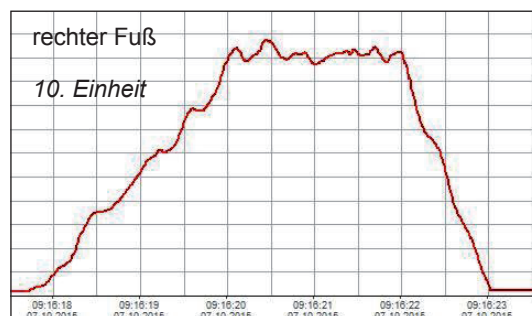
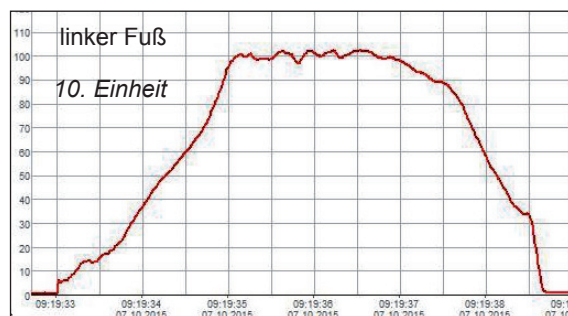
Kraftverläufe beim Gehen mit Schuh, normales Tempo.

Bei normalem Gehtempo auf kurzer Gehstrecke sind die Unterschiede gering und kaum zu sehen, bei sehr langsamen Schritten sind die Veränderungen am deutlichsten zu erkennen.



Kraftverläufe beim Gehen mit Schuh, langsames Tempo

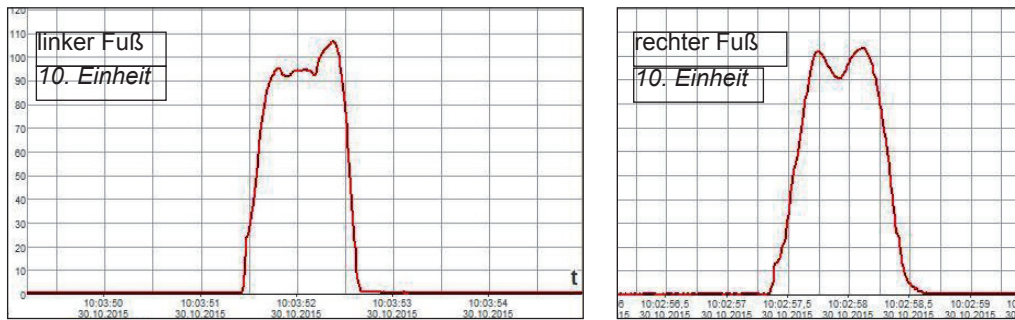
Beim langsamen Tempo ist der Kraftanstieg für den linken Fuß dosiert, das Plateau mit kleinen Schwankungen ausgeglichen und die Gewichtsübertragung auf den anderen Fuß (rechte Flanke) verkürzt. Rechts ist der Kraftanstieg unregelmäßig, die Gewichtsübernahme ist nicht kontrolliert, die Balance im Plateau ist verkürzt. Der Übergang zum nächsten Schritt ist unauffällig.



Kraftverläufe beim Gehen mit Schuh, sehr langsames Tempo.

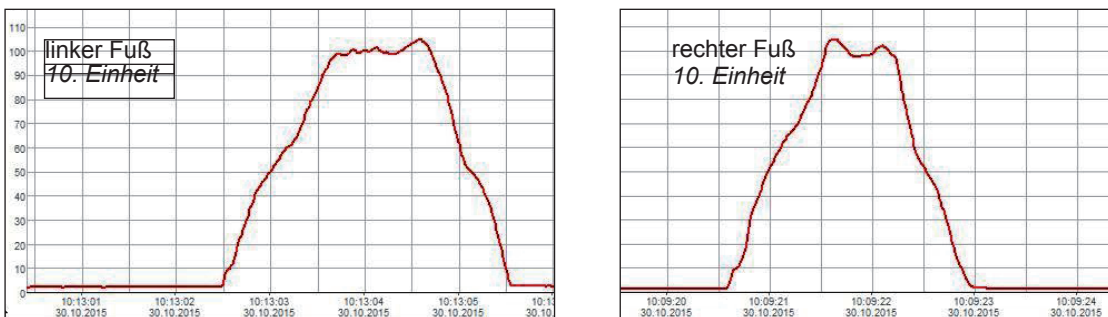
Beim sehr langsamen Gehen links zeigen Anstieg und Abfall der Kurven nur geringe Schwankungen, im Plateau sind leichte Gleichgewichtsprobleme festzustellen. Rechts sind sowohl im Anstieg als auch im Plateau deutliche Gleichgewichtsprobleme auszumachen.

Beim Barfußgehen sind die Kurven beim normalem Gehtempo den Kurven mit Schuh sehr ähnlich.



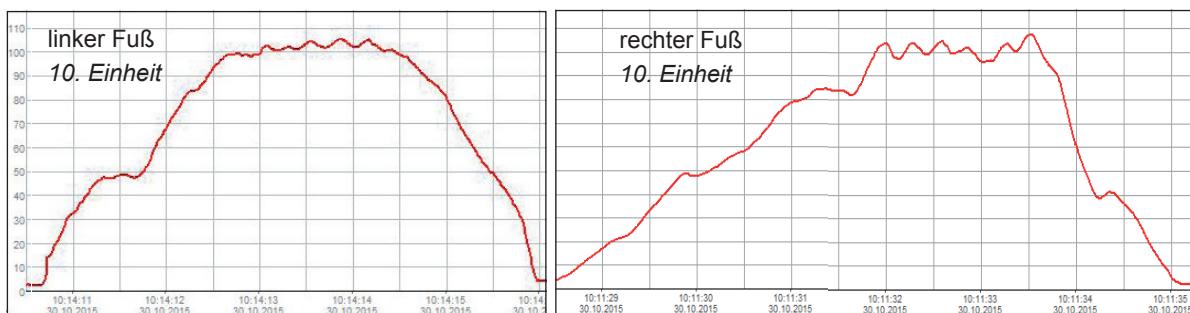
Kraftverläufe beim Gehen barfuß, normales Tempo.

Beim langsamen Gehen mit Stützzeiten von 2 bis 3 sec sind rechts und links Unregelmäßigkeiten im Anstieg und im Kurvenabfall festzustellen, die auf Probleme mit der Gewichtsverlagerung bzw. dem Gleichgewicht hinweisen.



Kraftverläufe beim Gehen barfuß, langsames Tempo.

Erst beim sehr langsamen Gehen mit Stützzeiten über 5 sec sind rechts deutliche Schwankungen feststellbar. Der Vergleich mit dem sehr langsamen Gehen mit Schuh bedeutet, dass die Balancefähigkeit beim Barfußgehen noch verbessert werden kann und ein weiteres Potential zur Gleichgewichtsschulung vorhanden ist.



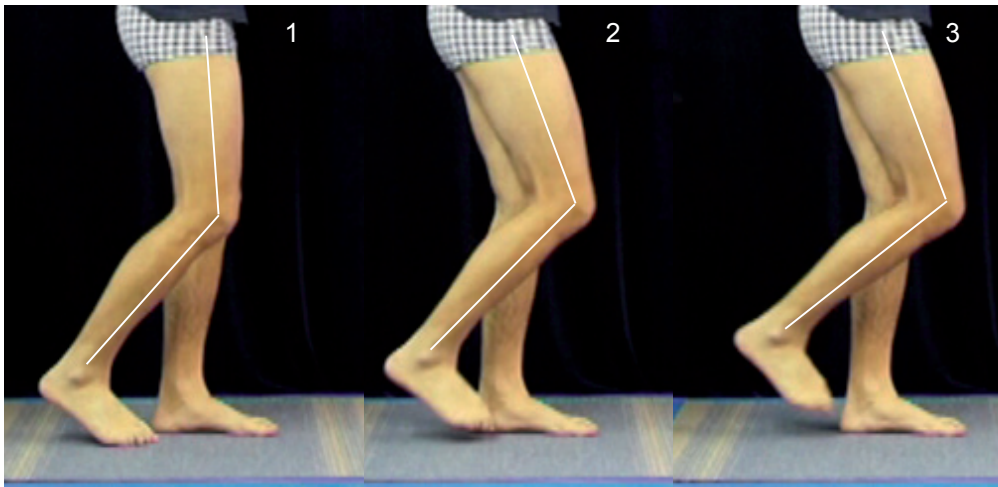
Kraftverläufe beim Gehen barfuß, sehr langsames Tempo. Links (linker Fuß) rechts (rechter Fuß)

Abschließend ist anzumerken, dass die Vorgaben, im „Normaltempo“ zu gehen (etwas über 1 sec), langsam (zwischen 2 und 3 sec) bzw. sehr langsam (zwischen 5 und 6 sec) zu gehen, D.H. keinerlei Schwierigkeiten bereitet.

## 7.4 Funktionsverbesserung

Bei der Besprechung des Übungs- und Bewegungsprogramms wurde darauf hingewiesen, dass mit dem rechten Bein nach dem Schritttrollen und der Fußuhr in den letzten Einheiten erstmals auch das Knieheben mit leichtem Anwinkeln des Unterschenkels möglich war. Das Unvermögen, zu Beginn der Schwungphase rechts das Knie zu beugen und den Unterschenkel anzuwinkeln, ist eine Hauptursache für das pathologische Gangbild mit Schleifkontakt des Fußes, Anheben des Beckens und Zirkumduzieren des Beines.

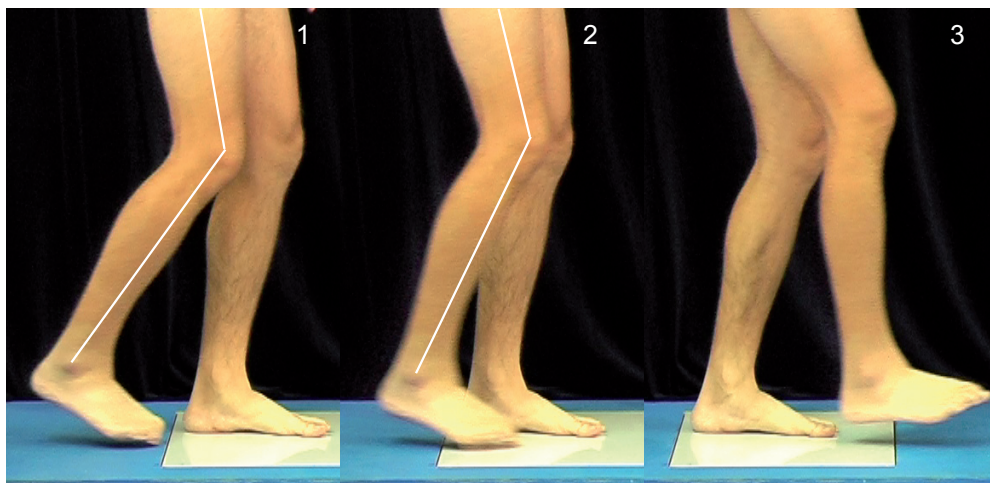
Die Bildserie zeigt die bei der rhythmischen Beugebewegung erreichten Winkelwerte für die Kniebeugung und das Anheben des Unterschenkels (Unterschenkel zur Vertikalen). Diese Werte sind deutlich besser als jene, die beim Gehen erreicht werden. Nicht gebessert hat sich die Funktion der Zehenheber, da sich die Zehen weiterhin in Plantarflexion befinden.



*Rhythmisches Kniebeugen rechtes Bein. 1 Beginn des Abhebens, 2 Abheben und Kniebeugen, 3 „Anwinkeln“ des Unterschenkels. Danach wieder Absetzen des Fußes.*

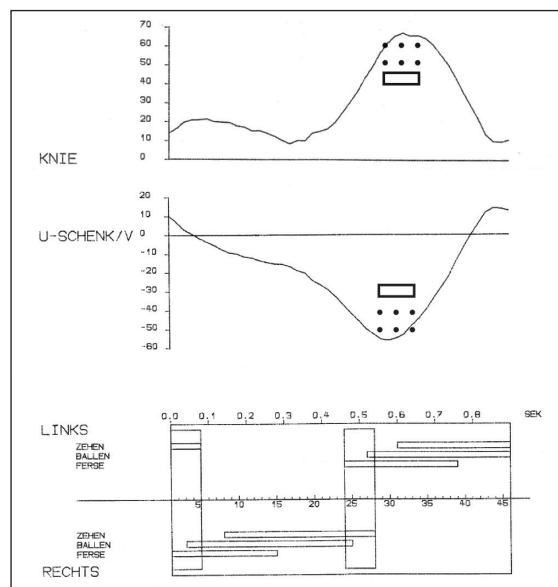
Beim Gehen - Beginn der Schwungphase rechts - erreicht H. einen maximalen Winkel von 45 Grad und beim Vorbeiswingen am Standbein einen Winkel von 40 Grad. Da zu dem Zeitpunkt der Unterschenkel nicht angehoben werden kann, schleift der Fuß bzw. die große Zehe am Boden.

Winkelwerte	Abheben des Fußes		mittlere Schwungphase		max. Beugung	
	Kniewinkel	US / V	Kniewinkel	US / V		
Normwerte	50	- 50°	60	- 55°	65	- 60°
D.H. Feedback Gehen	45°	- 33°	37°	- 26°	40°	- 28°
rhythmisches. Kniebeugen	54 °	- 43°	63°	- 43°	65°	- 50°



Langsames Feedback - Gehen: 1 Beginn des Abhebens, 2 Vorbeischwingen des rechten Beines am Standbein, 3 Vorschwingen zum Aufsetzen rechts. (Beim langsamen Gehen sind die Zehen des linken Fußes flach auf dem Boden!).

Wie aus dem Diagramm und den Bilder zu ersehen ist, sind beim Gehen die Kniewinkel bei Beginn der Schwungphase rechts bei 40 bis 45 Grad (Rechteck im Diagramm). Beim normalen Gehen werden 60 Grad erreicht. Bei der Bewegungsübung (gepunktetes Rechteck im Diagramm) gelingt ein Winkelbereich von 50 bis 65 Grad, dies würde beim Gehen ein freies Durchschwingen des Beines ermöglichen. Das Anheben des rechten Unterschenkels ist beim Gehen zu gering - ca 25 bis 35 Grad. Beim normalen Gehen erreicht der Unterschenkel 50 bis 60 Grad. Bei der Bewegungsübung werden bereits 45 bis 50 Grad erreicht.



Chronogramm mit Kniewinkel und Unterschenkel zur Vertikalen. (Vgl. Fleiß et al: Kinemato-graphische Bewegungsanalyse).

## Ausblick

Die Bewegungsübung Knieheben mit Anwinkeln des Unterschenkels war erst nach einem halben Jahr und nach verschiedenen Vorübungen erstmals möglich. Nach 8 Monaten gelingt ein rhythmisch sicherer Bewegungsablauf, der jedoch weiterhin mit erhöhter Konzentration und daher auch mit Muskelanspannung ausgeführt wird.

Die Winkelbereiche nähern sich dem normalen Bewegungsablauf des Gehens. Damit ist die funktionelle Möglichkeit gegeben, den Gang weiter zu verbessern, falls es gelingt, die koordinativen Voraussetzungen zur Umsetzung in den Gangablauf auszubauen.

## **8. Zusammenfassung**

Herr H. war von Anfang an hochmotiviert und kooperativ. Beim Feedback Training war er immer sehr interessiert und mit Freude am Üben. Die Bewegungsübungen für zu Hause hat er sehr konsequent durchgeführt und spürbare Verbesserungen bei deren Ausführung immer kommentiert. Die Veränderungen im Bewegungsablauf waren ihm bewusst und er konnte die unterschiedlichen Muster auch differenzieren.

Die Veränderungen im Gangmuster betreffen das Ausbleiben des (stechschrittartigen) Bein-Streckmusters rechts; welches in ein dosiertes „Weiches Knie-Aufsetzmuster“ umgewandelt wurde. Auf der linken Seite konnte das Fersen-Ballen Muster (mit abgehobenen Zehen) in ein Sohlen-Aufsetzmuster korrigiert werden, wodurch eine bessere Gleichgewichtssicherung zu erwarten ist. Ein Teil der neu erlernten Bewegungsmuster wie das plantigrade Aufsetzen rechts ist nur beim langsamen (Feedback) Gehen reproduzierbar, im Normaltempo bleibt die Supination des Fußes erhalten.

Einige der neu erlernten Bewegungsmuster sind also in das normale Gangmuster übernommen worden, einige jedoch nur beim langsamen Gehen zu finden. Bei H. findet demnach kein „pattern shift“ statt, bei dem ein Bewegungsmuster durch ein anderes abgelöst wird, sondern es erfolgt eine partielle Veränderung, bei der einzelne Bewegungsabläufe integriert werden, andere jedoch nur in speziellen Situationen (langsameres Gehen) aufscheinen. Weitere Verbesserungen des Gangmusters scheinen daher möglich, auch lassen die in den letzten Einheiten erreichten Beugebewegungen im Knie eine weitere Verbesserung der Schrittgestaltung erwarten.

Das Hauptergebnis dieser Untersuchung ist die Erkenntnis, dass scheinbar fixierte pathologische Bewegungsmuster noch fast 10 Jahre nach einem Schlaganfall modifizierbar sind und dass das simultane Tonale Feedback die Reorganisation eines Koordinationsmusters unterstützen kann.



## 9. Literatur

*Fleiß O., Fleiß H., Pokorny H.*, Feedbacktherapie zu Verbesserung der Aufsetz- und Abrollbewegung beim Gehen. In: *Int.J.Rehab. Research*, 1980, 3(4) 497 - 503.

*Fleiß O., Fleiß H., Haidvogel M.*: Der Einsatz der kinematographischen Bewegungsanalyse zur Quantifizierung von Bewegungsmustern bei Kindern mit infantiler Cerebralparese. *Krankengymnastik München* 30. Jgg. S. 1-8.

*Fleiß O., Holzer H., Pokorny H., Reimann R., Engelke K., Fleiß H.*: Fußbelastung und Möglichkeiten der Belastungsreduktion nach Feedback-Therapie bei Kindern mit ICP. In: *Funktionelle Anatomie und Pathomechanik des Sprunggelenks*, Georg Thieme Verlag Stuttgart, 1984, S 199 - 207.

*Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R.*: Tonale Feedback Therapie bei Gangstörungen, Teil 1. Manuskript Graz 2015.

*Fleiß O., Fleiß H., Holzer P., Ritter G., Reimann R.*: Tonale Feedback Therapie zur Gangschulung nach länger zurückliegendem Schlaganfall (Pat. M.). [www.wirbelix.com](http://www.wirbelix.com), 1.5.2017

*Perry, J.*, Ganganalyse, Urban&Fischer Verlag, München 2003.

*Reimann R., Dreu M., Fleiß H., Fleiß O., Seifert-Held T., Anderhuber F.*: Insuffizienz des M. tibialis anterior – ein Grenzfall für die Indikation zur Operation?

Vortrag: 22. Internationales Symposium für Fußchirurgie München, 05.-06. Dezember 2014.

Die Feedback Therapie wurde im Rahmen von Forschungsprojekten in Zusammenarbeit der Univ. Klinik für Kinderchirurgie (o.Univ.Prof. H. Sauer) und der Abt. für Bewegungslehre (a.o.Univ.Prof. O. Fleiß) am Institut für Sportwissenschaften der Universität Graz eingesetzt. Die Projekte wurden vom Österreichischen Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung unterstützt.

An der vorliegenden Arbeit sind die Steirische Gesellschaft für Wirbelsäulenforschung, das Institut für Anatomie der Med Uni Graz und die Abteilung für Neurologie des LKH Graz Süd-West beteiligt.