

## Wie steuert uns Gehirn Bewegungen?

Wir wollen herausfinden, mit welchen motorischen Programme unser Gehirn unseren Gang steuert. Wir wissen bereits, dass es diese grundlegenden Programme gibt, aber wir wissen noch nicht, ob und wodurch diese Programme Veränderungen unterlegen sind.



## Die Idee

Über die letzten 3 Jahre ist es uns gelungen, ein inzwischen weltweit anerkanntes Verfahren zur Erfassung dieser Grundmuster weiterzuentwickeln, sodass wir aus der Aktivität der Muskulatur auf die neuromuskuläre Steuerung Rückschlüsse ziehen können. Jetzt wollen wir dieses Verfahren auf verschiedene Bedingungen beim Gehen anwenden.



## Und genau dafür bitten wir um Ihre Mithilfe!

Für unsere Forschung suchen wir freiwillige Personen im Alter von 40 bis 70 Jahren, die auf einem Laufband in einer selbst gewählten Geschwindigkeit und zwei langsameren Geschwindigkeiten jeweils ca. 100 Schritte gehen. Insgesamt möchten wir folgende Bewegungen messen:

- 2 x 100 Schritte (ca. je 180 m) Gehen in Ihrer Lieblingsgeschwindigkeit
- 2 x 100 Schritte (ca. je 150 m) Gehen mit reduzierter Geschwindigkeit
- 2 x 100 Schritte (ca. je 100 m) Gehen mit langsamer Geschwindigkeit
- 2 x 100 Schritte (ca. je 150 m) Gehen mit reduzierter Geschwindigkeit bei einer Steigung von 6%.

Zwischen den Messungen liegen ca. 2-minütige Pausen. Eine Eingewöhnung auf dem Laufband ist selbstverständlich vorgesehen. Die gesamte Messung inklusive aller Vorbereitungen vor Ort dauert für Sie ca. 3 Stunden. Die Reihenfolge der Gehbedingungen ist zufällig. – Weitere Informationen erhalten Sie sehr gern telefonisch oder per E-Mail.

### Zusammenfassung:

- Gehen auf dem Laufband mit verschiedenen Geschwindigkeiten
- Gehstrecke insgesamt ca. 600 m mit Pausen
- Zeitaufwand ca. 3 Stunden
- Messungen im Berlin Mitte (U Oranienburger Tor)

#### Dr. Lars Janshen

Humboldt-Universität zu Berlin  
Institut für Sportwissenschaft  
Abt. Trainings- & Bewegungswissenschaften  
Philippstraße 13, Haus 25, R 2.11

Tel: 030 – 2093-46251

Mail: [lars.janshen@hu-berlin.de](mailto:lars.janshen@hu-berlin.de)

Info: [www.tbw.hu-berlin.de](http://www.tbw.hu-berlin.de)

## Wissenschaftlicher Hintergrund

Um Bewegungen des Menschen messen zu können, werden beispielsweise Videoanalysen verwendet. Die äußere Bewegungserscheinung (Kinematik) lässt allerdings nur bedingt Rückschlüsse auf die direkte Bewegungsausführung durch die Muskulatur zu. Etwas mehr Aufschluss liefert hier die Erfassung der neuromuskulären Kontrolle mittels der Oberflächenelektromyographie. Mit dieser Methode ist allerdings kein direkter Vergleich zwischen verschiedenen Messungen unterschiedlicher Personen und selbst bei ein und derselben Person möglich. Das hat zum einen technische Gründe, zum anderen spielt hier die individuelle Variation selbst hoch automatisierter Bewegungsabläufe eine große Rolle. Ursache für die Variationen einer Bewegungsausführung ist die Vielfalt der Lösungsmöglichkeiten von einer bestimmten Bewegungsaufgabe durch unseren Körper (Bernstein 1967), das sogenannte neuromuskuläre System.



Mit den jetzt verwendeten komplexen mathematischen Verfahren ist bei Messungen der muskulären Koordination erstmals ein Blick „hinter die Kulissen“, also auf die Basisebene der neuronalen Ansteuerungsmuster der Bewegungssteuerung möglich. Zusammen mit anderen international arbeitenden Wissenschaftsgruppen haben wir herausgefunden, dass die von uns Menschen verwendeten Bewegungsmuster immer auf bestimmten Grundmustern, sogenannten „motorischen Modulen“ oder „Muskel-Synergien“, beruhen (Chhabra and Jacobs 2006). So lassen sich beispielsweise die Bewegungsmuster der Beine beim Gehen und Laufen auf vier (Oliveira et al. 2012) oder fünf solche Muskel-Synergien (Cappellini et al. 2006; Chvatal and Ting 2013; Ivanenko et al. 2006a; Sasaki and Neptune 2006) zurückführen. Diese Grundstruktur zeigte sich auch bei verschiedenen Geschwindigkeiten (Ivanenko et al. 2004; 2006a; b). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass der jeweilige Anteil eines Muskels innerhalb einer Muskelsynergie von den Belastungsbedingungen der Bewegung abhängt (Ivanenko et al. 2004; McGowan et al. 2010). Neuere Studien konnten sogar zeigen, dass diese Module im direkten Zusammenhang mit den neuronalen Aktivitäten des Gehirns stehen, die die Bewegung auslösen bzw. steuern haben (Bizzi and Cheung 2013; Bizzi et al. 2008; Cheung et al. 2009b; d'Avella et al. 2003; Roh et al. 2011). Unter Berücksichtigung des neuronalen Ursprungs der Muskelsynergien erscheint deren Analyse bei neurologischen Patienten mit motorischen Einschränkungen als äußerst interessant. Hierzu wurden beispielsweise Studien bei Patienten mit kortikalen Schäden, die auf Verletzungen oder Schlaganfall basierten (Cheung et al. 2009a; Cheung et al. 2012; Cruz and Dhaher 2009; Routson et al. 2013), sowie bei Patienten mit spinal bedingten Lähmungen (Fox et al. 2013; Giszter and Hart 2013) durchgeführt. Es wurden unter anderem die Unterschiede zwischen den neurologischen Patienten und gesunden Personen betrachtet (Latash and Anson 2006; Routson et al. 2014).

Neben den neurologischen Einschränkungen in Folge eines Schlaganfalls oder einer spinalen Verletzung ist auch die Autoimmunerkrankung Multiple Sklerose (MS) mit ihren neuronal degenerativen Symptomen in den meisten Fällen des Krankheitsverlaufs mit Einschränkungen des Bewegungsapparats verbunden. Derzeit ist allerdings nur eine Studie zur Untersuchung der Muskelsynergien bei Patienten mit MS bekannt (Lencioni et al. 2016).

Entgegen der landläufigen Meinung führt die Multiple Sklerose nicht zwangsläufig zu schweren Behinderungen. Insbesondere beim schubförmigen Verlauf bleibt auch viele Jahre nach Beginn der Erkrankung die Mehrzahl der Patienten noch gehfähig.

Neben der geringen Datenlage bezüglich der neuromuskulären Koordination bei Menschen mit MS interessiert uns vor allem der z.T. starke Wechsel insbesondere der motorischen Einschränkung im Rahmen des schubförmigen Verlaufs der Erkrankung.

Mit unserem aktuellen Forschungsprojekt wollen wir untersuchen, ob und in welcher Form sich die neuromuskulären Grundmuster speziell beim Gehen bei Personen mit und ohne neurologische Erkrankungen, insbesondere Multiple Sklerose (MS), unterscheiden. Bei Personen mit MS interessieren uns vor allem potentielle Veränderungen möglichst direkt nach einem Schub, ca. vier Wochen und ca. 3 Monate danach, sowie im weiteren Verlauf der Erkrankung.

**Dr. Lars Janshen**

Humboldt-Universität zu Berlin  
 Institut für Sportwissenschaft  
 Abt. Trainings- & Bewegungswissenschaften  
 Philippstraße 13, Haus 25, R 2.11  
 Tel: 030 – 2093-46251  
 Fax: 030 – 2093-46046  
 Mail: [lars.janshen@hu-berlin.de](mailto:lars.janshen@hu-berlin.de)  
 Info: [www.tbw.hu-berlin.de](http://www.tbw.hu-berlin.de)

- Bernsteĭn NA.** The Co-ordination and regulation of movements. 196, 1967.
- Bizzi E, and Cheung VC.** The neural origin of muscle synergies. *Front Comput Neurosci* 7: 51, 2013.
- Bizzi E, Cheung VC, d'Avella A, Saltiel P, and Tresch M.** Combining modules for movement. *Brain research reviews* 57: 125-133, 2008.
- Cappellini G, Ivanenko YP, Poppele RE, and Lacquaniti F.** Motor patterns in human walking and running. *J Neurophysiol* 95: 3426-3437, 2006.
- Cheung VC, d'Avella A, and Bizzi E.** Adjustments of motor pattern for load compensation via modulated activations of muscle synergies during natural behaviors. *J Neurophysiol* 101: 1235-1257, 2009a.
- Cheung VC, Piron L, Agostini M, Silvoni S, Turolla A, and Bizzi E.** Stability of muscle synergies for voluntary actions after cortical stroke in humans. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106: 19563-19568, 2009b.
- Cheung VC, Turolla A, Agostini M, Silvoni S, Bennis C, Kasi P, Paganoni S, Bonato P, and Bizzi E.** Muscle synergy patterns as physiological markers of motor cortical damage. *Proc Natl Acad Sci U S A* 109: 14652-14656, 2012.
- Chhabra M, and Jacobs RA.** Properties of synergies arising from a theory of optimal motor behavior. *Neural Comput* 18: 2320-2342, 2006.
- Chvatal SA, and Ting LH.** Common muscle synergies for balance and walking. *Front Comput Neurosci* 7: 48, 2013.
- Cruz TH, and Dhaheer YY.** Impaired lower limb muscle synergies post-stroke. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc* 2009: 3956-3959, 2009.
- d'Avella A, Saltiel P, and Bizzi E.** Combinations of muscle synergies in the construction of a natural motor behavior. *Nat Neurosci* 6: 300-308, 2003.
- Fox EJ, Tester NJ, Kautz SA, Howland DR, Clark DJ, Garvan C, and Behrman AL.** Modular control of varied locomotor tasks in children with incomplete spinal cord injuries. *J Neurophysiol* 110: 1415-1425, 2013.
- Giszter SF, and Hart CB.** Motor primitives and synergies in the spinal cord and after injury--the current state of play. *Ann N Y Acad Sci* 1279: 114-126, 2013.
- Ivanenko YP, Poppele RE, and Lacquaniti F.** Five basic muscle activation patterns account for muscle activity during human locomotion. *J Physiol* 556: 267-282, 2004.
- Ivanenko YP, Poppele RE, and Lacquaniti F.** Motor control programs and walking. *Neuroscientist* 12: 339-348, 2006a.
- Ivanenko YP, Poppele RE, and Lacquaniti F.** Spinal cord maps of spatiotemporal alpha-motoneuron activation in humans walking at different speeds. *J Neurophysiol* 95: 602-618, 2006b.
- Latash ML, and Anson JG.** Synergies in health and disease: relations to adaptive changes in motor coordination. *Phys Ther* 86: 1151-1160, 2006.
- Lencioni T, Jonsdottir J, Cattaneo D, Crippa A, Gervasoni E, Rovaris M, Bizzi E, and Ferrarin M.** Are Modular Activations Altered in Lower Limb Muscles of Persons with Multiple Sclerosis during Walking? Evidence from Muscle Synergies and Biomechanical Analysis. *Front Hum Neurosci* 2016.
- McGowan CP, Neptune RR, Clark DJ, and Kautz SA.** Modular control of human walking: Adaptations to altered mechanical demands. *J Biomech* 43: 412-419, 2010.
- Oliveira AS, Gizzi L, Kersting UG, and Farina D.** Modular organization of balance control following perturbations during walking. *J Neurophysiol* 108: 1895-1906, 2012.
- Roh J, Cheung VC, and Bizzi E.** Modules in the brain stem and spinal cord underlying motor behaviors. *J Neurophysiol* 106: 1363-1378, 2011.
- Routson RL, Clark DJ, Bowden MG, Kautz SA, and Neptune RR.** The influence of locomotor rehabilitation on module quality and post-stroke hemiparetic walking performance. *Gait Posture* 38: 511-517, 2013.
- Routson RL, Kautz SA, and Neptune RR.** Modular organization across changing task demands in healthy and poststroke gait. *Physiological reports* 2: 2014.
- Sasaki K, and Neptune RR.** Differences in muscle function during walking and running at the same speed. *J Biomech* 39: 2005-2013, 2006.