

# Abschlussbericht

Einfluss von verschiedenen Schuhkonfigurationen auf die Aktivitätsmuster von  
ausgewählten Bein- und Rumpfmuskeln

Auftraggeber

Joya International AG  
Betenwilerstraße 5  
CH-9325 Roggwil (TG)

Auftragnehmer

Universitätsklinikum Jena  
Klinik für Unfall- Hand und Wiederherstellungschirurgie  
FB Motorik, Pathophysiologie und Biomechanik

## Zusammenfassung

In der Studie wurde mittels Oberflächen- EMG die muskuläre Aktivität ausgewählter Muskeln der Beine, der Hüfte, sowie des Rumpfes während des Gehens auf einem Laufband mit definierten Gehgeschwindigkeiten untersucht. Die Untersuchung erfolgte an einem Vergleichsschuh, sowie den Modellen "Emotion" und "Motion" der Firma Joya International AG an insgesamt 47 Personen beiderlei Geschlechts, welche im Mittel 50 Jahre alt waren.

Bereits für die statische Testsituation während ruhigen Stehens konnte für 5 der 12 untersuchten Muskeln ein Einfluss des Schuhmodells identifiziert werden, während die Körperseite keinen relevanten Einfluss und das Geschlecht nur für 2 der untersuchten Muskeln zu berücksichtigende Unterschiede ergab. Die zu beobachtenden Effekte waren für die Antigravitationsmuskeln der Beine eine tendenzielle Erhöhung gegenüber dem Vergleichsschuh für das Motion- Modell, jedoch wechselnde Differenzen beim Emotion-Modell. Im Rumpfbereich führten beide Joya- Modelle tendenziell zu einer Amplitudenverminderung gegenüber dem Vergleichsschuh.

Für den dynamischen Untersuchungsteil wurden ebenfalls keinerlei relevante Seitenunterschiede, jedoch für 3 der 12 Muskeln Geschlechtsspezifika identifiziert. Die Varianzanalyse für die mittleren Amplitudenwerte erbrachte mit einer Ausnahme (LO) einen signifikanten Einfluss des Schuhmodells der für 9 der 12 Muskeln eine Interaktion mit der Gehgeschwindigkeit aufwies. Somit ist der Einfluss des Schuhmodells nicht ohne weiteres auf alle Gehgeschwindigkeiten zu verallgemeinern.

Die mittleren Amplitudenwerte wiesen für die antigravitorisch wirkenden Muskeln des Unterschenkels (FL, LG, MG) und für die untersuchten Rumpfmuskeln (MF, LO, OI, OE) immer die höchsten mittleren Amplitudenwerte für das Motion- Modell auf, während für das Emotion- Modell die niedrigsten mittleren Amplitudenwerte zu verzeichnen waren. Am Oberschenkel und der Hüfte (VM, VL, GM) wies dann jedoch der Vergleichsschuh die höchsten mittleren Amplitudenwerte auf, das Emotion- Modell jedoch weiterhin die niedrigsten Werte. Einzig für den TA ergab sich eine abweichende Reihenfolge der mittleren Amplitudenwerte, da hier für das Motion- Modell die niedrigsten Werte auftraten, gefolgt vom Emotion- Modell. Für den TA wies der Vergleichsschuh die höchsten mittleren Amplitudenwerte auf. Wie zu erwarten erhöhten sich für alle untersuchten Muskeln die mittleren Amplitudenniveaus mit steigender Gehgeschwindigkeit, das Ausmaß der Niveauerhöhung war jedoch unabhängig vom Schuhmodell sehr unterschiedlich und schwankte zwischen 10-15% für den GM und 200-250% für den VM. Diese unterschiedlichen Amplitudenanstiege bewirkten für die ebenfalls berechnete CMAPD, also den Aufwand pro zurückgelegte Strecke, energetische Optima, die zwischen 3 (MG) und 6 km/h (GM) identifiziert wurden.

Bei der Analyse der Amplitudenverlaufskurven konnte ein Einfluss des Schuhmodells vor allem in der initialen und mittleren Standphase und hier vor allem am Unterschenkel identifiziert werden. Die zu beobachtenden systematischen Differenzen folgten weitgehend den bereits für die mittleren Amplitudenwerte identifizierten Tendenzen, wobei systematische Unterschiede aufgrund der extrem hohen Anforderungen an die Signifikanzniveaus oft nicht identifizierbar waren. Am häufigsten konnte für das Motion- Modell im Vergleich zum Vergleichsschuh eine Amplitudenerhöhung nachgewiesen werden (FL, LG, MG, VM). Allerdings gab es auch den gegenteiligen Effekt zu beobachten, wo sogar beide Joya- Modelle verringerte Amplitudenwerte gegenüber dem Vergleichsschuh aufwiesen (TA, VL, BF, GM, MF).

Für die Kokontraktionsindizes der gebildeten Antagonistenpaare ließen sich lediglich am Unterschenkel systematische Unterschiede nachweisen. Hier ergab die Analyse eine grundsätzlich in der mittleren Standphase verringerte Kokontraktionsaktivität des Emotion-Modells gegenüber dem Vergleichsschuh, während das Motion- Modell, ebenfalls gegenüber

dem Vergleichsschuh, aber auch gegenüber dem Emotion- Modell in der initialen Standphase immer deutlich höhere Werte aufwies.

An diesem Ergebnis lässt sich die unterschiedliche Wirkungsweise der beiden Schuhmodelle am besten verallgemeinern: gegenüber dem Vergleichsschuh bewirkt das Emotion- Modell praktisch während der gesamten mittleren Standphase eine systematische und deutliche Verringerung des muskulären Stabilisierungsaufwandes, während das Emotion- Modell insbesondere während der initialen Standphase den Unterschenkelmuskeln einen erhöhten Stabilisierungsaufwand abfordert.

Weiter proximal ließen sich diese Effekte nur noch abgeschwächt nachweisen.

Jena, den 08.01.2018

## **Danksagung**

Unser Dank gilt an dieser Stelle insbesondere der Firma Joya International AG, namentlich den Herren Dittert und Müller, die diese Studie beauftragt haben.

Ebenso möchten wir an dieser Stelle der Stabsstelle Unternehmenskommunikation des Universitätsklinikums Jena für die Unterstützung bei der Rekrutierung der Probanden danken.

Last but not least geht unser Dank an alle Probanden, die sich freiwillig zur Teilnahme an dieser Studie zu Verfügung gestellt haben.

Namentlich waren am Projekt beteiligt:

MTF Elke Mey, cand. med. Lisa Kulschewski, Prof. Dr. Christoph Anders

Die Messungen erfolgten im Zeitraum vom 25.09. – 13.10. 2017 in den Laborräumen des FB Motorik Pathophysiologie und Biomechanik der Klinik für Klinik für Unfall- Hand und Wiederherstellungschirurgie, Bachstraße 18, 07743 Jena

## Forschungszweck

Mit Hilfe der vorliegenden Untersuchung sollte der Effekt von unterschiedlichen Sohlenkonfigurationen auf die elektromyographische Aktivität ausgewählter Muskeln der Beine, der Hüfte und des Rumpfes untersucht werden. Es sollte im Speziellen untersucht werden, ob die durch die Rückmeldung der Träger bekannten und vom Hersteller beabsichtigten aktivierenden Effekte der "Soft-Roll" (syn. "Motion") Sohle sowie die im Sinne einer Schonung erwarteten Effekte der "Soft-Style" (syn. "Emotion") Sohle im Vergleich zu Referenzmodellen ohne diese spezifischen Sohleneigenschaften und auch zum Barfußgehen nachweisbar sind. Dies wurde während standardisierter und abgestufter Ganguntersuchungen in den Untersuchungsräumen des FB Motorik der Klinik für Unfallchirurgie an insgesamt 47 Personen (25 Frauen, 22 Männer) mittels Oberflächen-EMG (OEMG) untersucht.

## Methodik

Die Untersuchung wurde an 47 rückengesunden Probanden vorgenommen. Für die Untersuchung lag ein positives Votum der Ethikkommission des Universitätsklinikums Jena vor (5251-08/17).

**Tabelle 1** Ausgewählte anthropometrische Kenndaten der untersuchten Population, Werte als  $M \pm SD$ .

	<b>Alter [J]</b>	<b>Größe [cm]</b>	<b>Gewicht [kg]</b>	<b>BMI [kg/m<sup>2</sup>]</b>
<b>alle</b>	50,26 ± 8,11	172,72 ± 8,47	75,38 ± 11,62	25,20 ± 3,05
<b>Frauen (n=25)</b>	50,20 ± 6,45	166,60 ± 4,97	69,07 ± 9,70	24,85 ± 3,07
<b>Männer (n=22)</b>	50,32 ± 9,83	179,68 ± 5,80	82,54 ± 9,35	25,60 ± 3,05
<b>Statistik w vs. m</b>	n.s.	p<0,001	p<0,001	n.s.

Die Messung der muskulären Aktivität erfolgte mittels Oberflächen-Elektromyographie (OEMG). Die Positionierung der OEMG-Elektroden (Ag-AgCl Elektroden: H93SG, Arbo<sup>®</sup>, Dtl.) richtete sich nach den gängigen internationalen Standards (SENIAM, [www.seniam.org](http://www.seniam.org)). Die Markierung der Ableitorte erfolgte immer durch denselben erfahrenen Untersucher (CA), um untersucherbedingte Variationen zu eliminieren. Um optimale Ableitbedingungen für die OEMG-Signale sicherzustellen wurden die markierten Bereiche daraufhin ggf. rasiert, sowie mittels Abrasionspaste vorbereitet. Die Signale wurden mit der gebräuchlichen bipolaren Verschaltungstechnik abgeleitet (Verstärker: Biovision, Dtl., verwendetes Messsystem: ToM, DeMeTec, Dtl., Software; GJB, Dtl.)

Die Auswahl der untersuchten Muskeln erfolgte, entsprechend der Fragestellung, hinsichtlich ihrer lokomotorischen Funktion, sowie ihrer Funktion für die Rumpfstabilität. Die Ableitung erfolgte symmetrisch auf beiden Körperseiten. Es wurden folgende Rumpf- und Beinmuskeln untersucht:

1. M. tibialis anterior (TA)
2. M. fibularis longus (FL)
3. M. gastrocnemius, lateraler Kopf (LG)
4. M. gastrocnemius, medialer Kopf (MG)
5. M. vastus medialis (VM)
6. M. vastus lateralis (VL)
7. M. biceps femoris (BF)
8. M. gluteus medius (GM)
9. M. multifidus lumbalis (MF)
10. M. erector spinae (longissimus) (LO)
11. M. obliquus internus abdominis (OI)
12. M. obliquus externus abdominis (OE)

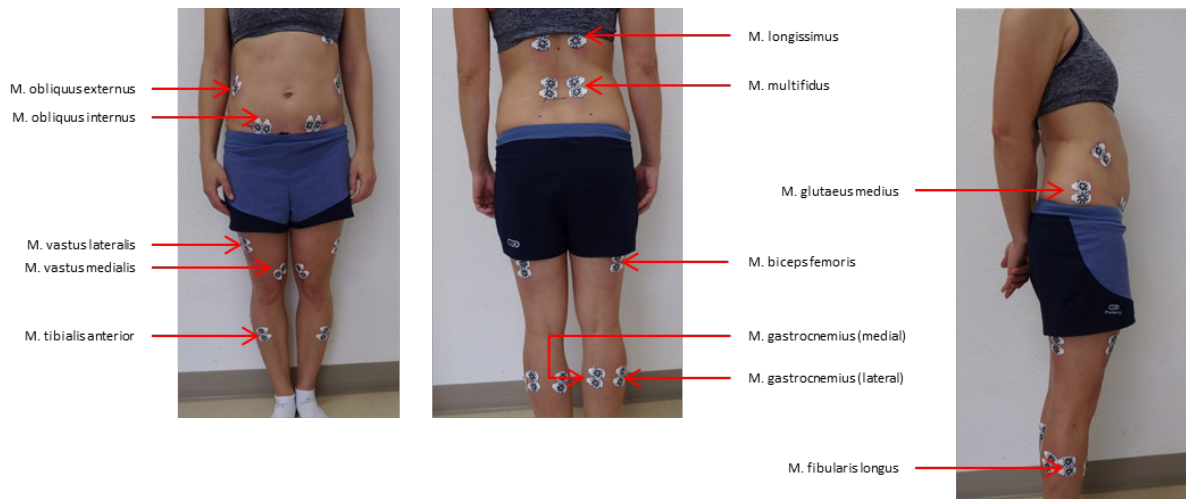
Im Folgenden werden im Text nur noch die hier angegebenen Abkürzungen (ggf. mit Seitenangabe) verwendet.

Des Weiteren wurden Elektroden entlang der Herzachse positioniert, um über die Registrierung der Herzaktivität die Elimination der QRS-Komplexe zu ermöglichen, die bei der Datenauswertung eine Störung in den OEMG-Signalen darstellen.

Zur Detektion der einzelnen Schritte wurden Drucksensoren im Fersenbereich der Schuhe befestigt.

Nach Befestigung aller Verstärker mit den Elektroden wurden die Elektroden, Kabel und Verstärker mittels Pflaster sowie elastischen Netzbandagen gegen Bewegungsartefakte gesichert. Der sichere Sitz aller Elektroden wurde permanent über die gesamte Untersuchung hinweg überwacht und ggf. korrigiert.

Zu Beginn der Untersuchung wurde für die verwendeten Schuhe getrennt die individuelle Schuhgröße ermittelt.



**Abbildung 1:** Oben: Vorder-, Rück- und Seitenansicht eines Probanden mit den standardisierten Positionen der OEMG-Elektroden; Unten Links und Mitte: Proband mit angelegten und gesicherten Verstärkern, Unten Rechts: Situation beim barfuß Gehen.

### **Verwendete Schuhe**

Als Vergleichsschuh wurde ein Straßenschuh mit Leder als Obermaterial, einer TR (TPR)-Laufsohle sowie einer geringen Absatzhöhe von 2,6 cm verwendet (Damenmodell: Dandy Schnürer, 5th Avenue, Deichmann Artikel-Nr. 1143510; Herrenmodell: Schnürer, AM Shoe, Deichmann Artikel-Nr. 1314572, Abbildung 2). Die Auswahl der Vergleichsschuhe erfolgte in Hinblick auf eine über beide Geschlechter vergleichbare Grundkonstruktion mit einer Laufsohle aus thermoplastischem Gummi, also einem Material, welches eine hohe Flexibilität bei gleichzeitig dämpfenden Eigenschaften aufweist. Bewusst wurden keine harten Metall- oder Lederabsätze verwendet.

Die Joya-Modelle waren für die Emotion- Variante die Modelle "Tina" (Damen) und "Toni" (Herren), für die Motion- Variante die Herren- und Damenmodelle "ID Casual".



**Abbildung 2:** Verwendete Schuhe: obere Reihe Männermodelle, untere Reihe Damenmodelle, Von links nach rechts: Vergleichsschuh, Emotion, Motion

### **Ganguntersuchung**

Die Ganguntersuchung selbst fand auf einem Laufband statt (Quasar.med., HP Cosmos, Dtl.). Den Probanden wurde zu Beginn eine Gewöhnungsphase eingeräumt, um sich an das Laufen auf dem Laufband zu gewöhnen damit während der Messungen ein möglichst natürliches Gangbild zu verzeichnen war. Erst nach erfolgreicher Gewöhnung wurde mit der Instrumentierung und nachfolgend mit der Messung begonnen, bei der der Proband jeweils mindestens 30 Schritte in den 5 untersuchten Gehgeschwindigkeiten (2, 3, 4, 5, und 6 km/h) absolvieren musste. Diese Gehgeschwindigkeiten wurden für alle Untersuchungssituationen absolviert: barfuß, Vergleichsschuh, Emotion (Soft-Style), "Motion normal", "Motion Ferse" (beides Soft-Roll), wobei die Reihenfolge der Joya-Modelle nach absolviertem barfuß- Gehen und den Vergleichsschuhen randomisiert wurde. Es wurde darauf geachtet, dass die Abfolge der Joya-Modelle über die Gruppe balanciert war. "Motion normal" kennzeichnet dabei den durch die Schuhe natürlicherweise provozierten Gang, während "Motion Ferse" so durchgeführt wurde, dass die Probanden bewusst mit dem Fersenbereich der Schuhe auftraten. Diese Variation wurde gewählt um verschiedene Gehgewohnheiten zu berücksichtigen.

In der Durchführung der Untersuchung stellte sich jedoch heraus, dass insbesondere für langsame Gehgeschwindigkeiten die Variante "Motion Ferse" vor allem von den untersuchten Frauen nur sehr schwierig umzusetzen war. Dies berücksichtigend wurde für die statistische Analyse diese Gehvariante als unphysiologisch und demnach als nicht repräsentativ eingestuft und somit von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

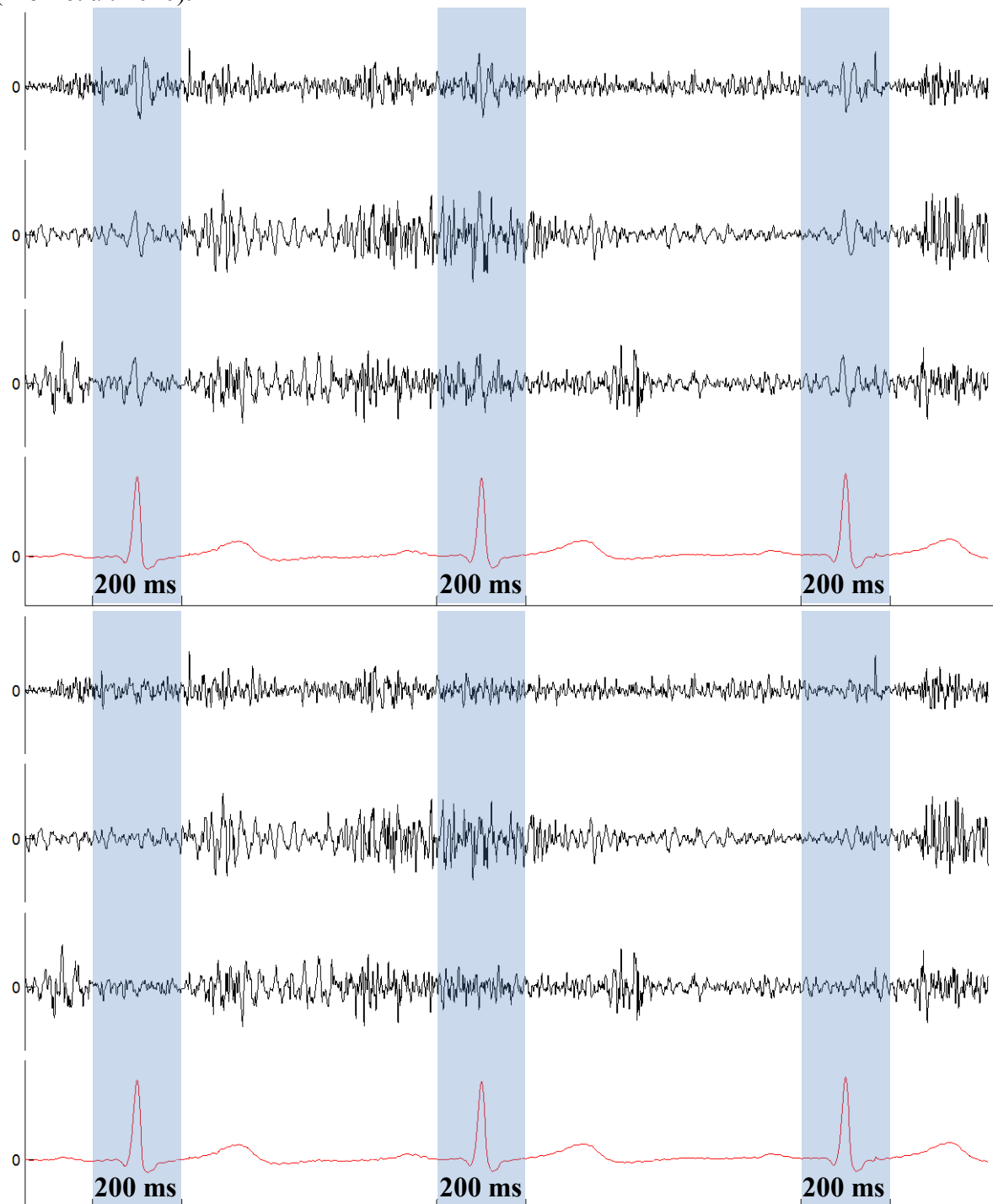
Vor Beginn jeder Gehserie wurden jeweils Ruhemessungen durchgeführt, während derer die Probanden in aufrechter Körperhaltung entspannt für ca. 20 s ruhig standen.

### **Datenverarbeitung**

Die generelle Bearbeitung der gemessenen Signale erfolgte für alle gemessenen Situationen in derselben Art und Weise: Nach der Elimination von Gleichspannungsanteilen wurden die Signale mit 20 Hz hochpass- (Elimination von möglichen Bewegungsartefakten), bzw. 300 Hz (Grenze des sinnvoll auswertbaren Frequenzbereiches des OEMG-Signals) tiefpassgefiltert. Um eventuell einstreue Störungen aus dem Stromnetz zu eliminieren wurden außerdem 50 Hz und ungerade Vielfache davon entfernt. Die Elimination der EKG-Artefakte erfolgte über einen zweiphasigen Algorithmus, bei dem zunächst alle in einer Messung vorhandenen EKG-Ereignisse markiert wurden. Danach erfolgte für jeden



Messkanal einzeln an diesen markierten Stellen eine Mittelung der Signale in einem Bereich von  $\pm 0,1$  s. Die somit ermittelten Templates (dt.: Schablone) wurden dann im letzten Bearbeitungsschritt an genau denselben Stellen vom Originalsignal abgezogen. Mit dieser Methodik gelang es, die EKG- bedingten Einstreuungen praktisch komplett zu eliminieren (Mörl et al. 2010).



**Abbildung 3:** Veranschaulichung der Elimination des überlagerten EKG-Signals. Die schwarzen Linien zeigen die mit dem OEMG aufgezeichnete Muskelaktivität dreier verschiedener Muskeln und das EKG (rot). In der oberen Abbildung wird die Muskelaktivität durch das EKG deutlich sichtbar überlagert. Die untere Abbildung zeigt die gleiche Situation wie oben, allerdings nach der EKG-Korrektur durch das 200 ms lange Template. Durch die Elimination der EKG-Überlagerung wird die Qualität des ursprünglichen OEMG-Signals wesentlich verbessert und eine davon unbeeinflusste Analyse ermöglicht.

Die weitere Datenverarbeitung unterschied sich zwischen der Analyse der statischen und der dynamischen Daten.

### **Statische Daten:**

Während der Ruhesituationen wurde mit einem Abstand von 0,1 s zu den jeweils markierten EKG- Ereignissen für 0,4 s die mittlere OEMG-Aktivität als rms (Standardverfahren, engl.: root mean square, Wurzel aus den Mittelwerten der quadrierten Werte) ermittelt und als Mittelwert für die gesamte Situation berechnet. Zusätzlich wurden Kokontraktionsindizes anhand folgender Formel berechnet (Rudolph et al. 2000):

$$KKI_{(M1/M2)} [\mu V] = \text{Min}_{(M1;M2)} [\mu V] / \text{Max}_{(M1;M2)} [\mu V] * \text{Summe}_{(M1;M2)} [\mu V]$$

### **Dynamische Daten:**

Zunächst wurden aus den Signalen der Drucksensoren die Fersenaufsatzzeiten ermittelt. Deren medianer Abstand wurde berechnet und im Weiteren lediglich vollständige Schritte verwendet, die maximal 10 % von diesem Wert abwichen. Alle somit berücksichtigten Schritte wurden auf 100 % zeitnormiert und für die Berechnung der Amplitudenverlaufskurven bereitgestellt. Im letzten Schritt der Bearbeitung wurden dann die Amplitudenverlaufskurven aller möglichen Schrittzyklen dargestellt und unter visueller Kontrolle auffällige weil abweichende Zyklen entfernt (Abweichung von mehr als  $\pm 2SD$ ). Die verbleibenden Zyklen gingen schlussendlich in die Berechnung der mittleren Amplitudenverlaufskurven jedes einzelnen OEMG-Kanals für jede einzelne Situation und Person ein (in der Summe 28.200 Einzelkurven, die in die Analyse gingen). Die Zeitverlaufskurven wurden mit einer Genauigkeit von 0,5 % (201 Einzelwerte) berechnet. Diese Werte gingen als **zeitabhängige Parameter** in die Analyse ein, wobei zum einen die Amplitudenverlaufskurven selber, zum anderen die reinen muskulären Koordinationsmuster (Werte werden auf das vorkommende Maximum normiert – damit können auch Situationen mit unterschiedlichen Amplitudenniveaus direkt miteinander verglichen werden) betrachtet wurden. Weiterhin wurde die Kumulative muskuläre Amplitude pro Strecke (engl. cumulative muscular amplitude per distance, CMAPD, (Carrier et al. 2011)) als Maß für den energetischen Aufwand zur Bewältigung einer bestimmten Wegstrecke berechnet. Für die CMAPD eines Muskels lautet die Formel:

$$CMAPD_M [\mu V*s/m] = MW_{(x1-201)} [\mu V] / v [m/s]$$

Dabei sind v die jeweilige Gehgeschwindigkeit in m/s und y die Zeitdauer in s, die für diese Geschwindigkeit benötigt wird, um 1 m zurück zu legen. Der Amplitudenmittelwert wird jeweils über die 201 Werte des normierten Schrittzklus berechnet.

Die Daten wurden in entsprechend ausgelegten Tabellen gesammelt und nachfolgend die statistischen Analysen durchgeführt. Als Signifikanzschwelle für den Nachweis eines systematischen Einflusses wurde generell ein Irrtumswahrscheinlichkeitsniveau von  $p < 0,05$  festgelegt, ggf. wurde bei Mehrfachtests die entsprechende Signifikanzkorrektur vorgenommen (Bonferroni bzw. Bonferroni-Holm (Hemmelmann et al. 2005)), um exakte Ergebnisse zu bestimmen.

### **Die statistischen Fragestellungen waren folgende:**

Hat das Schuhmodell einen Einfluss auf die Muskelaktivität im Stehen?

Die Untersuchung der Fragestellung erfolgte mit einer Varianzanalyse für Messwiederholungen (ANOVA).

Gibt es einen Einfluss der Körperseite bzw. Geschlechtsunterschiede für die Muskelaktivität im Stehen?

Die Untersuchung der Fragestellung erfolgte mit dem T-Test für abhängige (Seiteneinfluss) bzw. für unabhängige (Geschlechtseinfluss) Stichproben.

Lassen sich für die Einflussfaktoren "Schuh", "Geschlecht", "Körperseite" und "Geschwindigkeit" generelle Effekte bzw. gegenseitige Interaktionen auf die Muskelaktivität beim Gehen nachweisen?

Die Untersuchung der Fragestellung erfolgte mit einer Varianzanalyse für Messwiederholungen (ANOVA) separat für alle untersuchten Muskeln und die definierten Muskelpaare.

Hat das Schuhmodell einen Einfluss auf die zeitunabhängigen Parameter beim Gehen?

Die Untersuchung dieser Fragestellung erfolgte mit dem T-Test für gepaarte Stichproben. Die Berechnungen erfolgten einzeln für beide Geschlechter sowie beide Geschlechter gemeinsam – je nach Ergebnis in der ANOVA.

Hat das Schuhmodell einen Einfluss auf die zeitabhängigen Parameter?

Die Untersuchung dieser Fragestellung erfolgte mit dem T-Test für gepaarte Stichproben separat für jede Gehgeschwindigkeit und jeden Muskel. Die Berechnungen erfolgten je nach Ergebnissituation in der ANOVA entweder für beide Geschlechter gemeinsam oder einzeln für Frauen und Männer getrennt.

Für die zeitabhängigen Daten wurden die Ergebnisse der Tests für jeden der 201 Einzelwerte der Bonferroni-Holm Korrektur unterzogen.

## Ergebnisse

### Schuhgrößen und -Gewichte

Die Vergleichsschuhe hatten eine Größenabstufung von 1, während die Joya-Schuhe hier eine engere Abstufung mit 2/3 der ganzen Werte aufwiesen.

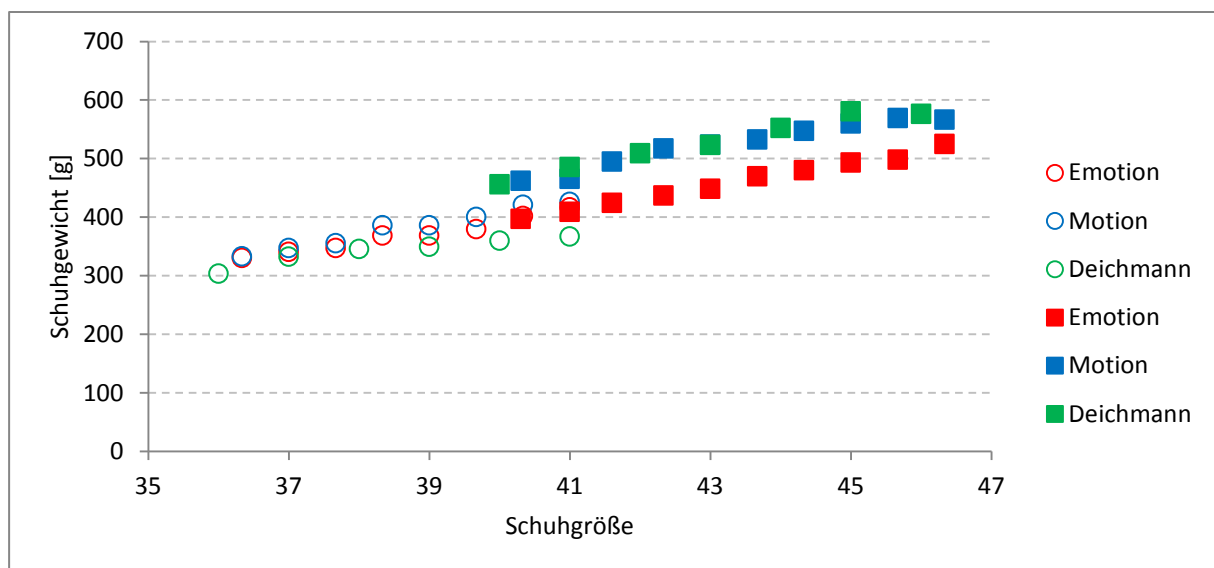
Dennoch wichen die mittleren Schuhgrößen zwischen den Modellen nicht systematisch voneinander ab, wohl aber die Größen zwischen den Geschlechtern.

**Tabelle 2:** Größenvergleich der verwendeten Schuhe

	Vergleichsschuh	Emotion	Motion
<b>Frauen (n=25)</b>	38,72 ± 1,24	38,81 ± 1,19	38,81 ± 1,19
<b>Männer (n=22)</b>	42,68 ± 1,25	43,06 ± 1,30	43,09 ± 1,29
<b>Statistik w vs. m</b>	p 0,001	p<0,001	p<0,001

Für die Schuhgewichte ließ sich folgendes feststellen: Für die Damenmodelle wies der Vergleichsschuh systematisch ein geringeres Gewicht auf als die beiden Joya-Modelle, die praktisch gleich schwer waren (siehe Abbildung 3). Die relative Abweichung betrug dabei weniger als 10%.

Bei den Herrenmodellen wichen allerdings die Schuhgewichte der beiden Joya-Modelle voneinander ab, wobei der "Emotion"- Schuh das niedrigere Gewicht aufwies, während das "Motion"- Modell und der Vergleichsschuh praktisch dieselben Gewichte aufwiesen. Hierbei erreichten die relativen Differenzen Werte von bis zu 15%.



**Abbildung 4:** Schuhgewichte aller verwendeten Testschuhe. Offene Kreise: Damenmodelle; gefüllte Quadrate: Herrenmodelle.

### Statik:

Um den Einfluss der Sohlenkonfiguration auf die muskuläre Aktivität während des Stehens untersuchen zu können, wurde zu Beginn jeder Untersuchung und somit auch für jede Sohlenkonfiguration eine Ruhemessung mit der Dauer von 20 s durchgeführt. Die Analyse der Daten erfolgte sowohl einzeln für die Frauen und Männer als auch für die Gesamtheit beider Probandengruppen. Die Analyse wurde getrennt für alle Muskeln mit einer ANOVA für Messwiederholungen durchgeführt, wobei hierfür die barfuß-Situation, sowie die zweite Gehvariante der Motion-Schuhe nicht mit einbezogen wurde. Zunächst wurde der Einfluss der Körperseite getestet der unter Berücksichtigung der Effektstärken für alle Muskeln nicht

systematisch war. Deswegen werden in der Folge hier lediglich die Daten der linken Körperhälfte als repräsentative Ergebnisse dargestellt. Die Ergebnisse der ANOVA sind in Tabelle 3 dargestellt.

**Tabelle 3.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der Schuhmodelle, der Körperseite und des Geschlechts auf die mittleren Amplitudenwerte, bzw. für die ermittelten Kokontraktionswerte. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partielles Eta<sup>2</sup>,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert.

Muskel	Schuh		Seite		Geschlecht	
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$
TA	0,079	0,109	0,314	0,022	0,137	0,048
FL	0,012	0,184	0,867	0,001	0,718	0,003
LG	0,001	0,369	0,727	0,003	0,493	0,011
MG	0,004	0,226	0,04	0,091	0,460	0,012
VM	0,517	0,03	0,630	0,005	0,019	0,117
VL	0,244	0,062	0,530	0,009	0,004	0,171
BF	0,583	0,024	0,587	0,007	0,017	0,121
GM	0,016	0,171	0,043	0,088	0,017	0,121
MF	0,070	0,114	0,369	0,018	0,001	0,211
LO	0,002	0,249	0,039	0,092	0,056	0,079
OI	0,087	0,105	0,915	0,000	0,029	0,102
OE	0,415	0,039	0,320	0,022	0,088	0,063
TA/MG	0,004	0,220	0,723	0,003	0,714	0,003
TA/LG	0,004	0,218	0,267	0,027	0,749	0,002
TA/FL	0,004	0,220	0,899	0,000	0,412	0,015
VM/BF	0,288	0,055	0,969	0,000	0,030	0,100
OI/OE	0,148	0,083	0,855	0,001	0,032	0,098
OI/MF	0,299	0,053	0,353	0,019	0,001	0,236
OI/LO	0,169	0,078	0,488	0,011	0,011	0,135

Im Ergebnis der Analyse ist festzustellen, dass generelle systematische Einflüsse der Sohlenkonfiguration für die Muskeln des Unterschenkels, der Hüfte und am Rücken nachweisbar sind. Geschlechtsspezifische Werte sind hingegen für die Muskeln der Oberschenkel, der Hüfte, des Rückens und für die Bauchmuskulatur zu erwarten. Insofern sind die zu beobachtenden Einflüsse verallgemeinernd auch als regional spezifisch (Unterschenkel: Schuhe, kranial des Knies: Geschlecht) zu beurteilen. Lediglich für den untersuchten Hüftmuskel (GM) ergibt sich eine Interaktion beider Einflussgrößen.

Die ebenfalls hier gleich mit analysierten Antagonistenpaare für die Beurteilung der jeweiligen Kokontraktionssituation bestätigen diese Einschätzung.

In der Folge werden die Statik-Daten für beide Geschlechter getrennt, jedoch, wie bereits erwähnt nur für die linke Seite dargestellt.

**Tabelle 4:** Mittlere Amplitudenwerte (RMS in  $\mu\text{V}$ ) aller untersuchter Muskeln und Kokontraktionsindizes für die untersuchten Schuhe (V: Vergleichsschuh, E: Emotion, M: Motion) der linken Seite während ruhigen aufrechten Stehens, getrennt für beide Geschlechter. Signifikante Differenzen zwischen den Schuhen sind mit Sternchen gekennzeichnet, bei systematischen Geschlechtsdifferenzen erscheinen die Zahlenwerte fett gedruckt.

Muskel	sex	V	E	M	V vs. E	V vs. M	E vs. M
TA	w	4,9 ± 8,8	5,0 ± 5,9	5,7 ± 5,3			
	m	8,0 ± 12,6	7,9 ± 11,4	13,3 ± 28,7			
FL	w	11,5 ± 5,9	11,4 ± 6,2	11,8 ± 5,4			
	m	9,6 ± 7,8	10,2 ± 6,9	11,7 ± 6,8			
LG	w	5,5 ± 3,6	6,5 ± 5,7	6,9 ± 6,7			
	m	4,7 ± 4,0	5,0 ± 2,4	7,9 ± 6,2	*		*
MG	w	11,6 ± 7,3	13,2 ± 10,9	15,4 ± 12,5			
	m	13,7 ± 10,8	15,0 ± 10,1	19 ± 11,9	*		
VM	w	2,9 ± 4,1	3,5 ± 4,7	3,9 ± 3,8			
	m	10,4 ± 22,7	9,0 ± 16,8	11,1 ± 19,7			
VL	w	5,1 ± 7,4	5,9 ± 8,7	8,3 ± 10,5			
	m	18,7 ± 32,2	14,6 ± 20,1	18,7 ± 23,9			
BF	w	6,2 ± 7,5	3,3 ± 4,3	5,6 ± 7,7	*		*
	m	12,0 ± 17,4	13,6 ± 16,0	13,7 ± 16,4			
GM	w	3,4 ± 2,1	3,1 ± 1,9	3,4 ± 1,8			
	m	4,4 ± 3,5	4,6 ± 3,8	5,5 ± 3,8			
MF	w	4,3 ± 2,7	4,0 ± 2,9	3,6 ± 2,3			
	m	8,3 ± 6,0	7,5 ± 5,8	7,7 ± 5,4			
LO	w	4,6 ± 2,6	4,3 ± 2,4	4,2 ± 2,2			
	m	6,6 ± 5,0	6,4 ± 4,5	6,6 ± 5,9			
OI	w	8,0 ± 7,2	8,1 ± 8,9	6,4 ± 4,5			
	m	13,7 ± 11	14,1 ± 11,2	13,2 ± 10,2			*
OE	w	5,2 ± 3,0	4,4 ± 1,6	5,5 ± 4,6	*		
	m	3,6 ± 1,4	3,8 ± 1,4	3,6 ± 1,1			
TA/MG	w	4,1 ± 2,4	4,1 ± 2,5	7,1 ± 6,8			
	m	3,8 ± 3,3	6,8 ± 7,3	9,8 ± 15,1	*		
TA/LG	w	4,5 ± 2,5	4,1 ± 1,6	5,0 ± 2,0			
	m	4,0 ± 3,3	4,6 ± 2,5	5,3 ± 5,5			
TA/FL	w	4,1 ± 2,4	4,5 ± 3,5	6,6 ± 5,2	*		
	m	3,8 ± 2,9	6,3 ± 6,8	7,8 ± 10,5			
VM/BF	w	2,3 ± 2,7	2,1 ± 1,6	3,0 ± 2,7			
	m	4,7 ± 8,0	7,7 ± 20,7	4,3 ± 9,2			
OI/OE	w	8,2 ± 5,0	6,9 ± 2,7	7,4 ± 3,0			
	m	5,0 ± 2,1	5,2 ± 2,2	5,1 ± 2,1			
OI/MF	w	5,7 ± 3,4	5,1 ± 3,1	5,2 ± 3,6			
	m	10,5 ± 6,7	9,5 ± 6,2	10,2 ± 6,4			
OI/LO	w	5,8 ± 3,2	5,5 ± 3,5	6,2 ± 3,9			
	m	10,6 ± 9,2	9,2 ± 7,1	9,4 ± 8,9			

Im Stehen weisen die Einzeltests unerwartet wenige systematische Unterschiede zwischen den Schuhen, jedoch vergleichsweise häufige Geschlechtsdifferenzen auf. Für die nachweisbaren Unterschiede zum Vergleichsschuh konnte am Unterschenkel (LG, MG) eine Erhöhung der Muskelaktivität für die untersuchten Männer nachgewiesen werden. Unabhängig von den nachweisbaren signifikanten Differenzen ist jedoch zu beobachten, dass für den "Motion"-Schuh eine als generell zu bezeichnende Erhöhung der Aktivität aller Bein-

und Hüftmuskeln zu beobachten war, die am Rumpf hingegen mit einer eher nicht veränderten bis wenig verringerten Amplitudenwerten einherging. Dies war für beide Geschlechter in ähnlicher Intensität nachweisbar. Für den "Emotion"-Schuh war das beschriebene Verhalten so nicht nachweisbar und eher wechselnd, also wenig systematisch zu beobachten. Bei nachweisbaren Geschlechtsdifferenzen wiesen immer die Männer die höheren Amplitudenwerte auf. Dies war als generelle Tendenz auch unabhängig von signifikanten Differenzen zu beobachten.

### **Dynamik:**

### **ANOVA**

Zu Beginn der statistischen Auswertung während des Gehens wurde durch die Berechnung der ANOVA (Varianzanalyse) ein Überblick über die Gesamtstatistik erstellt. Damit kann überprüft werden, ob es einen generellen Einfluss des jeweils berücksichtigten Einflussfaktors gibt bzw. ob zwischen verschiedenen Einflussfaktoren Wechselwirkungen bestehen. Die in dieser initialen Analyse berücksichtigten Einflussfaktoren sind die Körperseite, die Sohlenkonfiguration, die Gehgeschwindigkeit und die Geschlechtszugehörigkeit (als Zwischensubjektfaktor) der Probanden. Die Berechnung wurde repräsentativ lediglich für die Amplitudenwerte vorgenommen, da für die CMAPD die gleichen statistischen Ergebnisse berechnet werden.

**Tabelle 5.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der Körperseite und des Geschlechts auf die mittleren Amplitudenwerte während des Gehens. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partielles Eta<sup>2</sup>,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert.

Muskel	Seite		Geschlecht	
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$
TA	0,968	0,000	0,614	0,006
FL	0,757	0,002	0,017	0,124
LG	0,963	0,000	0,701	0,003
MG	0,196	0,039	0,983	0,000
VM	0,253	0,030	0,052	0,085
VL	0,165	0,044	<0,001	0,373
BF	0,084	0,068	0,002	0,202
GM	0,115	0,057	0,184	0,041
MF	0,381	0,018	0,134	0,052
LO	0,025	0,112	0,726	0,003
OI	0,382	0,018	0,006	0,166
OE	0,130	0,052	0,247	0,031
TA/MG	0,048	0,088	0,051	0,086
TA/LG	0,050	0,086	0,003	0,190
TA/FL	0,586	0,007	0,539	0,009
VM/BF	0,091	0,065	0,019	0,121
OI/OE	0,756	0,002	0,258	0,030
OI/MF	0,599	0,006	0,000	0,276
OI/LO	0,670	0,004	0,002	0,196

Für die weiteren statistischen Berechnungen wurde im Ergebnis dieser Kalkulationen ebenso wie für die Situation im Stehen lediglich die Werte der linken Seite als repräsentative Werte verwendet, für die Muskeln VL, BF und OI sowie für die Antagonistenpaare TA/LG, OI/MF

und OI/LO erfolgte eine geschlechtsgetrennte Analyse, wohingegen die restlichen Muskeln und Antagonistenpaare ohne Berücksichtigung des Geschlechts analysiert wurden. In den beiden folgenden Tabellen werden zunächst die Amplitudenwerte, danach die CMAPD-Werte ausgegeben.



**Tabelle 6.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der drei Schuhmodelle (V, E, M) sowie der Gehgeschwindigkeit auf die *mittleren Amplitudenwerte* der untersuchten Muskeln sowie der analysierten Muskelpaare ohne geschlechtsabhängige Einflüsse. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partiell  $\eta^2$ ,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert. In der Spalte "Typ" ist die Art der Interaktion für signifikante Interaktionen angegeben.

Muskel	Schuh		speed		Schuh * speed		Typ
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	
TA	<0,001	0,636	<0,001	0,917	<0,001	0,598	ordinal
FL	<0,001	0,342	<0,001	0,909	0,462	0,172	
LG	<0,001	0,499	<0,001	0,872	0,047	0,319	ordinal
MG	<0,001	0,418	<0,001	0,695	0,204	0,235	
VM	<0,001	0,308	<0,001	0,838	0,022	0,356	ordinal
GM	<0,001	0,378	0,001	0,352	0,008	0,396	dysordinal
MF	0,017	0,170	<0,001	0,769	0,037	0,331	dysordinal
LO	0,030	0,148	<0,001	0,773	0,044	0,323	ordinal
OE	0,002	0,247	<0,001	0,723	0,385	0,188	
TA/MG	<0,001	0,591	<0,001	0,653	0,028	0,345	dysordinal
TA/FL	<0,001	0,399	<0,001	0,890	<0,001	0,622	dysordinal
VM/BF	<0,001	0,438	<0,001	0,807	0,122	0,267	
OI/OE	0,077	0,110	<0,001	0,713	0,096	0,281	

**Tabelle 7.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der Schuhmodelle sowie der Gehgeschwindigkeit auf die *mittleren Amplitudenwerte* der untersuchten Muskeln sowie der analysierten Muskelpaare unter Berücksichtigung der Geschlechter. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partiell  $\eta^2$ ,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert. In der Spalte "Bemerkungen" ist die Art der Interaktion für signifikante Interaktionen angegeben.

Muskel	Schuh		Schuh * sex		speed		speed * sex		Schuh * speed		sex		Bem.
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	
VL	<0,001	0,449	0,013	0,182	<0,001	0,901	0,015	0,254	0,002	0,458	<0,001	0,294	m > w
BF	<0,001	0,564	0,825	0,009	<0,001	0,795	0,174	0,141	<0,001	0,609	0,004	0,178	ordinal
OI	<0,001	0,305	0,685	0,017	<0,001	0,653	0,585	0,065	0,004	0,434	0,005	0,163	ordinal
TA/LG	<0,001	0,529	0,032	0,148	<0,001	0,871	0,192	0,135	0,055	0,318	0,019	0,119	m>w
OI/MF	<0,001	0,379	0,163	0,081	<0,001	0,759	0,090	0,174	0,003	0,441	<0,001	0,353	m>w
OI/LO	0,042	0,137	0,547	0,028	<0,001	0,758	0,471	0,081	0,007	0,413	0,015	0,127	m>w

**Tabelle 8.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der drei Schuhmodelle (V, E, M) sowie der Gehgeschwindigkeit auf die *CMAPD-Werte* der untersuchten Muskeln ohne geschlechtsabhängige Einflüsse. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partielles Eta<sup>2</sup>,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert. In der Spalte "Typ" ist die Art der Interaktion für signifikante Interaktionen angegeben.

Muskel	Schuh		speed		Schuh * speed		Typ
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	
TA	<0,001	0,516	<0,001	0,862	0,081	0,291	
FL	<0,001	0,320	<0,001	0,807	0,142	0,258	
LG	<0,001	0,409	<0,001	0,858	0,009	0,392	ordinal
MG	<0,001	0,367	<0,001	0,789	0,112	0,273	
VM	0,016	0,172	<0,001	0,752	0,276	0,214	
GM	<0,001	0,302	<0,001	0,851	0,313	0,204	
MF	0,159	0,080	<0,001	0,761	0,045	0,321	ordinal
LO	0,109	0,096	<0,001	0,671	0,156	0,252	
OE	0,003	0,228	<0,001	0,851	0,357	0,194	

**Tabelle 9.** Ergebnisse der ANOVA für den systematischen Einfluss der drei Schuhmodelle (V, E, M) sowie der Gehgeschwindigkeit auf die *CMAPD-Werte* der untersuchten Muskeln unter Berücksichtigung der Geschlechter. Dargestellt sind sowohl die p-Werte, als auch die Effektstärken (partielles Eta<sup>2</sup>,  $\eta^2_p$ ). Zellen mit p-Werten  $p < 0,05$  sind orange, Zellen mit  $\eta^2_p$ -Werten  $> 0,14$  sind grün markiert. In der Spalte "Bemerkungen" ist die Art der Interaktion für signifikante Interaktionen angegeben.

Muskel	Schuh		Schuh * sex		speed		speed * sex		Schuh * speed		sex		Bem.
	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	p	$\eta^2_p$	
VL	<0,001	0,365	0,034	0,146	<0,001	0,658	0,492	0,078	0,005	0,420	<0,001	0,248	m>w
BF	<0,001	0,426	0,989	0,000	<0,001	0,631	0,584	0,065	0,015	0,378	0,004	0,172	m>w
OI	0,003	0,241	0,549	0,028	<0,001	0,815	0,032	0,223	0,104	0,283	0,005	0,166	m>w

## **Mittlere Amplitudenwerte**

Um eine vollständige Analyse aller Werte bzw. zu berücksichtigenden Einflüsse zu gewährleisten werden die gemittelten (zeitunabhängigen) Ergebnisse sowohl für die mittleren Amplituden als auch für die CMAPD immer vollständig, also zunächst für alle untersuchten Probanden gemeinsam und dann ebenfalls getrennt nach Geschlechtern dargestellt. Die Darstellung und kurze Einschätzung der Werte erfolgt für jeden untersuchten Muskel einzeln. Die Darstellung der Werte erfolgt als farbkodierte Maps unter Angabe der jeweiligen Werte, um eine intuitive Darstellung zu ermöglichen. Da sowohl die mittleren Amplitudenwerte als auch die Werte der CMAPD eine starke Abhängigkeit von der Gehgeschwindigkeit aufweisen erfolgte zur besseren Veranschaulichung etwaiger Effekte durch die jeweilige Sohlenkonfiguration für jede Gehgeschwindigkeit getrennt die Berechnung der mittleren Ränge. Damit gelingt eine amplitudenunabhängige und statistisch unterlegte Beurteilung der jeweiligen Werte. Die zu berücksichtigenden kritischen Rangzahldifferenzen zur Erreichung statistisch signifikanter Unterschiede sind für  $p < 0,05$ : alle 0,48, w 0,66, m 0,71, sowie für  $p < 0,01$ : alle 0,60, w 0,82, m 0,88. Diese Werte gelten für alle Rangzahldarstellungen. "V" steht für den Vergleichsschuh, "E" steht für das Modell Emotion (Soft style) und "M" für Motion (Soft roll). Die Darstellung der mittleren Rangzahlen erfolgt der Vollständigkeit halber sowohl für die mittleren Amplituden als auch für die Werte der CMAPD, obwohl sie identisch sind.

Die Ergebnisse der einzelnen bilateralen Vergleichstests sind dem elektronischen Anhang zu entnehmen.

## TA

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	37,4	43,7	51,8	64,2	82,1	V	2,09	2,60	2,68	2,83	2,87
	E	38,4	40,2	46,5	57,6	74,2	E	2,11	1,87	1,85	1,87	1,85
	M	36,4	38,8	44,0	54,1	70,6	M	1,76	1,53	1,45	1,28	1,28
w	V	35,2	40,8	49,1	62,4	79,6	V	2,04	2,52	2,72	2,80	2,80
	E	37,3	38,4	44,9	56,5	73,1	E	2,12	1,88	1,88	1,88	2,00
	M	35,5	37,8	42,0	52,8	68,8	M	1,80	1,60	1,36	1,28	1,20
m	V	39,9	47,0	54,8	66,3	85,0	V	2,14	2,68	2,64	2,86	2,95
	E	39,6	42,1	48,2	58,8	75,5	E	2,09	1,86	1,82	1,86	1,68
	M	37,3	40,1	46,3	55,5	72,6	M	1,71	1,45	1,55	1,27	1,36

**Abbildung 5:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	67,4	52,5	46,6	46,2	49,3	V	2,09	2,60	2,68	2,83	2,87
	E	69,1	48,2	41,8	41,4	44,5	E	2,11	1,87	1,85	1,87	1,85
	M	65,5	46,6	39,6	38,9	42,3	M	1,76	1,53	1,45	1,28	1,28
w	V	63,4	49,0	44,2	44,9	47,8	V	2,04	2,52	2,72	2,80	2,80
	E	67,1	46,1	40,4	40,7	43,8	E	2,12	1,88	1,88	1,88	2,00
	M	64,0	45,3	37,8	38,0	41,3	M	1,80	1,60	1,36	1,28	1,20
m	V	71,8	56,4	49,3	47,7	51,0	V	2,14	2,68	2,64	2,86	2,95
	E	71,3	50,6	43,4	42,3	45,3	E	2,09	1,86	1,82	1,86	1,68
	M	67,2	48,1	41,7	39,9	43,6	M	1,71	1,45	1,55	1,27	1,36

**Abbildung 6:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Praktisch durchgehend für alle Gehgeschwindigkeiten und unabhängig vom Geschlecht lassen sich die niedrigsten mittleren Amplitudenwerte für das Modell Motion nachweisen, wobei die Rangzahldifferenzen bereits ab 2 km/h signifikante Differenzen zum Vergleichsschuh ausweisen. Das Emotion- Modell reiht sich zwischen beiden Modellen ein, weist aber ebenfalls ab 2 km/h signifikante Differenzen zum Vergleichsschuh auf.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. die doppelte Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Für die CMAPD kehrt sich diese Verhaltensweise um: hier sinkt der Wert mit zunehmender Gehgeschwindigkeit ab und weist ein Optimum bei 4 km/h /w) bzw. 5 km/h (m) auf, um dann zu 6 km/h wieder leicht anzusteigen, ohne jedoch die Werte von 2 km/ zu erreichen. Die Optimalwerte der CMAPD betragen ca. 2/3 des Maximalwerts bei 2 km/h. Die CMAPD- Unterschiede zwischen den Schuhmodellen entsprechen denen der mittleren Amplitudenwerte (gilt für alle weiteren Ergebnisdarstellungen).

## FL

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	34,4	35,4	39,0	46,4	57,1	V	1,66	1,89	1,98	1,94	1,96
	E	36,2	34,4	38,3	45,1	55,5	E	1,96	1,64	1,66	1,64	1,64
	M	39,6	38,0	41,4	48,4	59,4	M	2,35	2,47	2,34	2,40	2,40
w	V	28,7	28,9	32,9	39,7	49,6	V	1,72	1,76	1,96	1,96	1,92
	E	29,4	28,1	31,6	38,5	48,0	E	1,84	1,64	1,44	1,52	1,56
	M	33,1	32,4	36,0	42,4	52,3	M	2,40	2,60	2,56	2,48	2,52
m	V	40,8	42,8	45,9	54,1	65,7	V	1,59	2,05	2,00	1,91	2,00
	E	43,9	41,6	45,9	52,7	63,9	E	2,09	1,64	1,91	1,77	1,73
	M	47,5	44,3	47,5	55,3	67,6	M	2,29	2,32	2,09	2,32	2,27

**Abbildung 7:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	61,9	42,5	35,1	33,4	34,3	V	1,66	1,89	1,98	1,94	1,96
	E	65,1	41,3	34,5	32,5	33,3	E	1,96	1,64	1,66	1,64	1,64
	M	71,4	45,5	37,2	34,9	35,7	M	2,35	2,47	2,34	2,40	2,40
w	V	51,6	34,7	29,6	28,6	29,7	V	1,72	1,76	1,96	1,96	1,92
	E	52,8	33,7	28,5	27,7	28,8	E	1,84	1,64	1,44	1,52	1,56
	M	59,5	38,9	32,4	30,5	31,4	M	2,40	2,60	2,56	2,48	2,52
m	V	73,5	51,4	41,3	39,0	39,4	V	1,59	2,05	2,00	1,91	2,00
	E	79,1	50,0	41,3	38,0	38,4	E	2,09	1,64	1,91	1,77	1,73
	M	85,4	53,1	42,8	39,8	40,6	M	2,29	2,32	2,09	2,32	2,27

**Abbildung 8:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den FL werden immer die niedrigsten Werte für das Modell Emotion erreicht, gefolgt vom Vergleichsschuh, während das Modell Motion immer die höchsten Werte aufweist. Die genannten Werte unterscheiden sich dabei für Emotion und auch Motion nicht systematisch vom Vergleichsschuh, wohl aber Emotion von Motion. Diese Differenzen sind für die untersuchten Frauen sehr viel deutlicher ausgeprägt als für die Männer, bei denen die Systematik so nicht wirklich statistisch untersetzbar ist.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. 160% der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Erneut fällt die CMAPD mit zunehmender Gehgeschwindigkeit ab und weist für beide Geschlechter ihr Optimum 5 km/h auf. Der Optimalwert beträgt ca. 50% des Maximalwerts bei 2 km/h.

## LG

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	20,6	21,9	25,6	30,5	40,0	V	1,66	1,74	1,81	1,81	1,89
	E	21,3	21,5	24,9	30,0	38,9	E	1,79	1,64	1,68	1,72	1,47
	M	23,5	24,2	26,9	32,0	41,7	M	2,52	2,62	2,49	2,45	2,64
w	V	19,9	21,4	25,1	30,0	39,6	V	1,72	1,72	1,76	1,84	1,96
	E	20,0	20,8	23,8	29,4	38,4	E	1,64	1,72	1,48	1,60	1,44
	M	23,2	23,9	26,8	31,8	41,2	M	2,60	2,56	2,72	2,52	2,60
m	V	21,5	22,4	26,2	31,1	40,4	V	1,59	1,77	1,86	1,77	1,82
	E	22,8	22,3	26,1	30,7	39,5	E	1,95	1,55	1,91	1,86	1,50
	M	23,9	24,6	27,0	32,3	42,3	M	2,43	2,68	2,23	2,36	2,68

**Abbildung 9:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	37,2	26,2	23,0	22,0	24,0	V	1,66	1,74	1,81	1,81	1,89
	E	38,4	25,8	22,4	21,6	23,3	E	1,79	1,64	1,68	1,72	1,47
	M	42,3	29,1	24,2	23,1	25,0	M	2,52	2,62	2,49	2,45	2,64
w	V	35,9	25,7	22,6	21,6	23,8	V	1,72	1,72	1,76	1,84	1,96
	E	36,1	25,0	21,4	21,2	23,1	E	1,64	1,72	1,48	1,60	1,44
	M	41,8	28,7	24,1	22,9	24,7	M	2,60	2,56	2,72	2,52	2,60
m	V	38,6	26,8	23,5	22,4	24,3	V	1,59	1,77	1,86	1,77	1,82
	E	41,1	26,7	23,4	22,1	23,7	E	1,95	1,55	1,91	1,86	1,50
	M	43,0	29,6	24,3	23,3	25,4	M	2,43	2,68	2,23	2,36	2,68

**Abbildung 10:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Die Ergebnisse für den LG entsprechen weitgehend denen des FL: das Modell Emotion weist die niedrigsten mittleren Amplitudenwerte auf, gefolgt vom Vergleichsschuh, das Modell Motion weist durchgehend die höchsten Werte auf. Signifikante Unterschiede sind unabhängig vom Geschlecht zwischen Emotion und Motion, sowie zwischen Motion und Vergleichsschuh nachweisbar.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. das Doppelte der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Erneut fällt die CMAPD mit zunehmender Gehgeschwindigkeit ab und weist für beide Geschlechter ihr Optimum 5 km/h auf (ca. 2/3 des Maximalwerts).

## MG

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	38,1	42,1	44,6	48,7	57,4	V	2,00	2,09	2,15	1,98	1,94
	E	37,2	40,1	43,0	47,0	56,3	E	1,70	1,51	1,45	1,57	1,49
	M	40,3	44,4	47,0	51,4	61,9	M	2,26	2,40	2,38	2,43	2,57
w	V	36,6	41,1	43,6	48,6	57,1	V	2,04	2,04	2,16	2,04	1,84
	E	35,5	39,3	42,4	47,0	55,9	E	1,48	1,56	1,44	1,52	1,44
	M	41,1	44,8	47,1	52,3	62,7	M	2,44	2,40	2,36	2,40	2,72
m	V	39,8	43,3	45,8	48,8	57,6	V	1,95	2,14	2,14	1,91	2,05
	E	39,2	41,0	43,7	47,0	56,8	E	1,95	1,45	1,45	1,64	1,55
	M	39,5	44,0	46,9	50,4	61,1	M	2,05	2,41	2,41	2,45	2,41

**Abbildung 11:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	68,6	50,5	40,2	35,1	34,4	V	2,00	2,09	2,15	1,98	1,94
	E	67,0	48,1	38,7	33,8	33,8	E	1,70	1,51	1,45	1,57	1,49
	M	72,6	53,3	42,3	37,0	37,2	M	2,26	2,40	2,38	2,43	2,57
w	V	65,9	49,3	39,2	35,0	34,3	V	2,04	2,04	2,16	2,04	1,84
	E	63,9	47,2	38,1	33,8	33,5	E	1,48	1,56	1,44	1,52	1,44
	M	73,9	53,7	42,4	37,6	37,6	M	2,44	2,40	2,36	2,40	2,72
m	V	71,7	52,0	41,2	35,1	34,6	V	1,95	2,14	2,14	1,91	2,05
	E	70,6	49,1	39,3	33,9	34,1	E	1,95	1,45	1,45	1,64	1,55
	M	71,0	52,8	42,2	36,3	36,6	M	2,05	2,41	2,41	2,45	2,41

**Abbildung 12:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Die Ergebnisse für den MG entsprechen weitgehend denen des FL und LG, wobei die dort beobachtete Systematik hier noch konsistenter zutage tritt: das Modell Emotion weist immer die niedrigsten mittleren Amplitudenwerte auf, gefolgt vom Vergleichsschuh, das Modell Motion weist durchgehend die höchsten Werte auf. Signifikante Unterschiede sind unabhängig vom Geschlecht zwischen Emotion und Motion, sowie teilweise zwischen Motion und Vergleichsschuh nachweisbar.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. das 1,5 fache der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Erneut fällt die CMAPD mit zunehmender Gehgeschwindigkeit ab und weist für beide Geschlechter ihr Optimum 5 km/h auf (ca. 50% des Maximalwerts).

## VM

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	9,1	12,1	16,1	22,2	31,3	V	1,94	2,26	2,53	2,43	2,47
	E	9,5	10,5	14,7	21,0	28,3	E	2,00	1,68	1,66	1,60	1,62
	M	9,6	11,7	15,1	21,7	28,9	M	2,02	2,06	1,79	1,96	1,91
w	V	7,7	9,6	13,3	19,4	27,6	V	1,96	2,00	2,40	2,44	2,60
	E	7,8	9,1	12,3	18,1	25,0	E	1,92	1,76	1,64	1,52	1,68
	M	8,3	10,0	12,8	18,7	25,5	M	2,08	2,24	1,92	2,00	1,72
f	V	10,6	14,9	19,2	25,4	35,4	V	1,91	2,55	2,68	2,41	2,32
	E	11,4	12,1	17,5	24,3	32,0	E	2,09	1,59	1,68	1,68	1,55
	M	11,3	13,6	17,6	25,1	32,9	M	1,95	1,86	1,64	1,91	2,14

**Abbildung 13:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	16,3	14,5	14,5	16,0	18,8	V	1,94	2,26	2,53	2,43	2,47
	E	17,1	12,6	13,3	15,1	17,0	E	2,00	1,68	1,66	1,60	1,62
	M	17,3	14,0	13,6	15,6	17,4	M	2,02	2,06	1,79	1,96	1,91
w	V	13,8	11,5	12,0	13,9	16,6	V	1,96	2,00	2,40	2,44	2,60
	E	14,1	10,9	11,1	13,0	15,0	E	1,92	1,76	1,64	1,52	1,68
	M	14,9	12,0	11,5	13,4	15,3	M	2,08	2,24	1,92	2,00	1,72
f	V	19,2	17,9	17,3	18,3	21,2	V	1,91	2,55	2,68	2,41	2,32
	E	20,5	14,6	15,7	17,5	19,2	E	2,09	1,59	1,68	1,68	1,55
	M	20,3	16,3	15,9	18,1	19,7	M	1,95	1,86	1,64	1,91	2,14

**Abbildung 14:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den VM werden außer für 2 km/h immer die niedrigsten Werte für das Modell Emotion erreicht, gefolgt vom Modell Motion, während der Vergleichsschuh die höchsten Werte aufweist. Bei 2 km/h weisen die verschiedenen Schuhmodelle praktisch keinerlei systematische Unterschiede auf.

Die genannten Werte unterscheiden sich dabei für Emotion und Motion nicht systematisch voneinander, beide weisen jedoch systematische Unterschiede zum Vergleichsschuh auf. Die Ausprägung dieser Differenzen schwankt zwischen den Geschlechtern.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. das 3 bis 3,5 fache der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Für den VM weist auch die CMAPD die höchsten Werte bei 6 km/h auf, wobei ein Geschwindigkeitsoptimum bei 3-4 km/h zu verzeichnen ist, welches aber immer noch ca. 70-80% des Maximalwerts beträgt.



## VL

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	10,1	13,2	17,2	21,7	28,5	V	2,06	2,40	2,68	2,45	2,60
	E	10,1	11,2	15,1	20,5	26,4	E	1,79	1,64	1,60	1,96	1,62
	M	10,1	11,7	15,6	20,3	26,6	M	2,11	1,96	1,70	1,57	1,79
w	V	8,0	9,9	12,7	16,8	22,2	V	2,04	2,28	2,56	2,24	2,48
	E	7,9	9,0	11,6	16,2	20,8	E	1,68	1,72	1,60	2,12	1,72
	M	7,9	9,4	12,1	15,8	20,9	M	2,24	2,00	1,80	1,60	1,80
f	V	12,5	17,0	22,4	27,2	35,6	V	2,09	2,55	2,82	2,68	2,73
	E	12,5	13,6	19,0	25,4	32,8	E	1,91	1,55	1,59	1,77	1,50
	M	12,6	14,3	19,6	25,4	33,0	M	1,95	1,91	1,59	1,55	1,77

**Abbildung 15:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	18,3	15,8	15,5	15,6	17,1	V	2,06	2,40	2,68	2,45	2,60
	E	18,1	13,4	13,6	14,8	15,9	E	1,79	1,64	1,60	1,96	1,62
	M	18,1	14,0	14,1	14,6	15,9	M	2,11	1,96	1,70	1,57	1,79
w	V	14,5	11,8	11,4	12,1	13,3	V	2,04	2,28	2,56	2,24	2,48
	E	14,3	10,8	10,4	11,7	12,5	E	1,68	1,72	1,60	2,12	1,72
	M	14,3	11,2	10,9	11,4	12,5	M	2,24	2,00	1,80	1,60	1,80
f	V	22,6	20,4	20,1	19,6	21,4	V	2,09	2,55	2,82	2,68	2,73
	E	22,4	16,4	17,1	18,3	19,7	E	1,91	1,55	1,59	1,77	1,50
	M	22,7	17,2	17,7	18,3	19,8	M	1,95	1,91	1,59	1,55	1,77

**Abbildung 16:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den VL werden unabhängig vom Geschlecht außer für 2 km/h immer die höchsten Werte für das Vergleichsmodell erreicht, wechselnd gefolgt von Emotion und Motion, deren Werte sich jedoch nur marginal und demnach nicht systematisch voneinander unterscheiden. Der Unterschied beider Modelle zum Vergleichsschuh ist praktisch durchgehend als systematisch nachweisbar, jedoch durch eine deutlich stärkere Ausprägung für die Männer gekennzeichnet, deren mittlere Rangzahlen noch höhere Werte für den Vergleichsschuh aufweisen als für die Frauen.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. das 3 fache der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Für den VL weist auch die CMAPD die höchsten Werte erneut bei 2 km/h auf, wobei ein Geschwindigkeitsoptimum bei 3-4 km/h zu verzeichnen ist, welches für den Vergleichsschuh aber immer noch ca. 80-85 % des Maximalwerts beträgt, während es für Emotion noch stärker als für Motion auf ca. 70-75 % abfällt. Obgleich die Amplitudenniveaus zwischen den Geschlechtern deutlich variieren sind die Schuh-abhängigen Geschwindigkeitseffekte praktisch gleich stark ausgeprägt.

## BF

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	14,6	18,8	22,5	26,8	33,0	V	2,00	2,62	2,77	2,81	2,87
	E	14,9	16,3	19,6	23,1	29,0	E	2,00	1,62	1,68	1,72	1,60
	M	14,1	17,3	19,3	22,4	29,2	M	1,96	1,77	1,53	1,45	1,53
w	V	12,2	15,6	18,5	22,7	27,8	V	2,08	2,72	2,80	2,92	2,84
	E	11,9	13,5	15,9	19,5	24,3	E	1,92	1,68	1,68	1,68	1,52
	M	12,0	13,7	15,8	19,0	24,8	M	1,96	1,60	1,48	1,36	1,64
m	V	17,4	22,4	27,0	31,3	39,0	V	1,91	2,50	2,73	2,68	2,91
	E	18,2	19,5	23,9	27,1	34,2	E	2,09	1,55	1,68	1,77	1,68
	M	16,6	21,5	23,2	26,3	34,1	M	1,95	1,95	1,59	1,55	1,41

**Abbildung 17:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	26,4	22,5	20,3	19,3	19,8	V	2,00	2,62	2,77	2,81	2,87
	E	26,8	19,6	17,7	16,6	17,4	E	2,00	1,62	1,68	1,72	1,60
	M	25,3	20,8	17,3	16,1	17,5	M	1,96	1,77	1,53	1,45	1,53
w	V	22,0	18,8	16,7	16,4	16,7	V	2,08	2,72	2,80	2,92	2,84
	E	21,4	16,2	14,3	14,1	14,6	E	1,92	1,68	1,68	1,68	1,52
	M	21,5	16,4	14,2	13,7	14,9	M	1,96	1,60	1,48	1,36	1,64
m	V	31,4	26,8	24,3	22,6	23,4	V	1,91	2,50	2,73	2,68	2,91
	E	32,8	23,4	21,5	19,5	20,5	E	2,09	1,55	1,68	1,77	1,68
	M	29,8	25,8	20,9	18,9	20,5	M	1,95	1,95	1,59	1,55	1,41

**Abbildung 18:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Auch für den BF wurde in der ANOVA ein Haupteffekt für die Geschlechtszugehörigkeit ermittelt, die zwar für die Amplitudenwerte (CMAPD entsprechend) deutlich zutage tritt, aber in der Auswirkung der unterschiedlichen Schuhe eher eine untergeordnete Rolle spielt. Die Ausnahme bei 2 km/h auslassend weist wiederum der Vergleichsschuh die höchsten Werte auf, ohne dass dafür jedoch eine Geschlechtspräferenz erkennbar ist. Tendenziell erreicht das Motion-Modell niedrigere Werte als Emotion, jedoch unterscheiden sich beide Schuhmodelle nie systematisch voneinander, was beide Modelle jedoch immer gegenüber dem Vergleichsschuh tun.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. das Doppelte der Amplitude im Vergleich zu 2 km/h auf. Für den BF weist auch die CMAPD die höchsten Werte erneut bei 2 km/h auf, wobei ein Geschwindigkeitsoptimum bei 5 km/h zu verzeichnen ist (ca. 75 %).

## GM

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	16,3	16,4	16,7	17,3	18,4	V	2,26	2,36	2,64	2,72	2,62
	E	16,0	16,0	15,6	16,0	16,9	E	1,85	1,85	1,83	1,62	1,62
	M	16,0	16,0	15,4	15,9	17,1	M	1,85	1,79	1,51	1,64	1,77
w	V	14,9	15,1	15,5	16,4	18,0	V	2,16	2,20	2,52	2,68	2,60
	E	15,0	15,1	14,7	15,4	16,6	E	1,88	2,04	1,80	1,52	1,56
	M	15,0	14,9	14,8	15,3	17,0	M	1,92	1,76	1,64	1,76	1,84
m	V	17,9	17,9	18,0	18,3	18,8	V	2,36	2,55	2,77	2,77	2,64
	E	17,3	17,0	16,7	16,6	17,3	E	1,82	1,64	1,86	1,73	1,68
	M	17,2	17,2	16,1	16,5	17,3	M	1,76	1,82	1,36	1,50	1,68

**Abbildung 19:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	29,3	19,7	15,0	12,5	11,0	V	2,26	2,36	2,64	2,72	2,62
	E	28,9	19,2	14,1	11,5	10,1	E	1,85	1,85	1,83	1,62	1,62
	M	28,8	19,2	13,9	11,4	10,3	M	1,85	1,79	1,51	1,64	1,77
w	V	26,8	18,2	13,9	11,8	10,8	V	2,16	2,20	2,52	2,68	2,60
	E	27,0	18,1	13,3	11,1	9,9	E	1,88	2,04	1,80	1,52	1,56
	M	26,9	17,9	13,3	11,1	10,2	M	1,92	1,76	1,64	1,76	1,84
m	V	32,2	21,4	16,2	13,2	11,3	V	2,36	2,55	2,77	2,77	2,64
	E	31,1	20,4	15,0	12,0	10,4	E	1,82	1,64	1,86	1,73	1,68
	M	30,9	20,7	14,5	11,9	10,4	M	1,76	1,82	1,36	1,50	1,68

**Abbildung 20:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den GM werden immer die höchsten Werte für den Vergleichsschuh erreicht, gefolgt vom Modell Emotion (bis ca. 4 km/h), das für die höheren Gehgeschwindigkeiten für die Frauen dann die niedrigsten Werte aufweist, während diese Änderung für die Männer nicht wirklich nachweisbar ist. Die Unterschiede zwischen den beiden Joya- Modellen jedoch vergleichsweise gering, was die wechselnden Reihenfolgen erklärt.

Die genannten Werte unterscheiden sich demnach für Emotion und Motion nicht systematisch voneinander, beide weisen jedoch systematische Unterschiede zum Vergleichsschuh auf. Die Ausprägung dieser Differenzen schwankt zwischen den Geschlechtern.

Mit steigender Gehgeschwindigkeit steigt die mittlere Amplitude an und weist bei 6 km/h ca. jedoch lediglich ca. 10-15 % höhere Werte im Vergleich zu 2 km/h auf. Für den GM weist die CMAPD einen kontinuierlichen Abfall über die untersuchten Gehgeschwindigkeiten auf, ohne dass ein Optimum sicher bestimmt werden kann. Der niedrigste Wert bei 6 km/h beträgt dabei lediglich noch ca.  $\frac{1}{3}$  des Maximalwertes bei 2 km/h.

## MF

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	13,8	13,6	14,3	15,8	18,0	V	2,00	2,26	2,45	2,32	2,00
	E	13,8	13,1	13,6	14,9	17,4	E	1,94	1,81	1,79	1,68	1,57
	M	13,9	13,3	13,6	15,3	18,4	M	2,02	1,94	1,74	1,98	2,43
w	V	11,9	12,0	12,9	15,1	17,3	V	2,04	2,24	2,28	2,28	1,92
	E	12,1	11,5	12,7	14,3	16,8	E	1,96	1,72	1,96	1,64	1,64
	M	11,9	11,9	12,6	14,7	17,9	M	1,96	2,04	1,72	2,04	2,44
f	V	15,9	15,5	15,8	16,6	18,7	V	1,95	2,27	2,64	2,36	2,09
	E	15,9	14,8	14,7	15,7	18,2	E	1,91	1,91	1,59	1,73	1,50
	M	16,3	14,9	14,7	16,0	18,9	M	2,10	1,82	1,77	1,91	2,41

**Abbildung 21:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	24,8	16,3	12,8	11,4	10,8	V	2,00	2,26	2,45	2,32	2,00
	E	24,9	15,7	12,3	10,7	10,5	E	1,94	1,81	1,79	1,68	1,57
	M	25,0	16,0	12,2	11,0	11,0	M	2,02	1,94	1,74	1,98	2,43
w	V	21,3	14,4	11,7	10,9	10,4	V	2,04	2,24	2,28	2,28	1,92
	E	21,7	13,8	11,4	10,3	10,1	E	1,96	1,72	1,96	1,64	1,64
	M	21,4	14,3	11,4	10,6	10,8	M	1,96	2,04	1,72	2,04	2,44
f	V	28,7	18,6	14,2	12,0	11,2	V	1,95	2,27	2,64	2,36	2,09
	E	28,5	17,8	13,2	11,3	10,9	E	1,91	1,91	1,59	1,73	1,50
	M	29,3	17,9	13,2	11,5	11,4	M	2,10	1,82	1,77	1,91	2,41

**Abbildung 22:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Wie bereits bei den anderen, weiter proximal lokalisierten Muskeln zu beobachten, verringern sich die Unterschiede zwischen den Schuhmodellen immer weiter. Dennoch kann auch für den MF zumindest für das Modell Emotion festgestellt werden, dass für dieses Modell praktisch durchgehend die niedrigsten Werte zu beobachten waren. Dieser Effekt ist für die mittleren Gehgeschwindigkeiten durch die größten mittleren Rangzahldifferenzen belegt und weist dabei den Vergleichsschuh als das Modell mit den höchsten Werten aus. Für 6 km/h weist immer das Modell Motion die höchsten mittleren Rangzahlen auf, die sich unabhängig vom Geschlecht systematisch vom Modell Emotion unterscheiden.

Der gehgeschwindigkeitsassoziierte Amplitudenanstieg beträgt ca. 30%. Für den MF weist die CMAPD erneut einen kontinuierlichen Abfall über die untersuchten Gehgeschwindigkeiten auf, ohne dass ein Optimum sicher bestimmt werden kann. Der niedrigste Wert bei 6 km/h beträgt dabei wiederum lediglich noch ca.  $\frac{1}{3}$  des Maximalwertes bei 2 km/h.

## LO

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	11,4	12,0	12,9	14,2	16,2	V	2,04	2,43	2,19	2,28	2,17
	E	11,4	11,6	12,3	13,7	15,6	E	2,06	1,74	1,83	1,74	1,53
	M	11,4	11,6	12,3	13,8	16,3	M	1,85	1,83	1,96	1,96	2,30
w	V	11,4	12,4	13,2	15,0	17,0	V	2,20	2,52	2,04	2,32	2,08
	E	11,4	11,7	12,6	14,2	16,2	E	2,00	1,72	1,92	1,72	1,56
	M	11,2	11,6	12,6	14,4	17,0	M	1,76	1,76	2,00	1,92	2,36
f	V	11,4	11,6	12,4	13,3	15,4	V	1,86	2,32	2,36	2,23	2,27
	E	11,4	11,5	11,9	13,0	14,9	E	2,14	1,77	1,73	1,77	1,50
	M	11,7	11,6	12,0	13,2	15,5	M	1,95	1,91	1,91	2,00	2,23

**Abbildung 23:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	20,6	14,4	11,6	10,2	9,7	V	2,04	2,43	2,19	2,28	2,17
	E	20,6	13,9	11,1	9,8	9,4	E	2,06	1,74	1,83	1,74	1,53
	M	20,5	13,9	11,1	9,9	9,8	M	1,85	1,83	1,96	1,96	2,30
w	V	20,6	14,9	11,9	10,8	10,2	V	2,20	2,52	2,04	2,32	2,08
	E	20,6	14,0	11,3	10,2	9,7	E	2,00	1,72	1,92	1,72	1,56
	M	20,1	13,9	11,3	10,3	10,2	M	1,76	1,76	2,00	1,92	2,36
f	V	20,6	13,9	11,2	9,6	9,2	V	1,86	2,32	2,36	2,23	2,27
	E	20,6	13,7	10,7	9,4	8,9	E	2,14	1,77	1,73	1,77	1,50
	M	21,0	13,9	10,8	9,5	9,3	M	1,95	1,91	1,91	2,00	2,23

**Abbildung 24:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Auch für den LO lassen sich nur noch geringe Amplitudenunterschiede zwischen den Schuhmodellen feststellen. Dennoch weist ab 3 km/ das Modell Emotion immer die niedrigsten Werte auf, was mit wechselnden Signifikanzen im Vergleich zum Vergleichsschuh und dem Motion- Modell nachweisbar ist.

Der gehgeschwindigkeitsassoziierte Amplitudenanstieg ist erneut kontinuierlich nachweisbar und beträgt ca. 40 %. Auch für den MF weist die CMAPD erneut einen kontinuierlichen Abfall über die untersuchten Gehgeschwindigkeiten auf, ohne dass ein Optimum sicher bestimmt werden kann. Der niedrigste Wert bei 6 km/h beträgt dabei ca. 50 % des Maximalwertes bei 2 km/h.

## OI

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	11,5	12,0	12,8	13,5	15,2	V	1,98	1,89	2,11	2,13	2,11
	E	11,0	11,7	12,3	13,2	14,7	E	1,74	1,70	1,83	1,60	1,45
	M	12,0	12,2	12,4	13,8	15,9	M	2,24	2,40	2,04	2,26	2,45
w	V	9,1	9,6	10,3	10,7	12,2	V	2,28	2,08	2,12	2,24	1,96
	E	8,5	9,2	9,6	10,6	11,8	E	1,64	1,60	1,64	1,48	1,36
	M	9,3	9,6	9,9	10,8	12,9	M	2,04	2,32	2,20	2,24	2,68
m	V	14,1	14,8	15,7	16,7	18,7	V	1,64	1,68	2,09	2,00	2,27
	E	13,7	14,6	15,3	16,2	18,1	E	1,86	1,82	2,05	1,73	1,55
	M	15,2	15,2	15,3	17,3	19,3	M	2,48	2,50	1,86	2,27	2,18

**Abbildung 25:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	20,6	14,4	11,6	9,7	9,1	V	1,98	1,89	2,11	2,13	2,11
	E	19,7	14,1	11,0	9,5	8,8	E	1,74	1,70	1,83	1,60	1,45
	M	21,6	14,6	11,2	10,0	9,5	M	2,24	2,40	2,04	2,26	2,45
w	V	16,4	11,5	9,3	7,7	7,3	V	2,28	2,08	2,12	2,24	1,96
	E	15,3	11,0	8,6	7,6	7,1	E	1,64	1,60	1,64	1,48	1,36
	M	16,7	11,5	8,9	7,8	7,7	M	2,04	2,32	2,20	2,24	2,68
m	V	25,4	17,7	14,1	12,0	11,2	V	1,64	1,68	2,09	2,00	2,27
	E	24,7	17,5	13,7	11,7	10,8	E	1,86	1,82	2,05	1,73	1,55
	M	27,4	18,2	13,8	12,4	11,6	M	2,48	2,50	1,86	2,27	2,18

**Abbildung 26:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den OI wurde ein Haupteffekt für das Geschlecht in der ANOVA ausgewiesen, der sich auch in den mittleren Amplituden- und Aufwandswerten finden lässt: Die Frauen weisen immer die niedrigsten Werte für das Modell Emotion auf, während die Männer zunächst (2-3 km/h) die niedrigsten Werte für den Vergleichsschuh aufweisen, was sich dann für die höheren Gehgeschwindigkeiten ebenfalls für den Emotion- Schuh nachweisen lässt. Die höchsten Amplitudenwerte erreichen beide Geschlechter für Motion bei 6 km/h. Der Unterschied zwischen den jeweils niedrigsten Amplituden bzw. Aufwandswerten zu dem für die jeweilige Gehgeschwindigkeit beobachtenden Maximalwert ist jedes Mal signifikant. In beiden Geschlechtern steigt die Amplitude kontinuierlich mit der Gehgeschwindigkeit an (ca. 50 %). Auch für den OI weist die CMAPD erneut einen kontinuierlichen Abfall über die untersuchten Gehgeschwindigkeiten auf, ohne dass ein Optimum sicher bestimmt werden kann. Der niedrigste Wert bei 6 km/h beträgt dabei ca. 50 % des Maximalwertes bei 2 km/h.

## OE

	rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	5,9	6,4	7,0	7,7	9,2	V	2,09	1,94	2,23	2,00	2,09
	E	5,9	6,3	6,9	7,7	9,0	E	1,79	1,87	1,77	1,66	1,68
	M	6,0	6,5	7,0	8,1	9,6	M	2,09	2,19	1,98	2,32	2,23
w	V	6,1	6,6	7,4	8,1	9,8	V	2,04	1,80	2,28	1,96	2,12
	E	6,0	6,6	7,2	8,2	9,6	E	1,72	2,08	1,88	1,64	1,52
	M	6,2	6,7	7,4	8,8	10,6	M	2,20	2,12	1,80	2,36	2,36
f	V	5,7	6,2	6,6	7,2	8,6	V	2,14	2,09	2,18	2,05	2,05
	E	5,7	6,0	6,5	7,1	8,3	E	1,86	1,64	1,64	1,68	1,86
	M	5,8	6,1	6,5	7,3	8,4	M	1,95	2,27	2,18	2,27	2,09

**Abbildung 27:** Mittlere OEMG Amplitudenwerte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

	CMAPD	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V	10,7	7,7	6,3	5,5	5,5	V	2,09	1,94	2,23	2,00	2,09
	E	10,6	7,6	6,2	5,5	5,4	E	1,79	1,87	1,77	1,66	1,68
	M	10,8	7,8	6,3	5,8	5,8	M	2,09	2,19	1,98	2,32	2,23
w	V	11,1	7,9	6,7	5,8	5,9	V	2,04	1,80	2,28	1,96	2,12
	E	10,8	7,9	6,5	5,9	5,8	E	1,72	2,08	1,88	1,64	1,52
	M	11,1	8,1	6,7	6,3	6,4	M	2,20	2,12	1,80	2,36	2,36
f	V	10,3	7,4	5,9	5,2	5,1	V	2,14	2,09	2,18	2,05	2,05
	E	10,3	7,2	5,8	5,1	5,0	E	1,86	1,64	1,64	1,68	1,86
	M	10,4	7,4	5,9	5,2	5,1	M	1,95	2,27	2,18	2,27	2,09

**Abbildung 28:** Mittlere CMAPD- Werte (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für den OE weisen die Werte praktisch durchgehend die niedrigsten Niveaus für den Emotion- Schuh auf, während bei grundsätzlich sehr geringen Differenzen zwischen allen Modellen der Vergleichsschuh und das Motion- Modell wechselnd die höchsten Werte ausweisen. Erneut ist jeweils der Abstand zwischen niedrigster Rangzahl und höchster jeweils signifikant. Unterschiede zwischen den Geschlechtern sind insofern nachweisbar, als dass die Frauen für die höheren Gehgeschwindigkeiten die höchsten Rangzahlen für das Modell Motion aufweisen.

In der Folge werden nunmehr die Kokontraktionsniveaus, ebenfalls im gleichen Farbschema wie die Werte der Einzelmuskeln dargestellt. Jedoch werden hierbei nur die Amplitudenwerte aufgeführt, da die Darstellung der CMAPD- Werte wie auch schon für die ANOVA rechnerisch unsinnig erscheint.

#### TA/MG

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		20,7	21,7	23,7	26,1	31,1	V	1,62	2,17	2,47	2,40	2,36
	E		21,0	20,3	20,7	23,2	28,1	E	1,96	1,66	1,30	1,64	1,40
	M		22,9	22,7	23,3	25,5	31,6	M	2,39	2,17	2,21	1,94	2,23
w	V		22,0	22,7	24,3	28,2	33,1	V	1,48	2,08	2,44	2,48	2,32
	E		22,5	21,4	21,8	24,8	29,7	E	1,96	1,60	1,36	1,56	1,28
	M		24,5	24,2	24,7	27,8	34,4	M	2,52	2,32	2,16	1,92	2,40
E	V		19,3	20,5	22,9	23,8	28,9	V	1,77	2,27	2,50	2,32	2,41
	E		19,3	18,9	19,5	21,3	26,2	E	1,95	1,73	1,23	1,73	1,55
	M		21,0	21,1	21,7	22,9	28,4	M	2,24	2,00	2,27	1,95	2,05

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für das Antagonistenpaar TA/MG lässt sich grundsätzlich mit steigender Gehgeschwindigkeit eine Zunahme der mittleren Kokontraktionsaktivität nachweisen. Die absolute Spanne zwischen 2 und 6 km/h beträgt lediglich ca. 50%. Dabei weist der Emotion-Schuh unabhängig vom Geschlecht und der Gehgeschwindigkeit praktisch durchgehend die niedrigsten Kokontraktionsniveaus auf. Für die niedrigen Gehgeschwindigkeiten erfordert der Motion-Schuh die höchsten Kokontraktionswerte, wobei dies bei steigenden Gehgeschwindigkeiten dann durchaus wechselnd mit dem Vergleichsschuh zu sehen ist.

#### TA/LG

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		18,9	18,1	19,8	22,2	27,7	V	1,66	2,04	2,21	2,13	2,13
	E		19,5	17,1	18,1	20,7	25,8	E	1,85	1,64	1,38	1,53	1,43
	M		21,8	19,7	20,6	22,6	28,1	M	2,46	2,32	2,38	2,32	2,45
w	V		20,8	19,5	21,2	24,4	30,5	V	1,56	1,92	2,16	2,04	1,96
	E		21,0	18,6	19,5	22,4	28,3	E	1,72	1,60	1,36	1,48	1,44
	M		24,3	22,3	22,7	25,2	31,4	M	2,68	2,48	2,44	2,44	2,60
E	V		16,8	16,4	18,1	19,8	24,5	V	1,77	2,18	2,27	2,23	2,32
	E		17,8	15,4	16,5	18,7	23,0	E	2,00	1,68	1,41	1,59	1,41
	M		18,9	16,7	18,1	19,7	24,4	M	2,19	2,14	2,32	2,18	2,27

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Im Wesentlichen wiederholt sich für das Antagonistenpaar TA/LG die Systematik wie für den MG als Antagonisten, jedoch ist zu beobachten, dass insbesondere für die Frauen das Motion-



Modell nunmehr immer die höchsten Kokontraktionswerte provoziert. Die Männer verharren in der Wechselsituation zwischen Vergleichsschuh und Motion- Modell.

TA/FL

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		24,5	24,9	27,1	31,6	38,5	V	1,89	2,26	2,57	2,81	2,60
	E		24,3	22,6	23,6	27,2	32,9	E	2,11	1,81	1,55	1,66	1,64
	M		24,3	24,2	24,4	27,5	34,7	M	1,96	1,94	1,85	1,51	1,77
w	V		24,5	24,2	27,0	31,3	37,3	V	1,76	2,04	2,56	2,68	2,32
	E		25,2	22,8	23,2	27,5	33,2	E	1,96	1,84	1,40	1,64	1,64
	M		26,1	24,9	24,7	28,0	35,0	M	2,24	2,12	2,00	1,64	2,04
f	V		24,4	25,6	27,2	31,8	39,9	V	2,05	2,50	2,59	2,95	2,91
	E		23,4	22,3	23,9	26,9	32,5	E	2,27	1,77	1,73	1,68	1,64
	M		22,1	23,5	24,1	26,9	34,5	M	1,62	1,73	1,68	1,36	1,45

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Ausgehend von praktisch identischen Kokontraktionsniveaus führt die Erhöhung der Gehgeschwindigkeit beim Vergleichsschuh zu den deutlich höchsten Werterhöhungen, wobei dann das Emotion- Modell wieder die niedrigsten Werte aufweist. Es ist auch zu sehen, dass beide Joya- Modelle bis ca. 4 km/h sogar zu einer Reduktion der mittleren Kokontraktionsaktivität tendieren, während die Werte für den Vergleichsschuh praktisch immer mit zunehmender Gehgeschwindigkeit ansteigen. Die Frauen weisen für das Emotion-Modell außer bei 2 km/h immer die niedrigsten und für den Vergleichsschuh ab 4 km/h immer die höchsten Kokontraktionswerte auf. Für die Männer ist das so nicht nachweisbar, da hier das Motion-Modell unabhängig von der Gehgeschwindigkeit immer die niedrigsten mittleren Kokontraktionswerte aufweist. Wie auch für die Frauen erfordert dann der Vergleichsschuh praktisch durchgehend die höchsten Kokontraktionsaktivitäten.

VM/BF

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		9,0	12,2	15,6	20,6	28,5	V	2,21	2,38	2,49	2,53	2,55
	E		8,4	10,2	14,1	18,1	24,5	E	1,85	1,62	1,57	1,66	1,45
	M		9,2	11,5	14,5	19,2	26,6	M	1,89	2,00	1,91	1,79	2,00
w	V		8,1	10,1	13,1	17,4	23,7	V	2,20	2,28	2,52	2,64	2,56
	E		7,1	8,7	11,4	15,4	20,3	E	1,72	1,56	1,48	1,48	1,48
	M		8,2	10,1	12,4	16,0	21,9	M	2,04	2,16	1,96	1,84	1,96
f	V		10,1	14,6	18,5	24,1	33,9	V	2,23	2,50	2,45	2,41	2,55
	E		10,0	11,9	17,1	21,3	29,3	E	2,00	1,68	1,68	1,86	1,41
	M		10,3	13,2	16,8	22,9	32,0	M	1,71	1,82	1,86	1,73	2,05

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Der Anstieg der mittleren Kokontraktionsamplituden über die applizierten Gehgeschwindigkeiten beträgt für das Antagonistenpaar VM/BF nunmehr ca. das Dreifache, ohne dass hierbei eine Schuhpräferenz beobachtet werden kann. Unabhängig von der Gehgeschwindigkeit weist das Vergleichsmodell immer die höchsten Kokontraktionswerte auf, während sich die beiden Modelle bei den Männern abwechseln, bei den Frauen jedoch wieder das Emotion- Modell die niedrigsten Werte aufweist.

#### OI/OE

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		9,1	9,8	10,5	11,3	13,4	V	2,15	2,17	2,23	2,11	2,13
	E		9,0	9,5	10,3	11,1	12,9	E	1,87	1,70	1,85	1,70	1,74
	M		9,1	9,8	10,3	11,5	13,4	M	1,93	2,13	1,89	2,17	2,13
w	V		9,6	10,2	11,0	11,9	13,8	V	2,24	2,16	2,24	2,08	2,08
	E		9,4	10,0	10,6	11,5	13,4	E	1,80	1,80	1,84	1,72	1,68
	M		9,5	10,3	10,7	12,1	14,3	M	1,92	2,04	1,88	2,16	2,24
E	V		8,5	9,3	9,9	10,7	12,9	V	2,05	2,18	2,23	2,14	2,18
	E		8,6	9,0	9,9	10,6	12,3	E	1,95	1,59	1,86	1,68	1,82
	M		8,5	9,2	9,8	10,8	12,4	M	1,95	2,23	1,91	2,18	2,00

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Für das abdominale Muskelpaar OI/OE erfolgt mit zunehmender Gehgeschwindigkeit wieder nur ein sehr moderater kokontraktionsanstieg um ca. 50% des Ausgangswertes. Immer kann für das Emotion- Modell das niedrigste Kokontraktionsniveau gefunden werden, wobei dann der Vergleichsschuh und das Motion- Modell wechselnd die höchsten Werte aufweisen.

#### OI/MF

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		13,0	13,1	13,4	14,1	16,0	V	2,00	2,21	2,45	2,45	2,19
	E		12,7	12,5	12,3	13,1	15,1	E	1,68	1,70	1,53	1,47	1,47
	M		13,7	12,9	12,9	13,9	16,2	M	2,28	2,09	2,00	2,06	2,34
w	V		9,9	10,2	10,7	11,6	13,1	V	2,12	2,32	2,48	2,60	2,24
	E		10,0	9,7	10,0	10,7	12,3	E	1,72	1,64	1,56	1,28	1,40
	M		10,2	9,9	10,3	11,2	13,1	M	2,12	2,04	1,92	2,08	2,36
E	V		16,5	16,4	16,4	16,9	19,3	V	1,86	2,09	2,41	2,27	2,14
	E		15,7	15,7	15,0	15,9	18,4	E	1,64	1,77	1,50	1,68	1,55
	M		17,8	16,3	15,8	16,8	19,8	M	2,48	2,14	2,09	2,05	2,32

**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Die Stärke der mittleren Kokontraktionsamplitude nimmt für das Antagonistenpaar OI/MF nur noch geringfügig mit steigender Gehgeschwindigkeit zu: der Werteanstieg ist bei ca. 20-25% des Ausgangswertes zu identifizieren. Im Weiteren wiederholt sich das Bild mit

niedrigen Kokontraktionswerten für das Emotion- Modell und wechselnd hohen Werten zwischen Vergleichsschuh und Motion- Modell.

### OI/LO

		rms	2	3	4	5	6	Ränge	2	3	4	5	6
alle	V		12,4	13,2	14,0	14,9	17,1	V	1,91	2,21	2,38	2,28	2,19
	E		12,2	12,7	13,1	14,3	16,3	E	1,96	1,89	1,68	1,70	1,60
	M		12,9	13,0	13,1	14,5	17,1	M	2,09	1,89	1,91	2,00	2,21
w	V		10,4	11,3	11,7	12,4	14,4	V	2,04	2,32	2,28	2,36	2,16
	E		9,9	10,8	11,0	11,8	13,6	E	1,76	1,88	1,64	1,56	1,56
	M		10,9	11,0	11,1	12,3	14,6	M	2,16	1,80	2,04	2,04	2,28
E	V		14,7	15,4	16,6	17,7	20,2	V	1,77	2,09	2,50	2,18	2,23
	E		14,8	14,9	15,5	17,1	19,2	E	2,18	1,91	1,73	1,86	1,64
	M		15,3	15,4	15,4	17,0	19,9	M	2,00	2,00	1,77	1,95	2,14

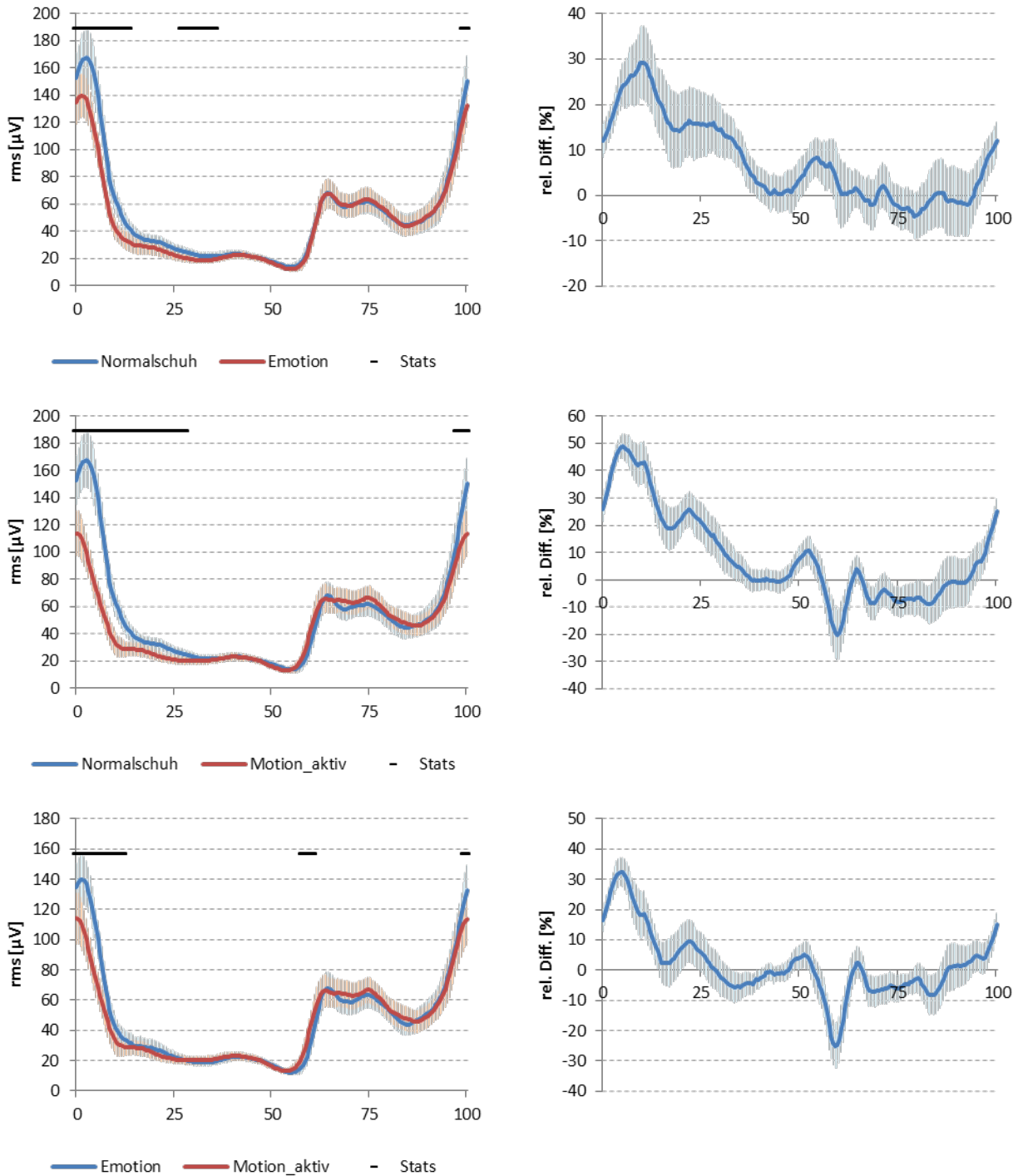
**Abbildung 27:** Mittlere Kokontraktionswerte (in  $\mu\text{V}$ ) (links) sowie deren gemittelte Ränge (rechts). Die Rangzahlen wurden getrennt pro Gehgeschwindigkeit berechnet. Die Farbkodierung erfolgt immer für einen Block, wobei schwarz die niedrigsten und gelb die höchsten Werte repräsentiert.

Die mittlere Kokontraktionsaktivität für das Antagonistenpaar OI/LO spreizt sich etwas stärker als für den MF, erreicht aber keine 50%. Ansonsten bleibt die Reihenfolge der Schuhmodelle wie bereits vorher beschrieben.

### Amplitudenverlaufskurven

In der Folge werden die Amplitudenverlaufskurven für die untersuchten Muskeln, aber auch Kombinationen von Muskelpaaren exemplarisch bei 4 km/h als der repräsentativen Gehgeschwindigkeit dargestellt. Die Kurven werden dabei immer als Mittelwertskurven mit den zugehörigen 95%igen Konfidenzintervallen dargestellt. Eine vollständige Datendarstellung kann entweder dem vorhandenen elektronischen Material oder für die Gehgeschwindigkeiten 2, 4 und 6 km/h dem Anhang entnommen werden. Im elektronischen Material ist zusätzlich zur hier dargestellten reinen teststatistischen Datenaufbereitung auch die Darstellung der Effektstärke zu entnehmen, die eine quantitative Beurteilung der beobachteten Unterschiede ermöglicht.

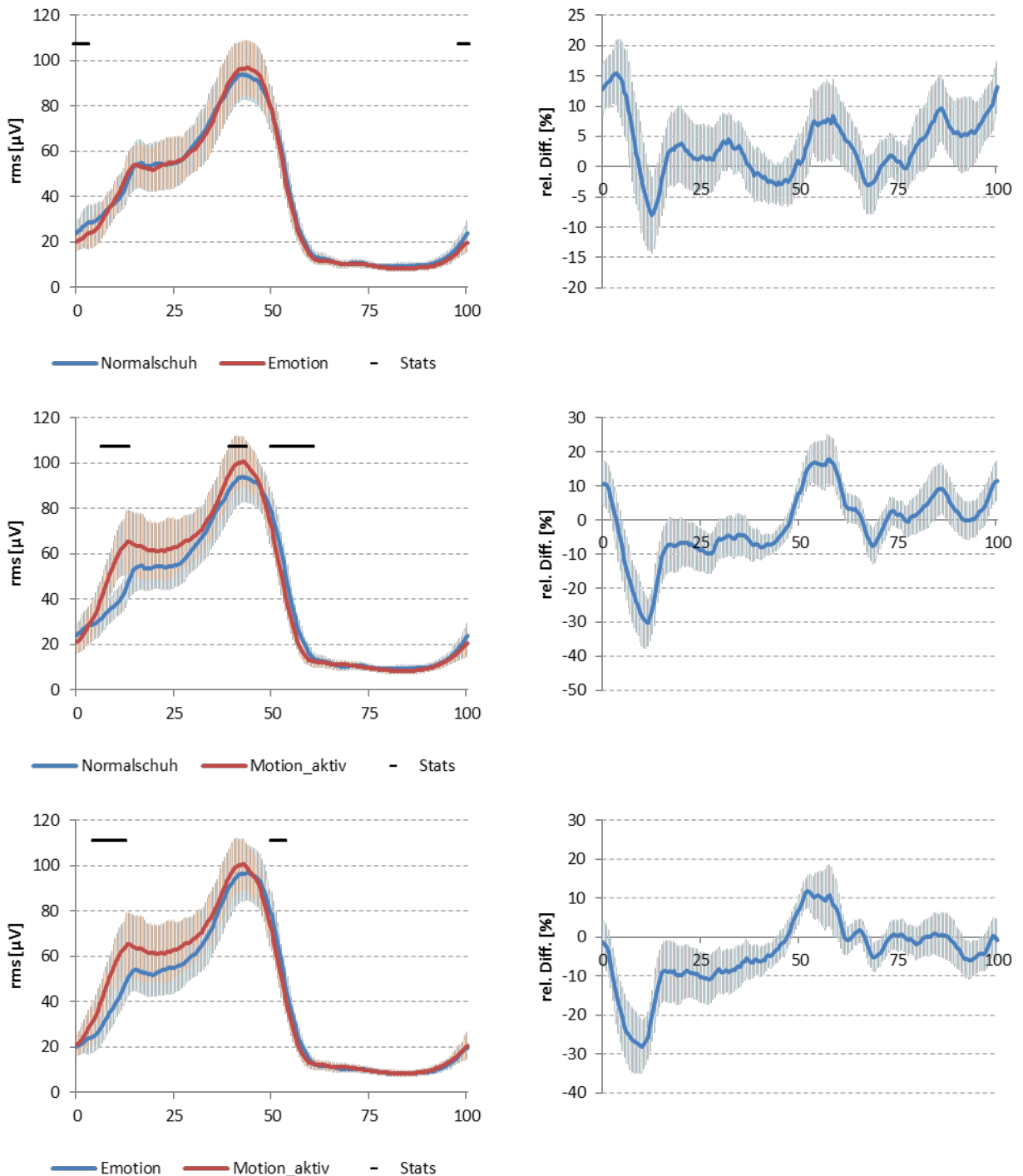
## TA



**Abbildung 29:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den TA bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert)

Beide Joya- Modelle weisen in der initialen Standphase deutlich reduzierte Amplitudenwerte gegenüber dem Vergleichsschuh auf, die beim Motion- Modell deutlich stärker ausgeprägt sind als beim Emotion-Modell. Weitere relevante Unterschiede lassen sich nicht identifizieren.

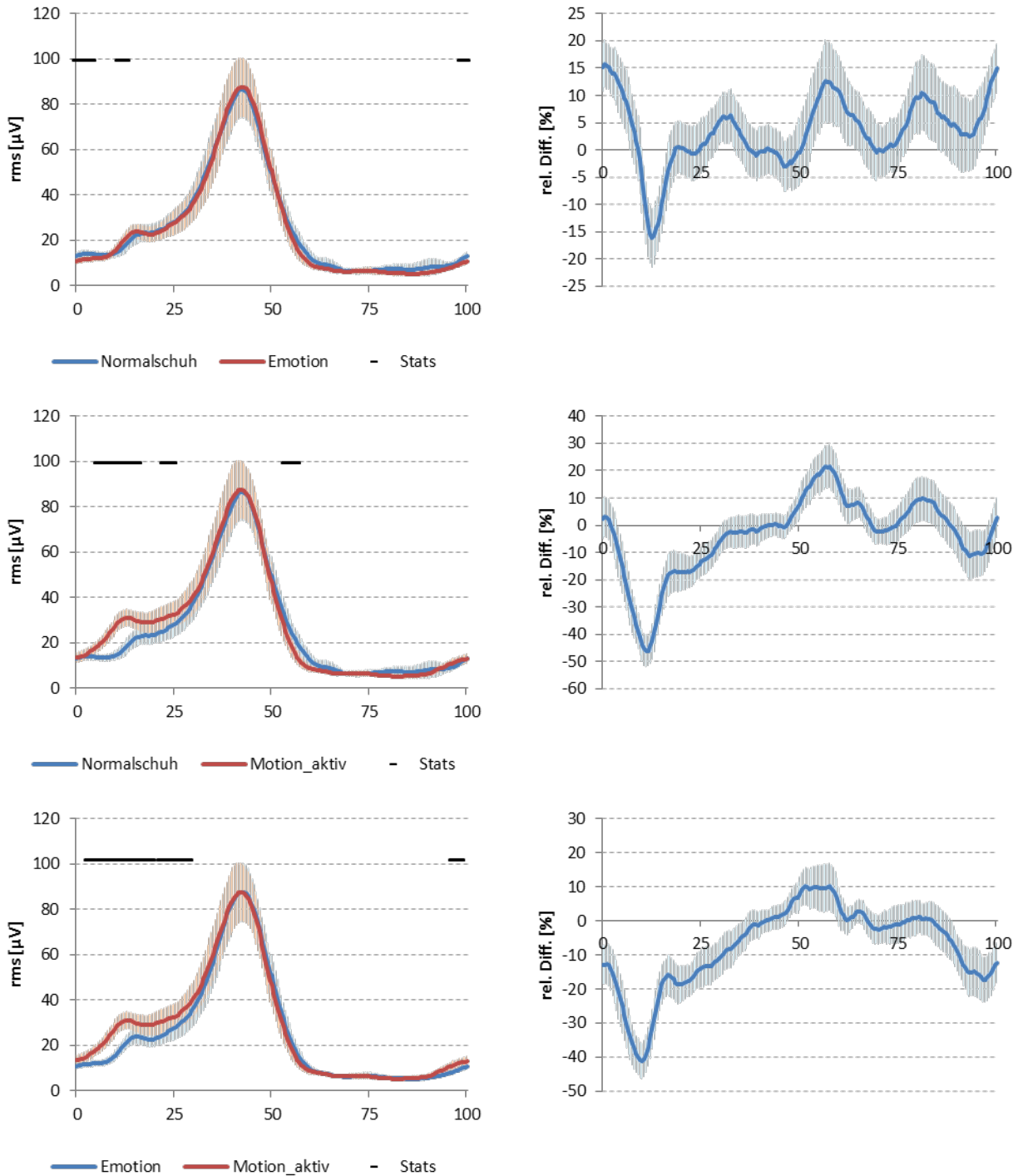
## FL



**Abbildung 30:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den FL bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert)

Für den FL lassen sich für den Emotion-Schuh keine relevanten Unterschiede zum Vergleichsschuh finden, wohl aber zwischen Motion und beiden anderen Modellen: das Motion-Modell weist bis in die terminale Standphase hinein durchweg systematisch höhere Amplituden auf.

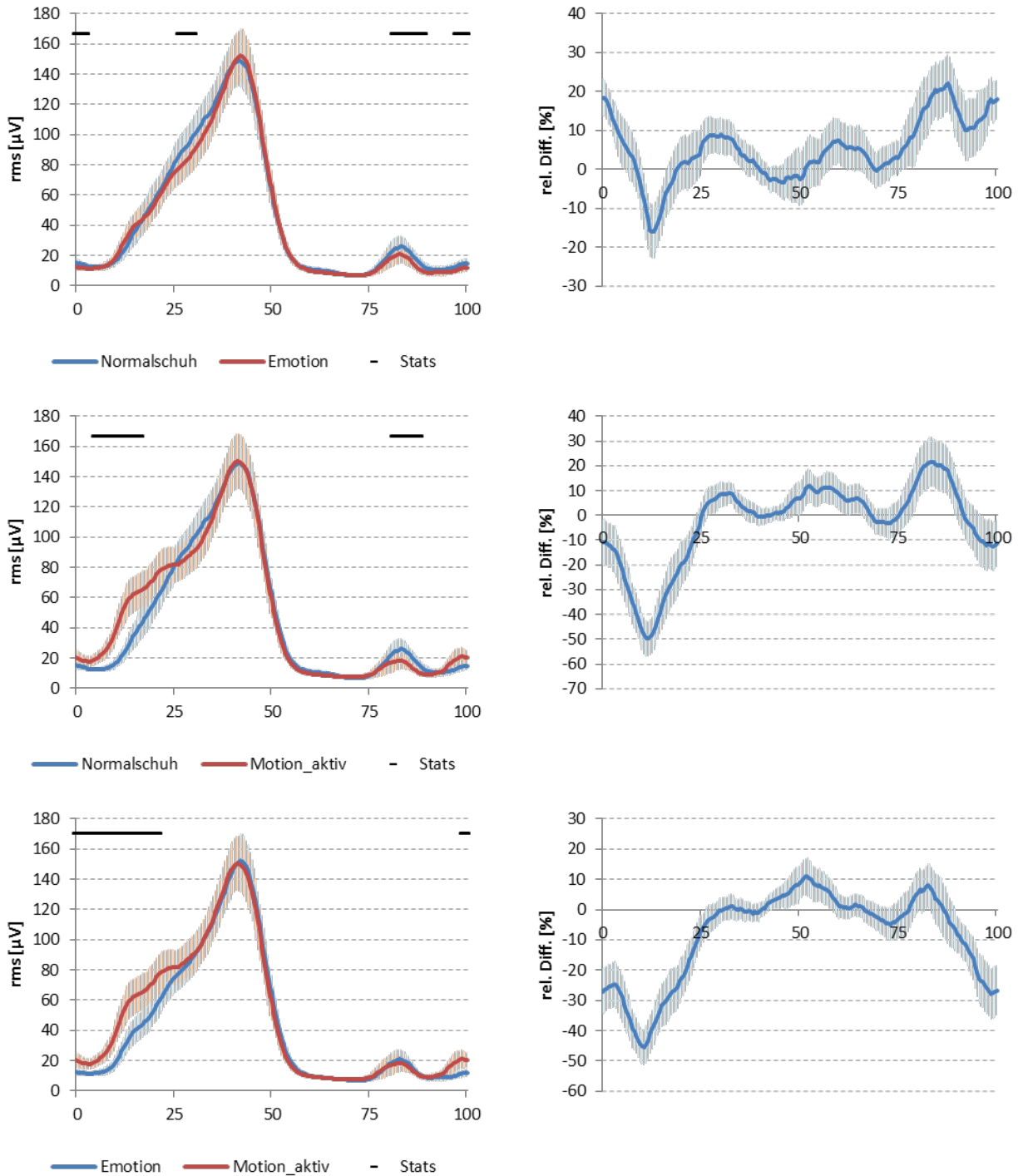
## LG



**Abbildung 31:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den LG bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Ähnlich wie beim FL weist für den LG lediglich das Motion-Modell systematische Unterschiede zu den beiden anderen Modellen finden, die ebenfalls eine erhöhte Amplitude ausweisen. Der Unterschied beschränkt sich jedoch auf die initiale bis mittlere Standphase.

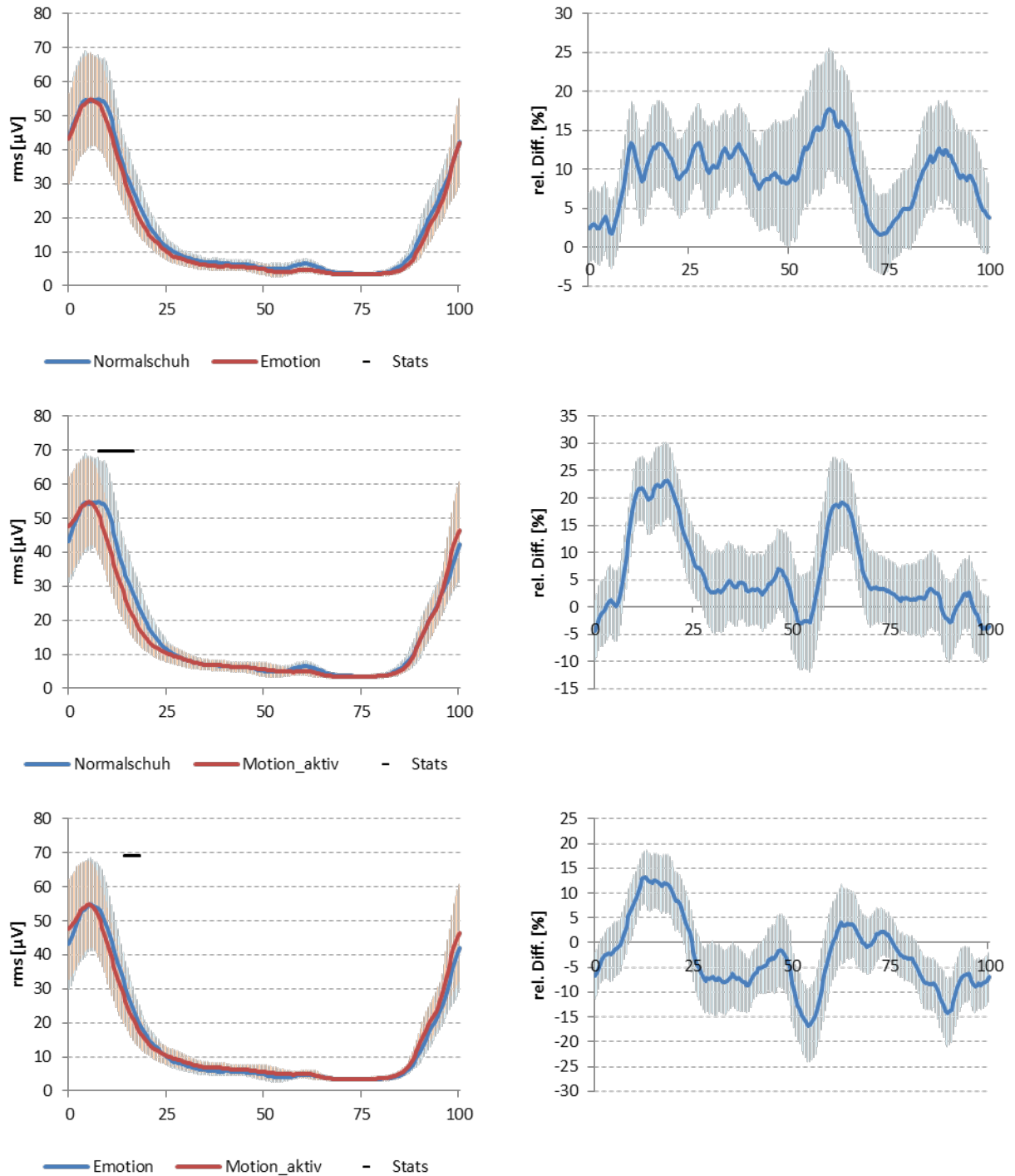
## MG



**Abbildung 32:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den MG bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Der mediale Anteil des Gastrocnemius, MG, weist wieder für das Motion- Modell in der frühen Standphase deutlich gegenüber den beiden anderen Schuhmodellen erhöhte Amplitudenwerte auf, die sich voneinander nicht systematisch in ihrer Muskelaktivität unterscheiden.

## VM

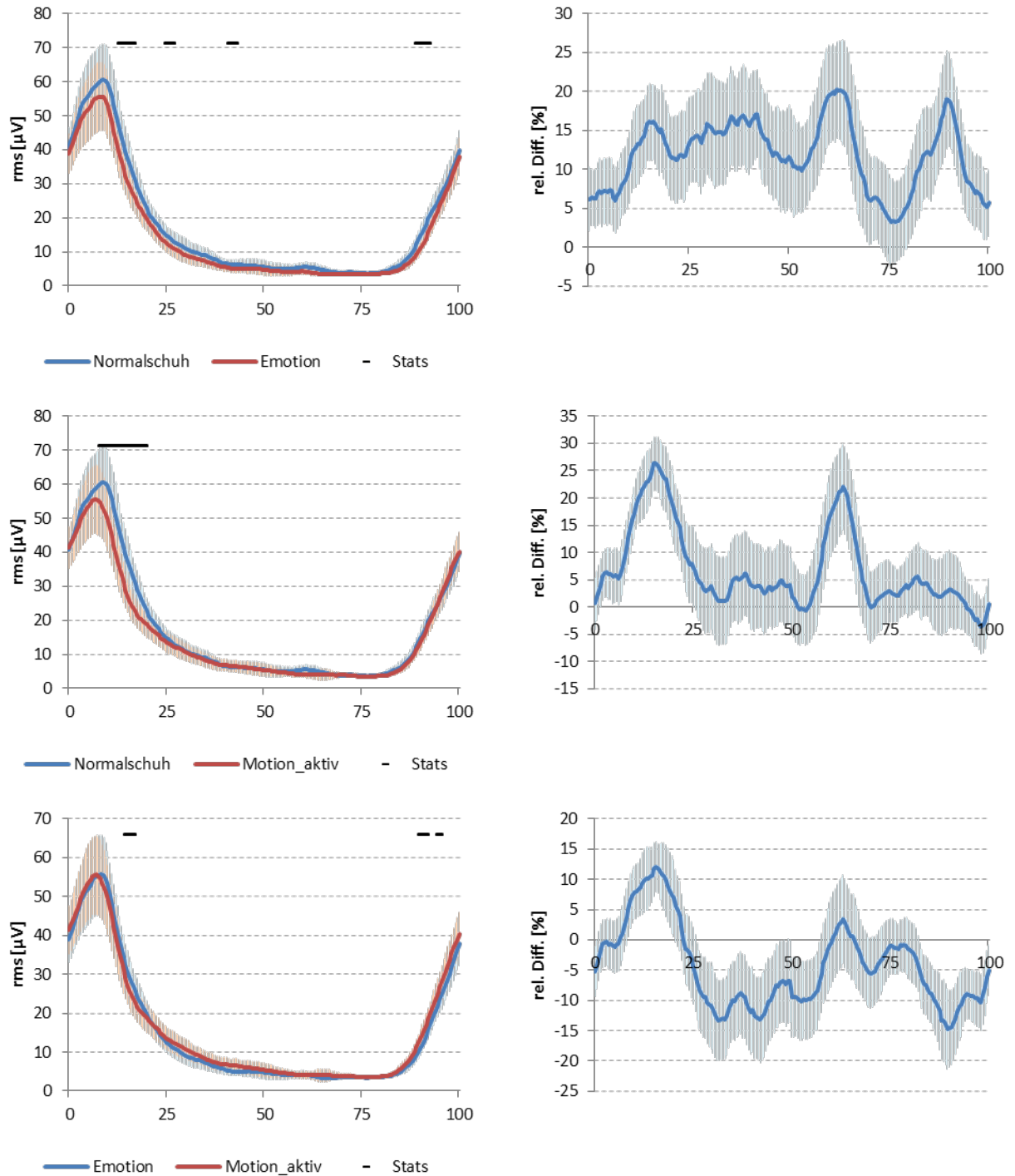


**Abbildung 33:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den VM bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Die für den VM zu beobachtende signifikante Differenz zwischen dem Vergleichsschuh und dem Motion- Modell beruht nicht auf Unterschieden in den Amplitudenhöhen, sondern beruht auf einer für das Motion- Modell systematisch vorverlagerten Aktivierungscharakteristik.

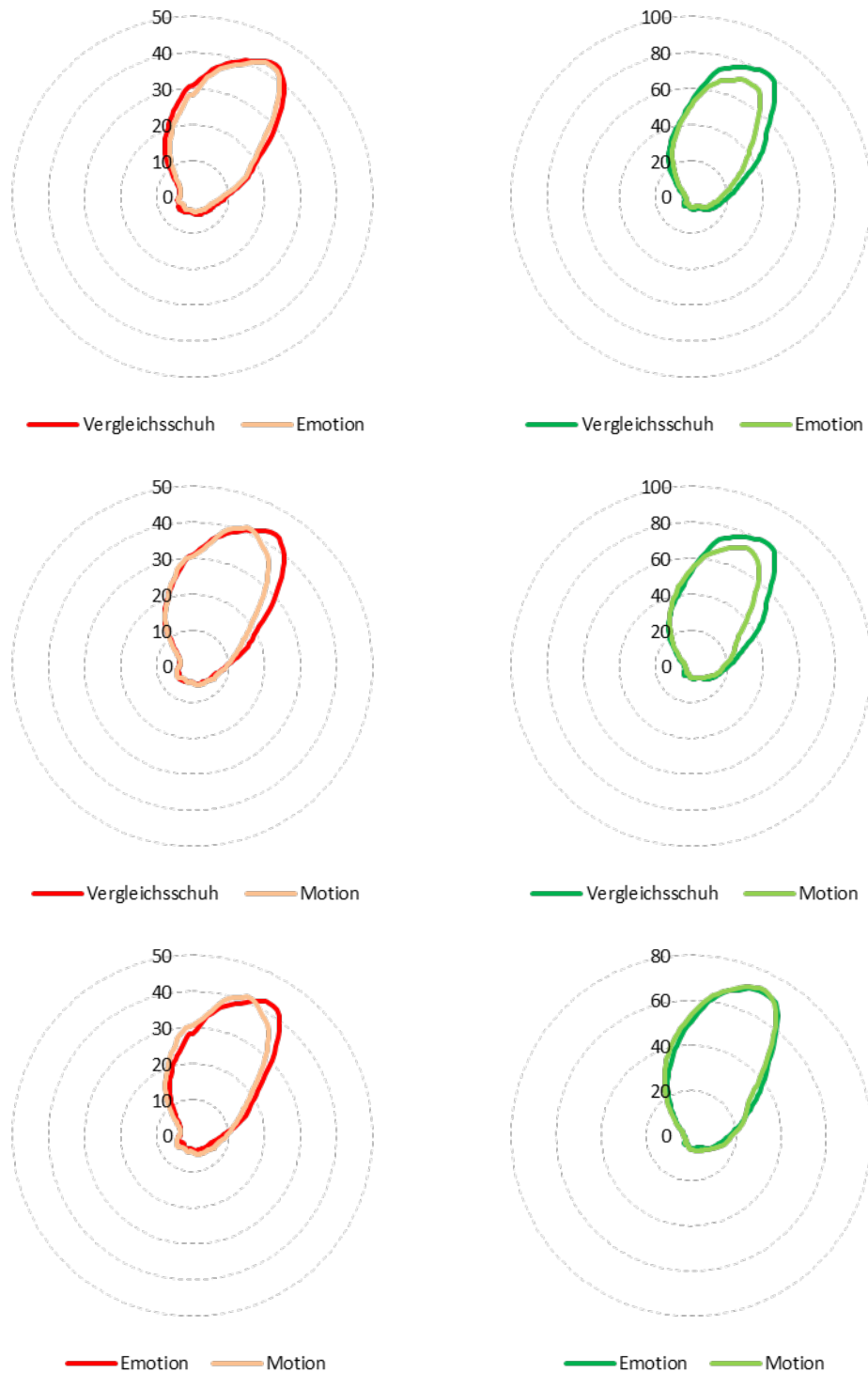


## VL



**Abbildung 34:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den VL bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

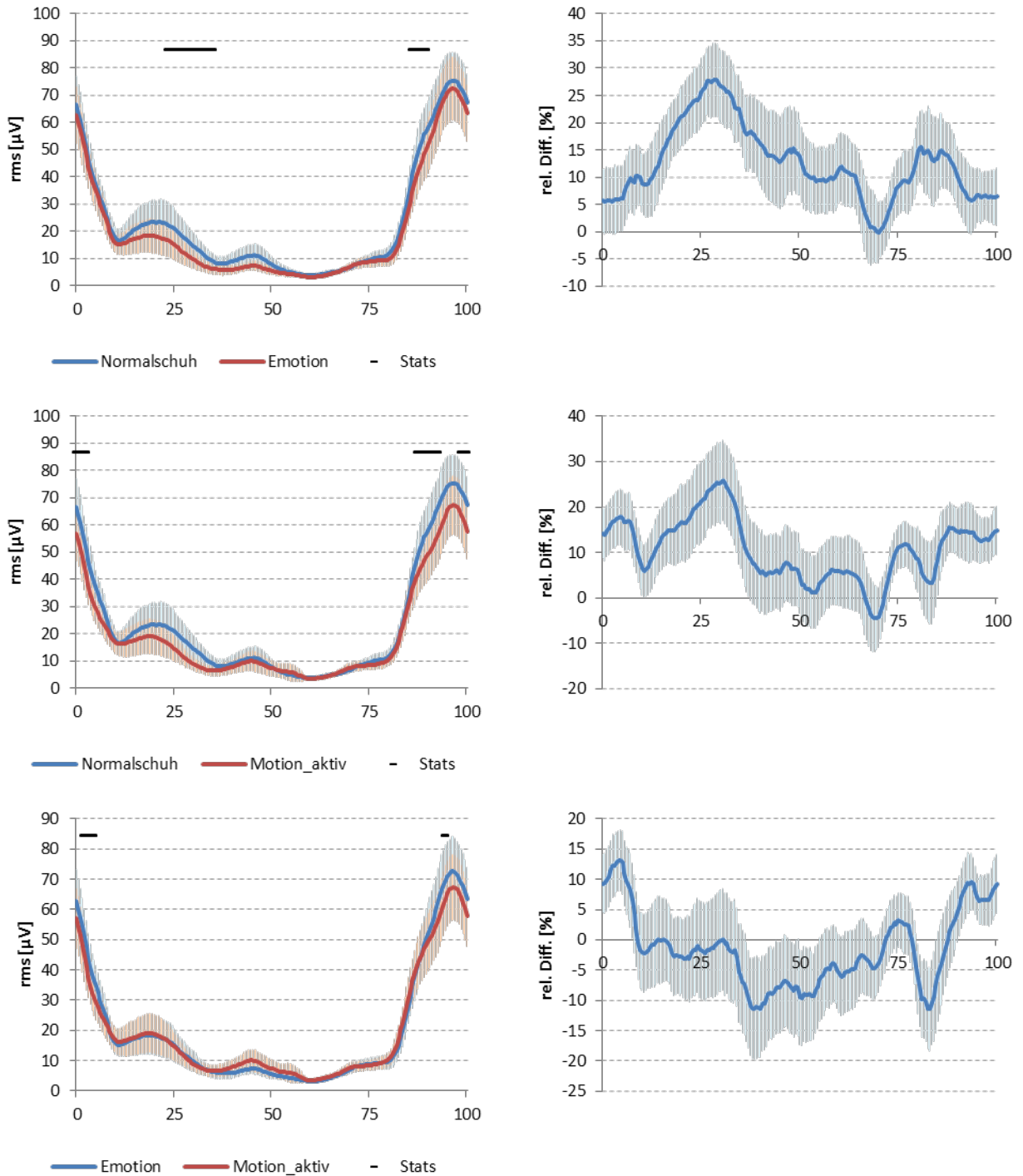
Beide Joya- Modelle bewirken eine Systematische Verringerung der Muskelaktivität des VL in der frühen bis mittleren Standphase, die sich zwischen den beiden Modellen nicht unterscheidet. Der beobachtete Effekt ist für das Motion- Modell deutlicher ausgeprägt. Da für den VL eine geschlechtsbezogene Interaktion zu beobachten war erfolgt auch eine geschlechtergetrennte Darstellung der Verlaufskurven.



**Abbildung 35:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven für den VL bei 4 km/h als Kreisdarstellung. Der normierte Schritt beginnt bei 12 Uhr und verläuft im Uhrzeigersinn, bei 6 Uhr erfolgt der kontralaterale Fersenaufsatz. Links die Werte der Frauen und rechts die Werte der Männer.

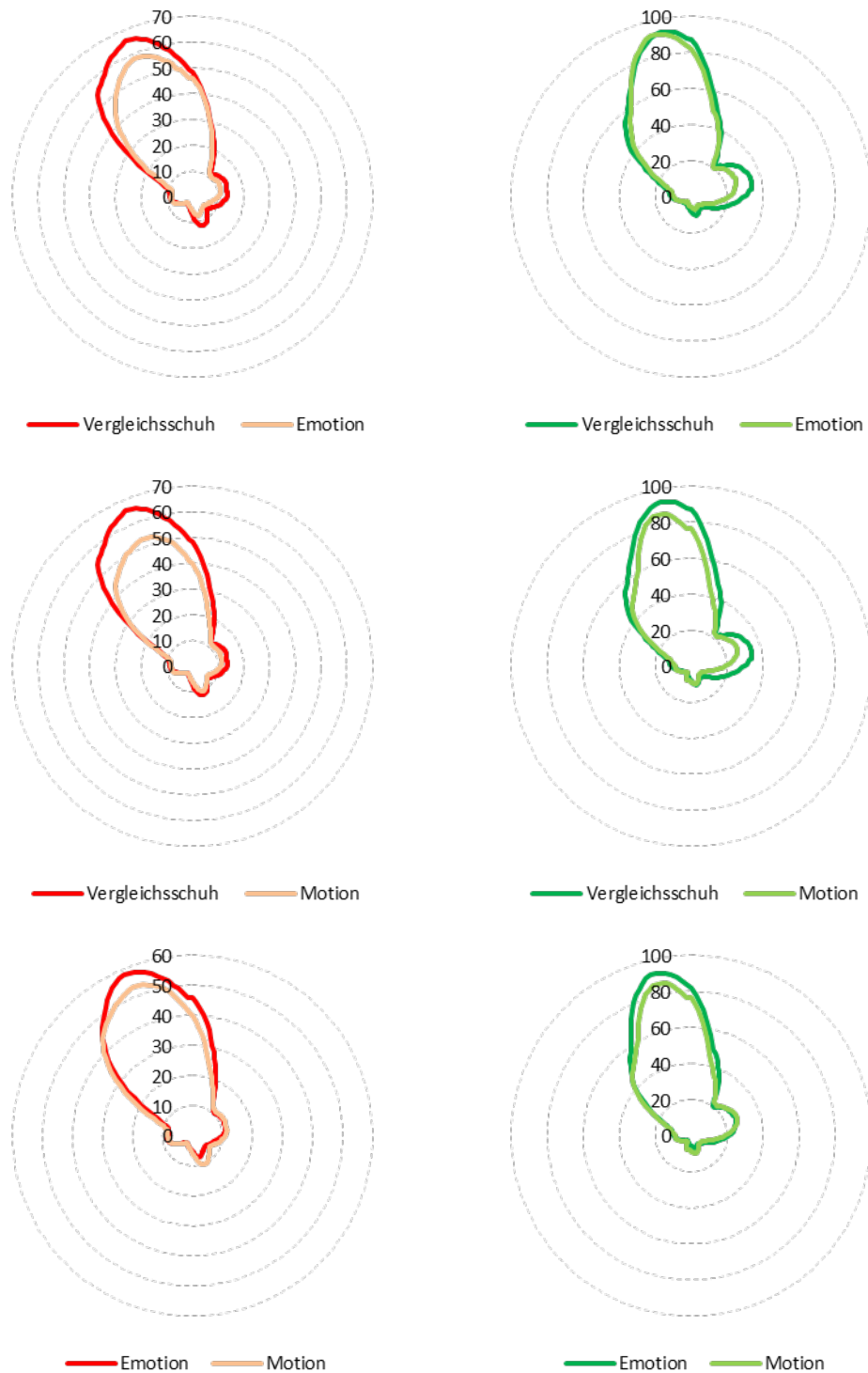
In der geschlechtsgetrennten Darstellung ist z zu sehen, dass die beschriebene Amplitudenverminderung für die Frauen lediglich den Motion- Schuh, bei den Männern jedoch beide Joya- Modelle betrifft.

## BF



**Abbildung 36:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den BF bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

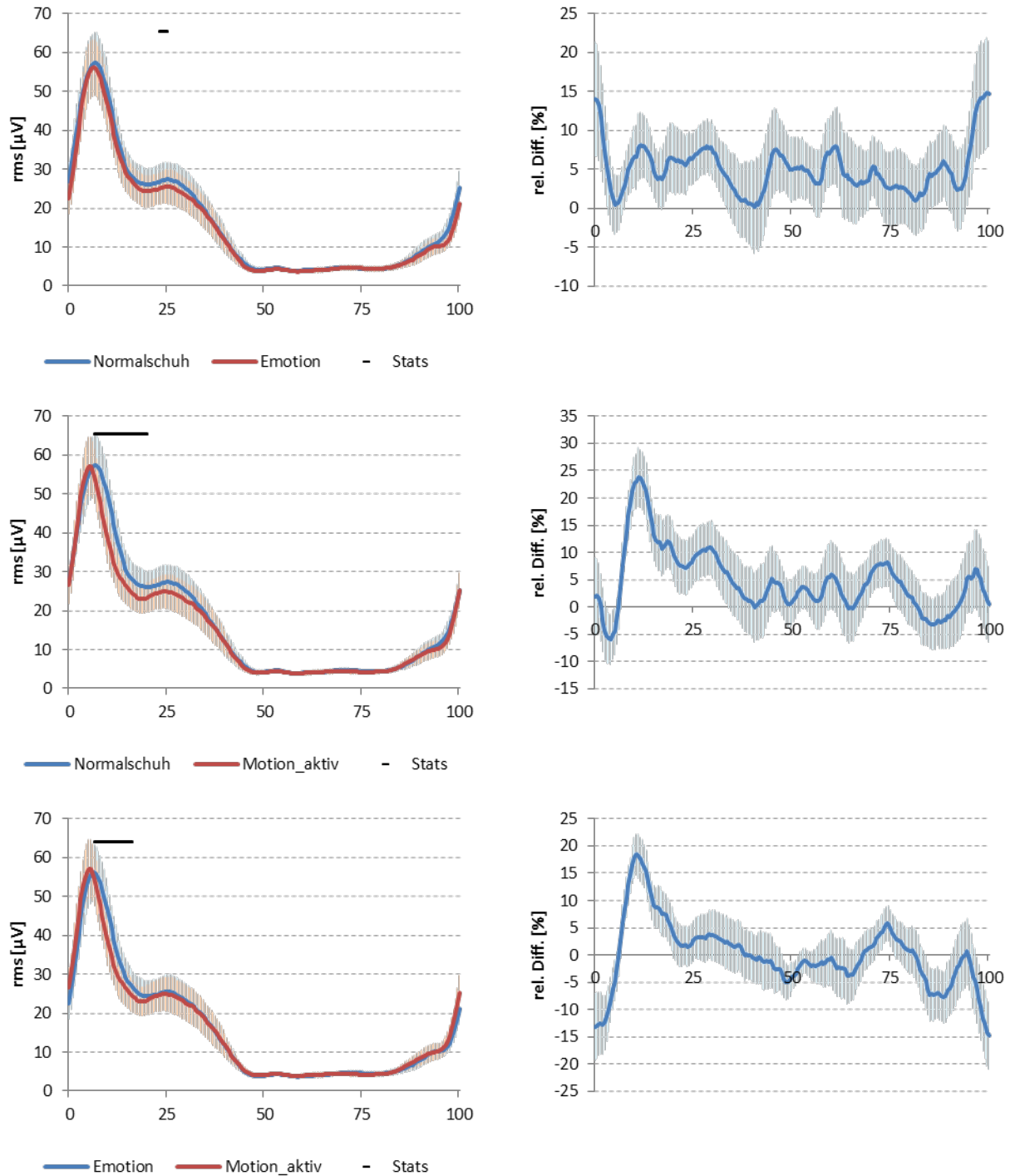
Die Veränderung der Kurvencharakteristik gegenüber dem Vergleichsschuh unterscheidet sich zwischen den beiden Joya- Modellen: während beim Emotion- Modell die Amplituden insbesondere in der Standphase verringert werde, fällt beim Motion- Modell vor allem die Amplitudenverringering in der terminalen Schwungphase auf. Auch für den BF erfolgt eine geschlechtsgetrennte Darstellung der Ergebnisse.



**Abbildung 37:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven für den VL bei 4 km/h als Kreisdarstellung. Der normierte Schritt beginnt bei 12 Uhr und verläuft im Uhrzeigersinn, bei 6 Uhr erfolgt der kontralaterale Fersenaufsatz. Links die Werte der Frauen und rechts die Werte der Männer.

Für den BF weisen beide Joya-Schuhe in zunehmender Differenz von Motion zu Emotion für die Frauen. Bei den Männern lassen sich in der terminalen Schwungphase lediglich für das Motion- Modell entsprechende Amplitudendifferenzen nachweisen, während in der mittleren Standphase beide Joya- Modelle zu einer Amplitudenverminderung führen.

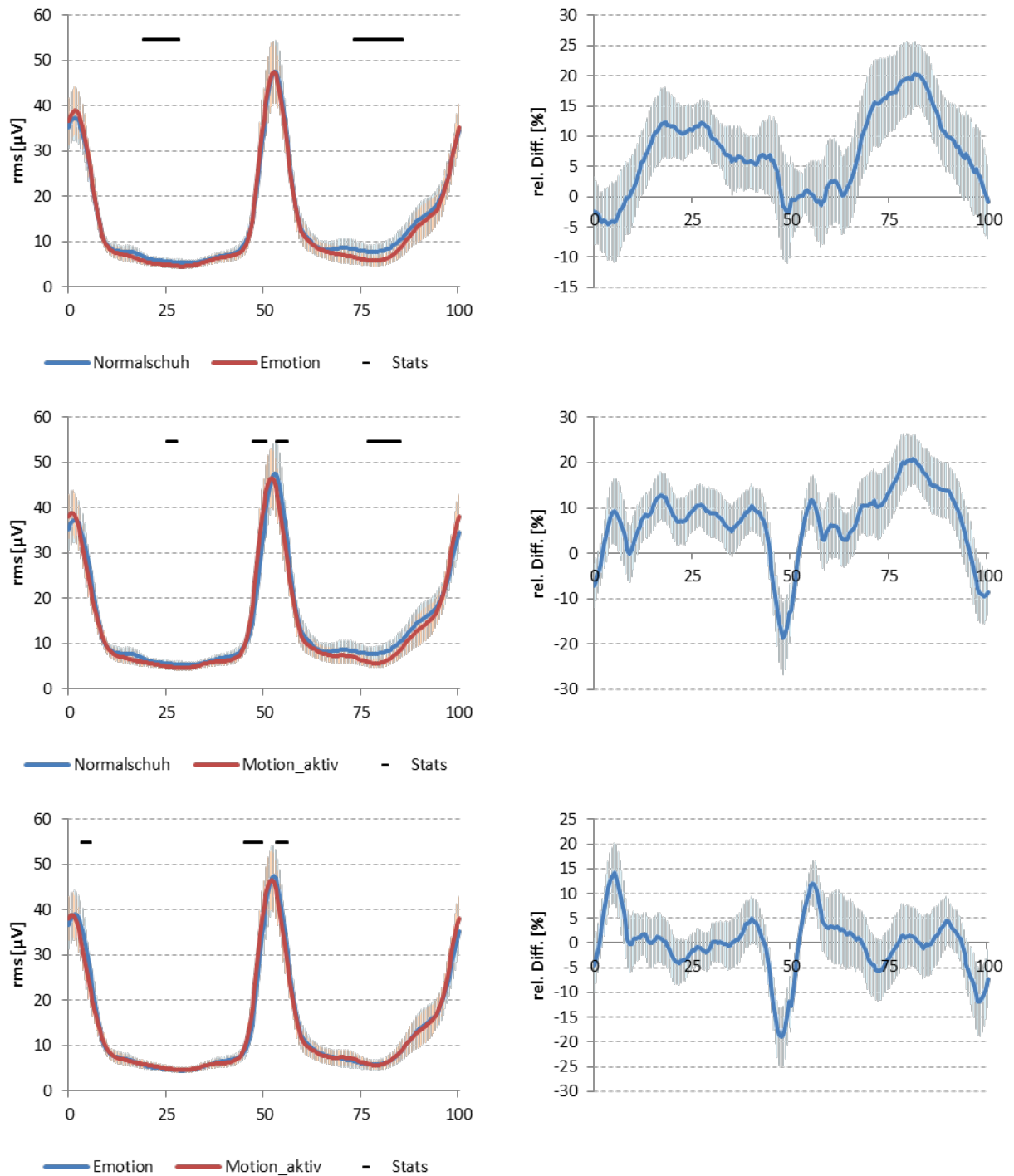
## GM



**Abbildung 38:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den GM bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Die insbesondere für den Motion- Schuh auffälligen Signifikanzen in der frühen Standphase gehen auf eine Vorverlagerung des zweizeitigen Amplitudenabfalls in der Standphase zurück. Ansonsten lassen sich keine systematischen Amplitudenunterschiede zwischen den Schuhmodellen finden.

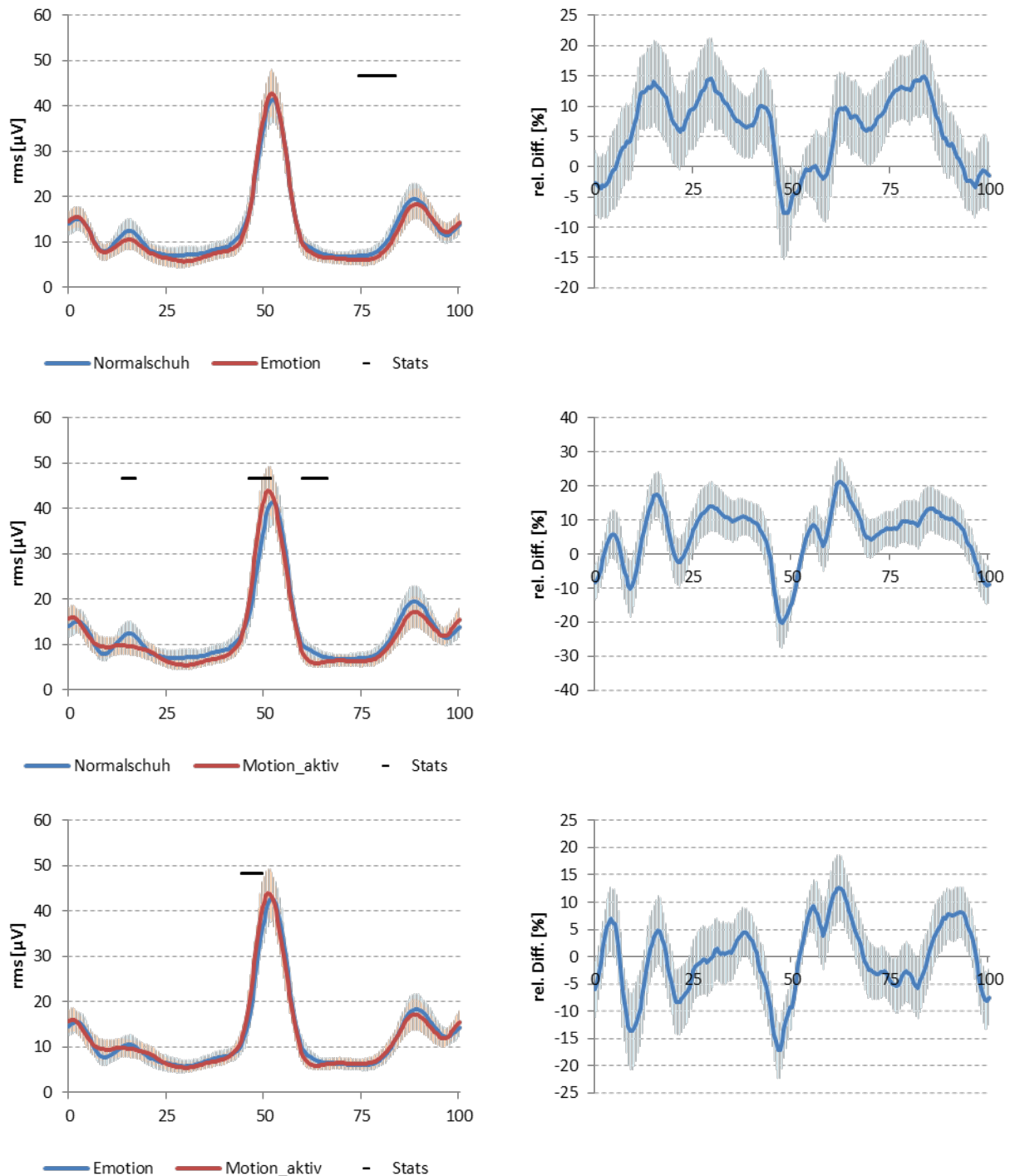
## MF



**Abbildung 39:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den MF bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Beide Joya- Modelle weisen zunächst in der mittleren Standphase, dann aber auch während der mittleren Schwungphase systematisch niedrigere Amplitudenwerte als das Vergleichsmodell auf.

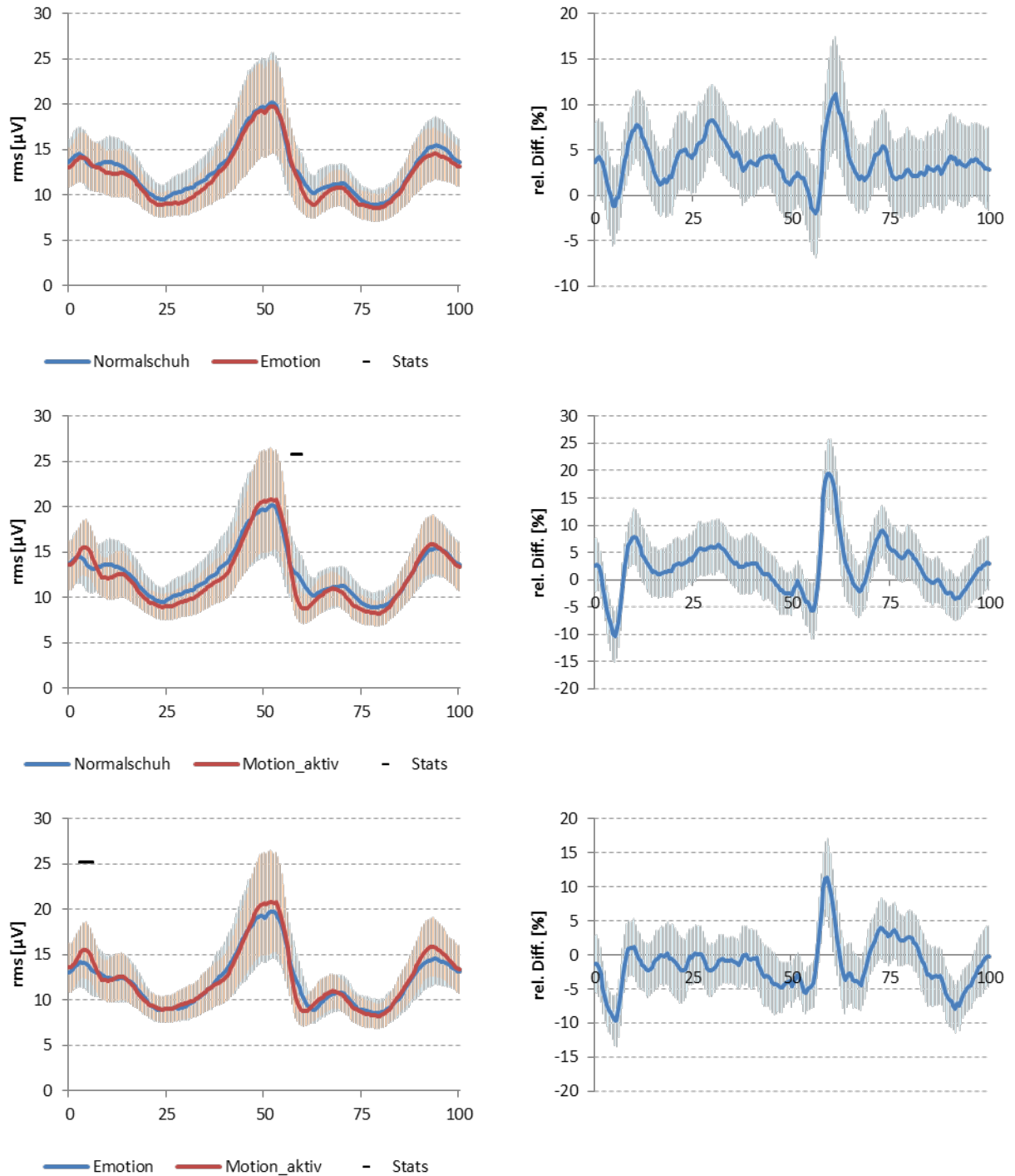
## LO



**Abbildung 40:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den LO bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Systematische Unterschiede lassen sich lediglich für den Vergleich zwischen Vergleichsschuh und dem Motion- Modell finden: der Motion- Schuh weist erneut in der mittleren Standphase niedrigere amplitudenwerte als der Vergleichsschuh auf, ist aber zur Amplitudenspitze beim kontralateralen Fersenaufsatz durch signifikant erhöhte Amplitudenwerte gekennzeichnet. Ebenfalls ist hier eine geringe aber deutliche Vorverlagerung dieses Amplitudenmaximums zu beobachten.

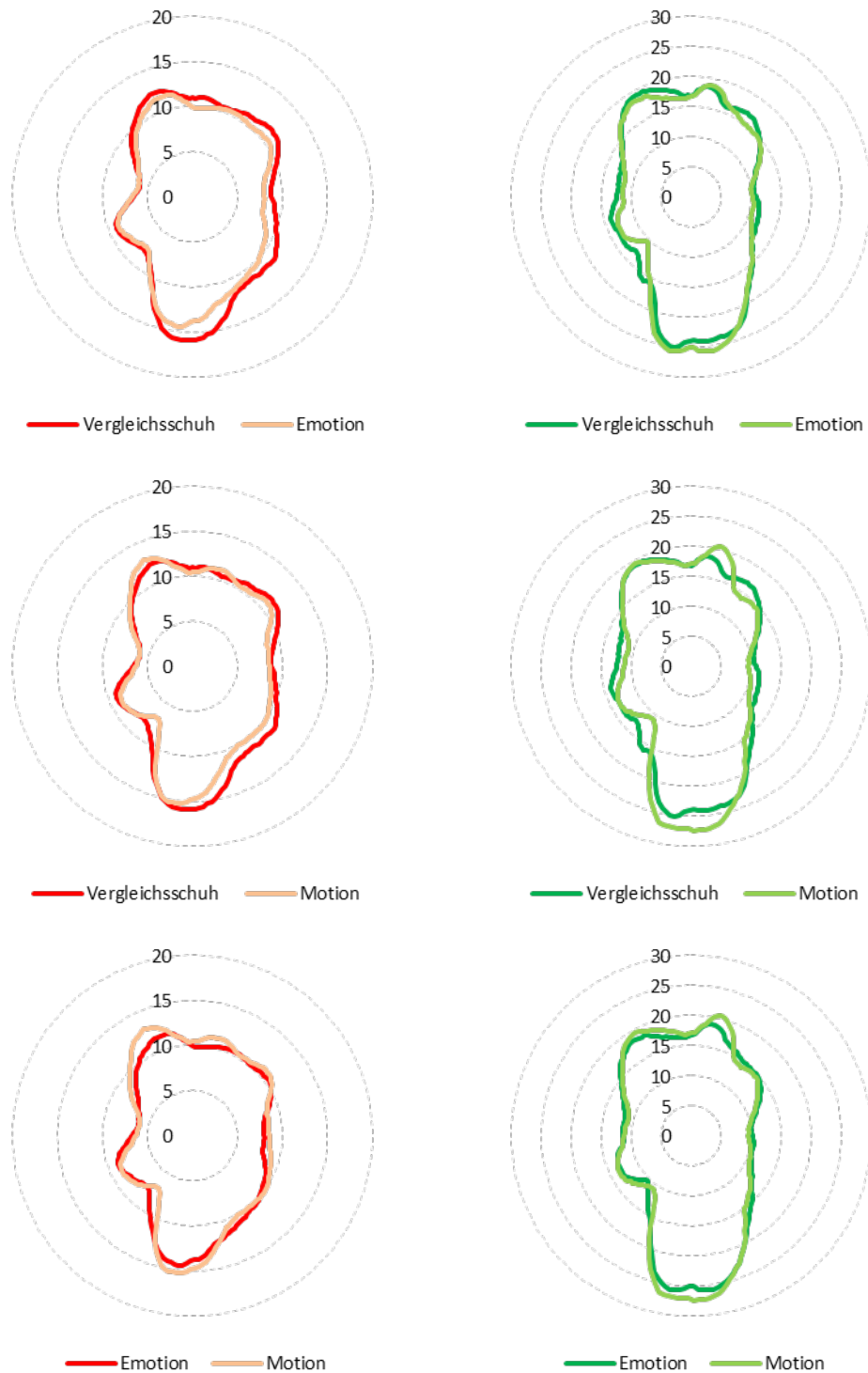
## OI



**Abbildung 41:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den OI bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Trotz vereinzelt nachweisbarer Signifikanzen lässt sich für den OI kein systematischer Einfluss der Schuhe auf die Muskelaktivität nachweisen. Für den OI wurde in der ANOVA ein signifikanter Einfluss des Geschlechts nachgewiesen, sodass auch für diesen Muskel eine geschlechtsgetrennte Darstellung erfolgt.

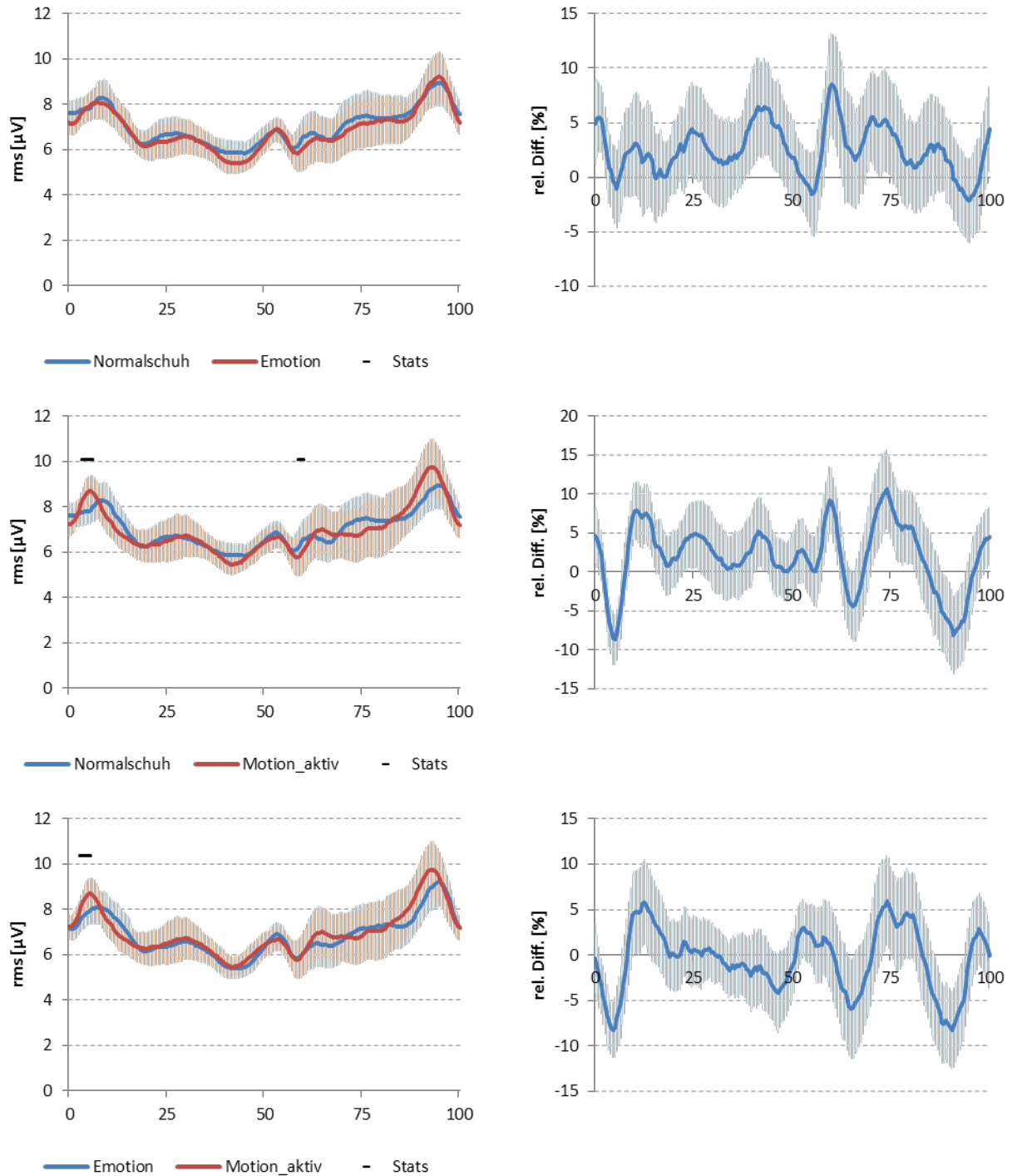




**Abbildung 42:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven bei 4 km/h für den OI als Kreisdarstellung. Der normierte Schritt beginnt bei 12 Uhr und verläuft im Uhrzeigersinn, bei 6 Uhr erfolgt der kontralaterale Fersenaufsatz. Links die Werte der Frauen und rechts die Werte der Männer.

Sowohl die Amplitudenwerte als auch die Aktivitätscharakteristik unterscheidet sich zwischen Frauen und Männern, wobei die Männer die höheren Amplitudenwerte und eine stärkere Phasizität aufweisen. Der Motion- Schuh führt bei den Männern zu einer im Kontrast zum Vergleichsschuh erhöhten Amplitude zum kontralateralen Fersenaufsatz.

OE

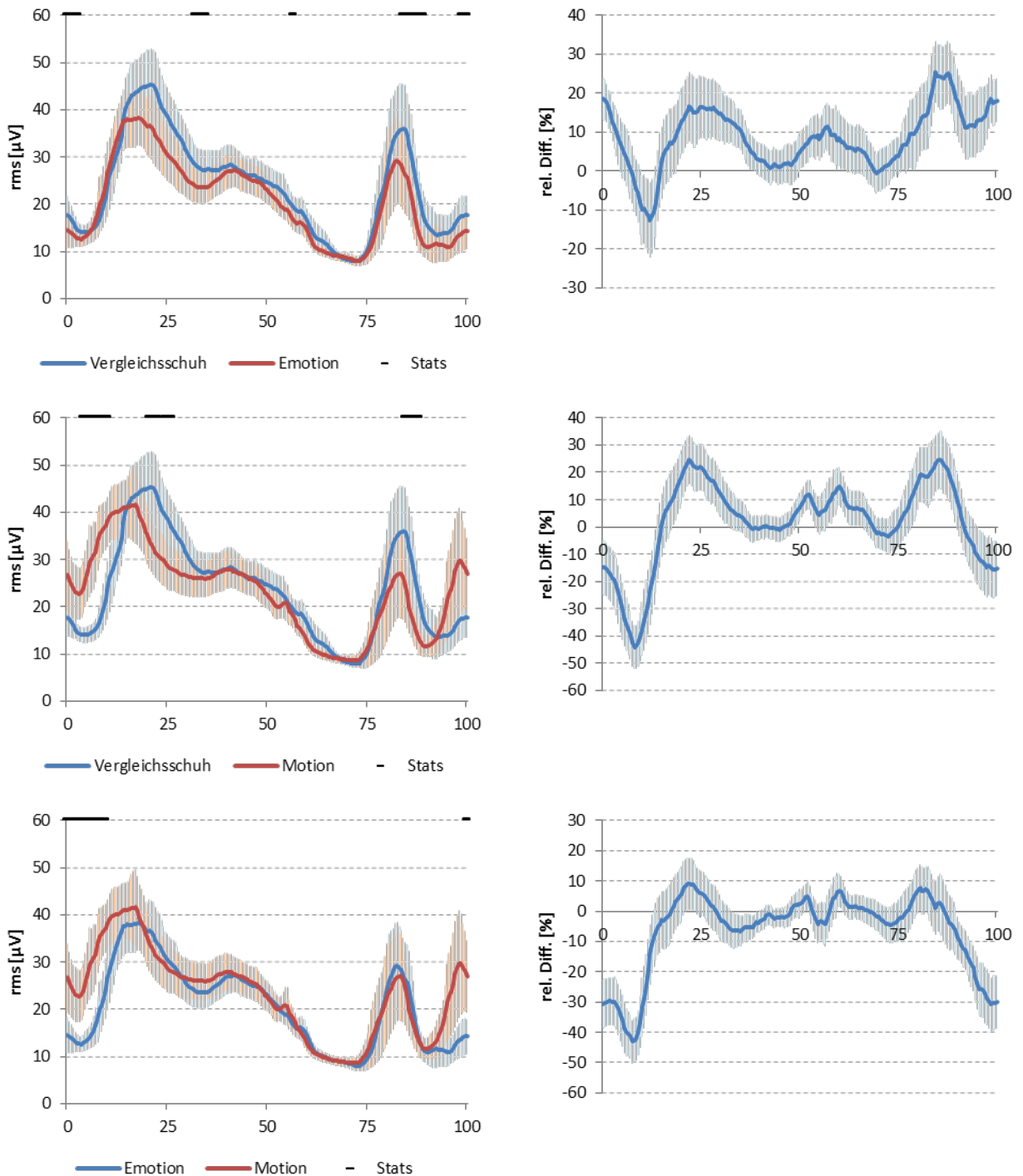


**Abbildung 43:** Darstellung der zeitnormierten Amplitudenverlaufskurven (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für den OE bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Für das Motion- Modell lassen sich für die Amplitudenspitzen in der initialen Stand, sowie der späten Schwungphase teilweise signifikant erhöhte Amplitudenwerte im Vergleich zu den beiden anderen Schuhmodellen nachweisen.

Im Weiteren erfolgt nun die Darstellung der analysierten Kokontraktionseigenschaften.

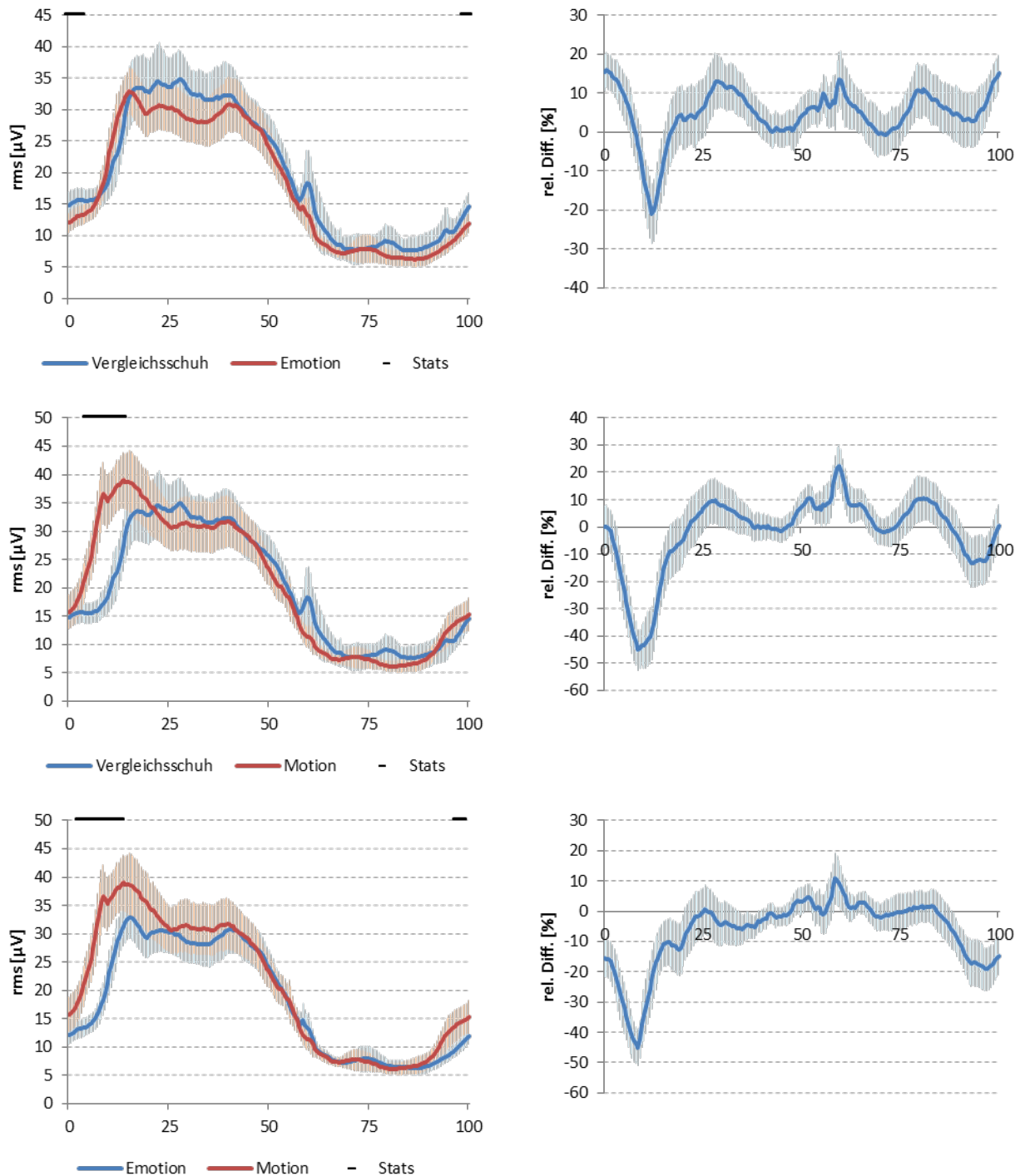
## TAMG



**Abbildung 44:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar TA/MG bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Die zu beobachtenden Effekte unterscheiden sich grundsätzlich zwischen den beiden Joya-Modellen: während beim Emotion-Modell eine (nicht signifikante) Verminderung der Kokontraktionsaktivität in der mittleren Standphase gegenüber dem Vergleichsschuh zu beobachten ist, weist das Motion-Modell in der initialen Standphase hier eine frühere und damit eine systematische Erhöhung der Kokontraktionsaktivität auf.

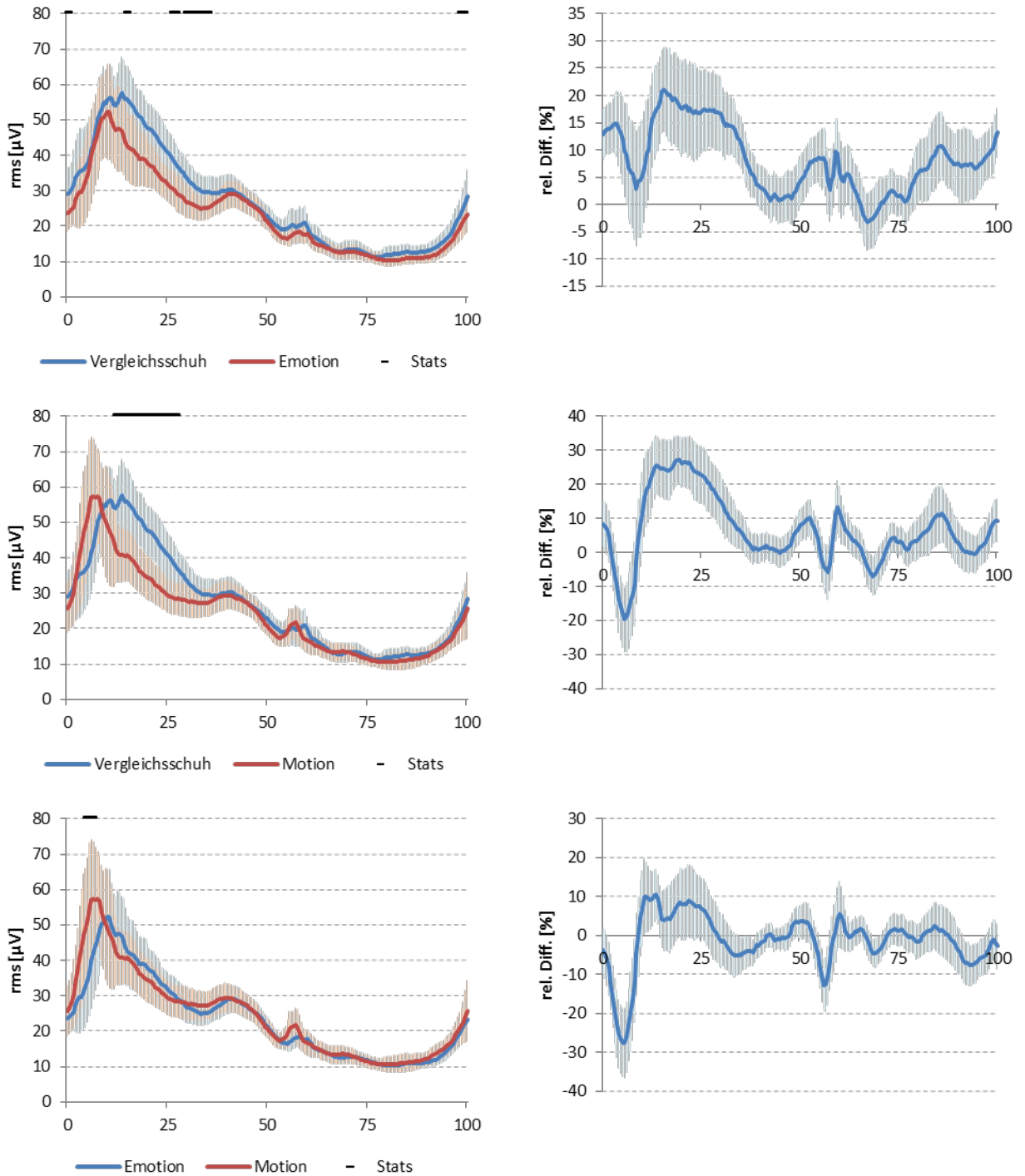
## TALG



**Abbildung 45:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar TA/LG bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Für das Muskelpaar TA/LG sind die bereits vorher besprochenen Effekte ebenfalls, jedoch noch erheblich deutlicher zu beobachten. Zusätzlich ist die Kokontraktionsaktivität zu initialen Standphase für das Emotion- Modell signifikant gegenüber dem Vergleichsschuh vermindert.

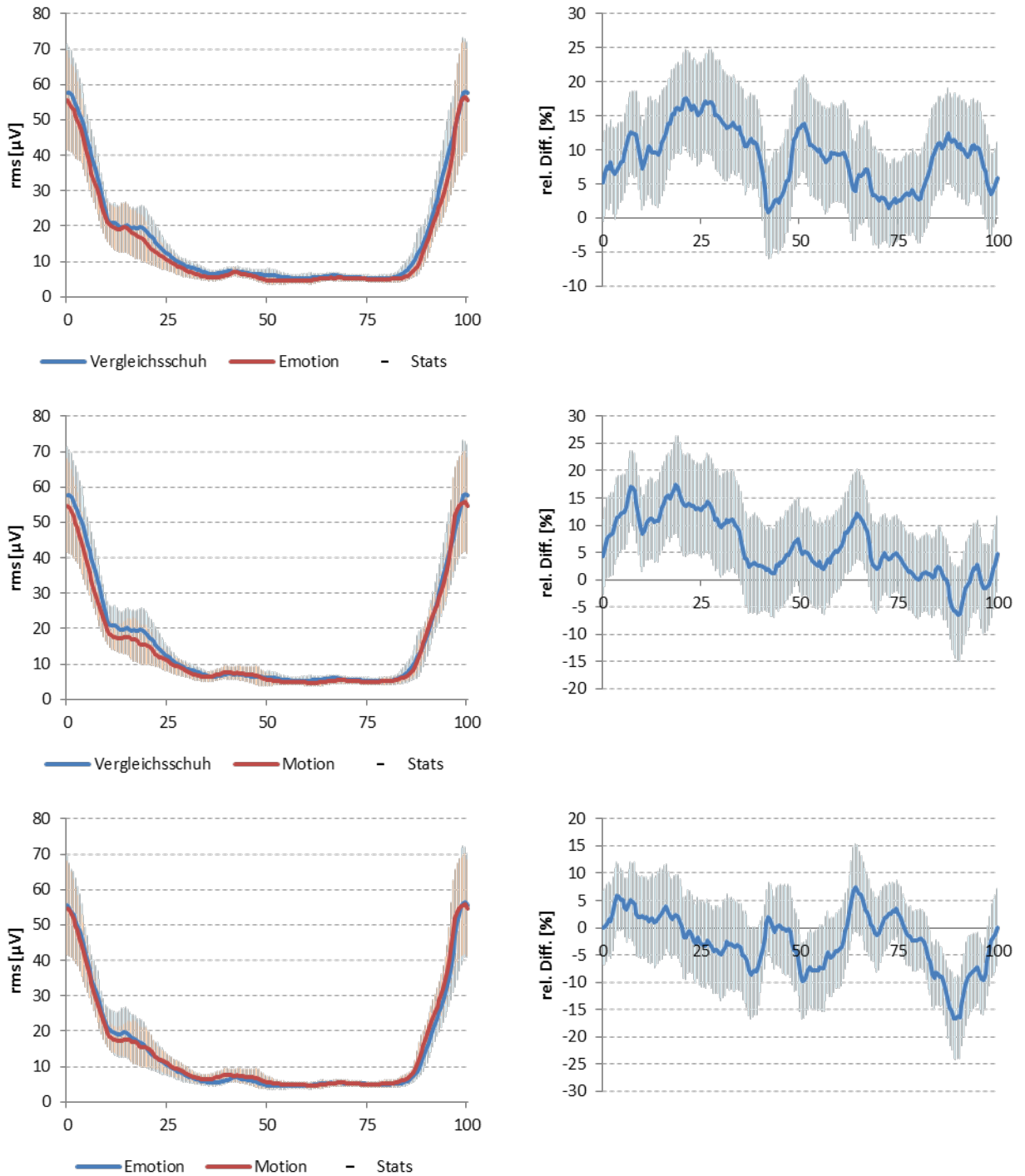
## TA/FL



**Abbildung 46:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar TA/FL bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Für beide Joya- Modelle lässt sich eine signifikante Verringerung der Kokontraktionsaktivität in der frühen bis mittleren Standphase gegenüber dem Vergleichsschuh nachweisen, die für das Motion- Modell von einem steileren Anstieg der Aktivität in der initialen Standphase im Vergleich mit den beiden anderen Schuhmodellen begleitet wird.

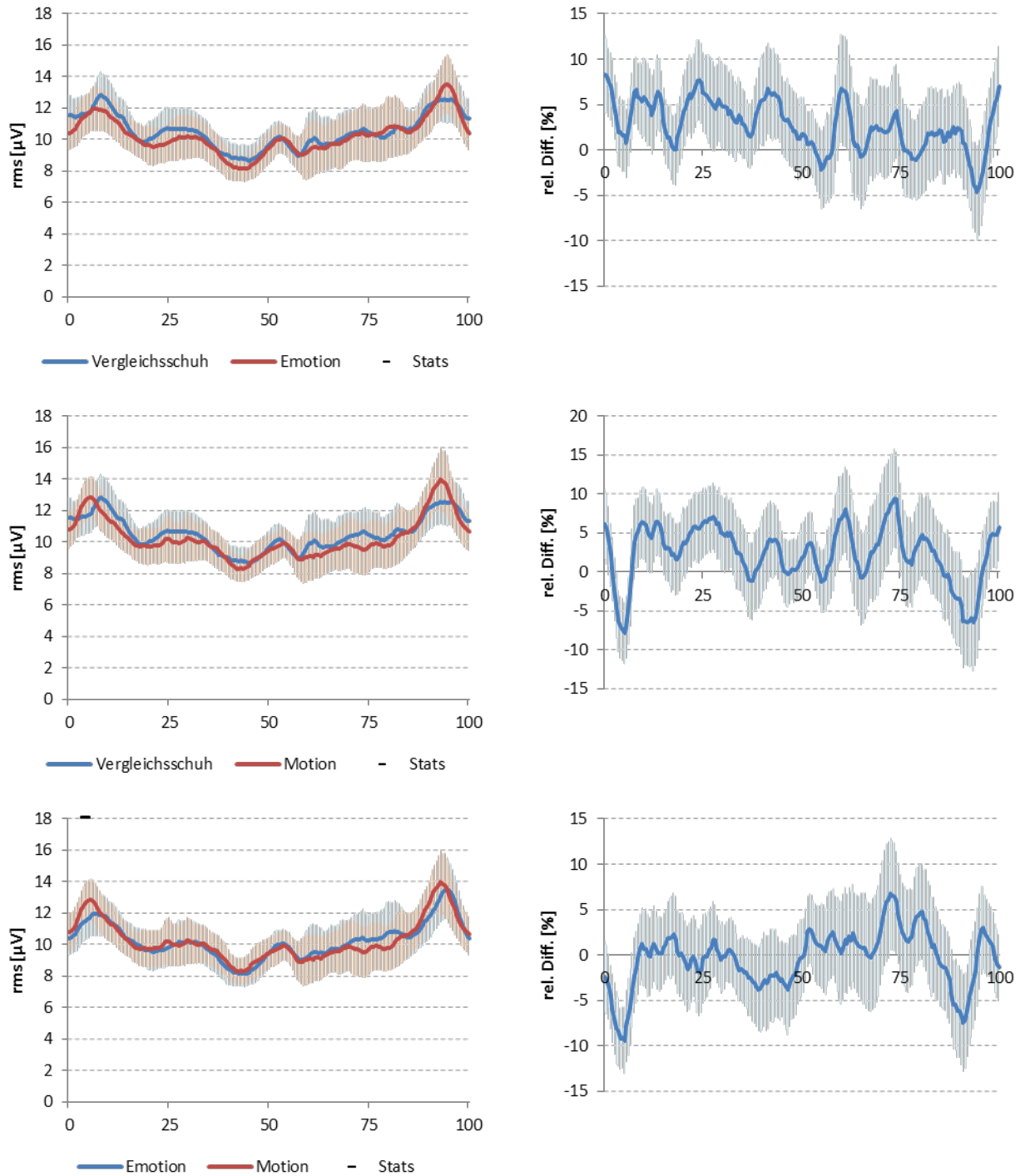
## VM/BF



**Abbildung 47:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar VM/BF bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Das Kokontraktionsverhalten des antagonistischen Muskelpaars VM/BF wird durch keine der untersuchten Schuhkonfigurationen systematisch verändert.

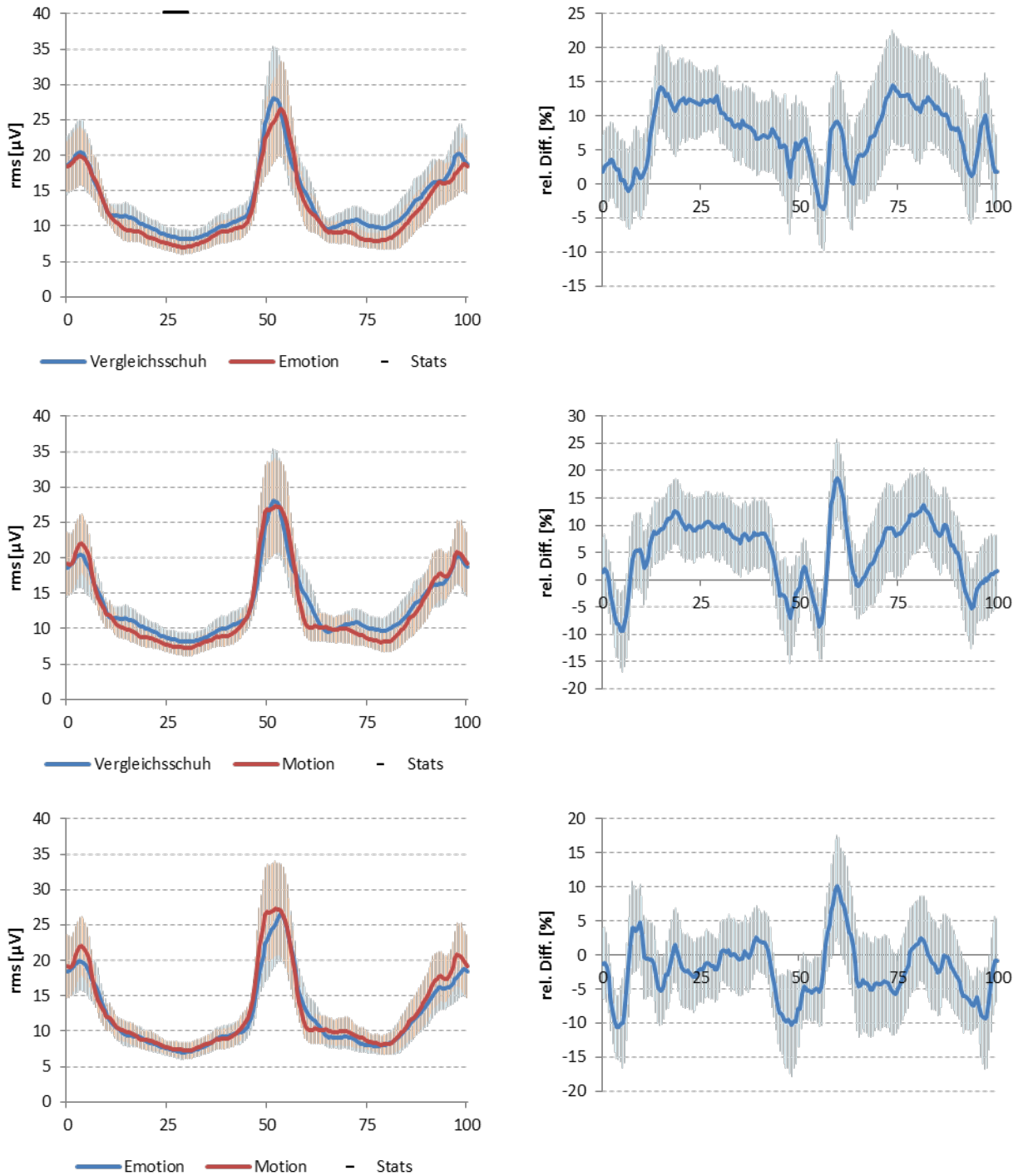
## OI/OE



**Abbildung 48:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar OI/OE bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Das Kokontraktionsverhalten des antagonistischen Muskelpaars OI/OE wird durch keine der untersuchten Schuhkonfigurationen systematisch verändert.

## OI/MF

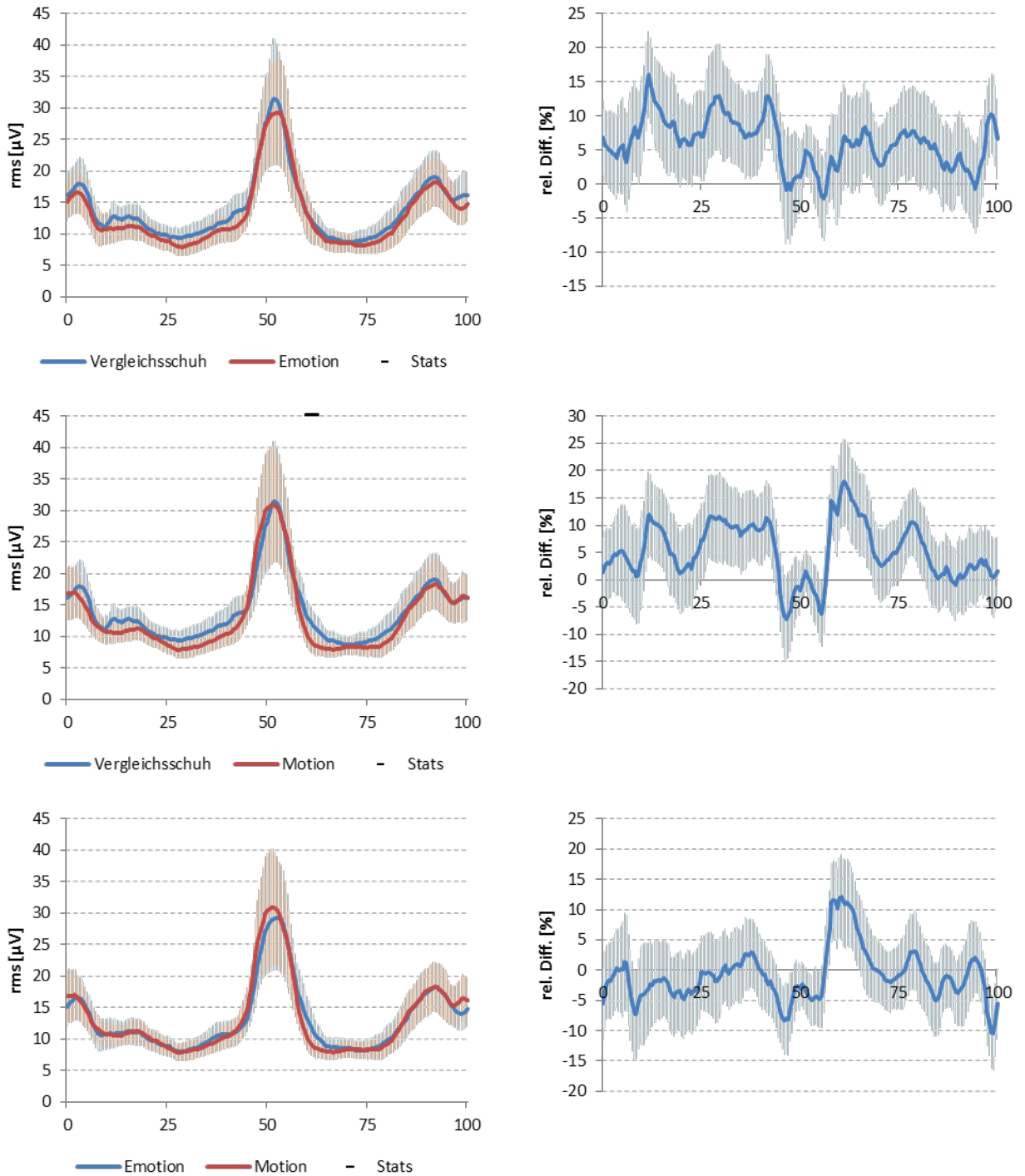


**Abbildung 49:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar OI/MF bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Das Kokontraktionsverhalten des antagonistischen Muskelpaars OI/MF weist im Vergleich zum Vergleichsschuh eine Tendenz zur verminderten Kokontraktionsaktivität sowohl in der Stand- als auch der Schwungphase auf. Dies kann in der Standphase systematisch nachgewiesen werden. In abgeschwächter Form kann das auch für das Motion- Modell beobachtet werden.



## OI/LO



**Abbildung 50:** Darstellung der zeitnormierten Kokontraktionsindizes (links) sowie deren prozentualer Differenzen (rechts) für das Antagonistenpaar OI/MF bei 4 km/h Gehgeschwindigkeit. Die Darstellung der Differenzen erfolgt dergestalt, dass positive Werte immer dann auftreten, wenn die blaue Kurve der linken Spalte die höheren Werte aufweist. Die schwarzen Markierungen oberhalb der Verlaufskurven zeigen signifikante Differenzen mit  $p < 0,05$  an (Bonferroni-Holm korrigiert).

Die bereits beim Antagonistenpaar OI/MF beobachtete verminderte Kokontraktionsaktivität der Joya- Modelle tritt für das Antagonistenpaar OI/LO für das Motion- Modell stärker zutage. Ein Signifikanznachweis gelingt jedoch nur sporadisch.

## **Zusammenfassung und Bewertung**

Die untersuchten Schuhmodelle weisen gegenüber dem Vergleichsschuh eindeutige und dabei unterschiedliche Auswirkungen auf die muskuläre Aktivitätscharakteristik auf. Dabei wird die Intensität der muskulären Aktivierung beim Tragen des Emotion- Modells im Wesentlichen verringert, demgegenüber führt das Tragen des Motion- Modells zu einer Erhöhung des muskulären Aufwandes. Dies konnte vor allem an den Muskeln des Unterschenkels nachgewiesen werden. Die ebenfalls untersuchten Kokontraktionsindizes weisen dies bei Einbeziehung von Antagonistenpaaren explizit dahingehend aus, dass hier eine Erhöhung des muskulären Stabilisierungsaufwandes der Unterschenkelmuskeln nachweisbar war. Für das Emotion- Modell war hier die gegenteilige Wirkung nachweisbar.

Somit wird die Wirkung der beiden Schuhmodelle folgendermaßen interpretiert:

Das Motion- Modell muss im weitesten Sinn als Trainingsgerät aufgefasst werden, was in der Konsequenz zu entsprechenden Hinweisen für die Träger führen sollte, nämlich dass die Tragedauer vor allem zu Beginn der Nutzung keinesfalls zu lang anhalten sollte, um Überlastungen der Beinmuskulatur zu vermeiden. Im Weiteren kann die Tragedauer individuell gesteigert werden. Dies sollte dann zu einer Verbesserung der muskulären Leistungsfähigkeit insbesondere der Unterschenkelmuskulatur führen.

Das Emotion- Modell kann hier als für die Regeneration bzw. Schonung der Beinmuskulatur geeignetes Modell eingestuft werden und ergänzt somit das Motion- Modell komplementär.

Alle Berechnungen können vollständig anhand des elektronischen Anhangs nachvollzogen werden. Dieser enthält auch immer alle Gehgeschwindigkeiten und bezieht auch die in die Berichterstattung nicht eingeflossenen Daten aller Gehgeschwindigkeiten sowie aller tatsächlich durchgeführten Szenarien (also auch barfuß und Motion Fersengang) mit ein.

## **Literatur**

- Carrier DR, Anders C, Schilling N. 2011. The musculoskeletal system of humans is not tuned to maximize the economy of locomotion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 108 (46):18631-18636.
- Hemmelmann C, Horn M, Susse T, Vollandt R, Weiss S. 2005. New concepts of multiple tests and their use for evaluating high-dimensional EEG data. *J Neurosci Methods*, 142 (2):209-217.
- Mörl F, Anders C, Grassme R. 2010. An easy and robust method for ECG artifact elimination of SEMG signals Aalborg: Omnipress.
- Rudolph KS, Axe MJ, Snyder-Mackler L. 2000. Dynamic stability after ACL injury: who can hop? *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 8 (5):262-269.