

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

C.-I. Andrei / C. A. Micu / S. Kostrakiewicz

Einfluss der mechanischen Schwingungsreize bezüglich der Dehnbewegung auf der Neuromuskelkontrolle des menschlichen Beins

Einleitung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Untersuchung des Einflusses der senkrechten Schwingungen, die von einer speziellen Einrichtung gestrahlt sind, auf die Knieflexion, mit dem Patient in der ortostatische Position. Die Untersuchung wird in Echtzeit durchgeführt und hat als Ergebnis die EMG Antwort als auch die neuromotorische Kontrolle zu ermitteln.

Seit über 50 Jahren wurden immer mehr die Schwingungen im Training der Sportler benutzt. Die ersten Versuche beziehen sich auf den Einfluss auf der Muskelkraftverstärkung. Ein zweites wichtiges verfolgtes Ziel war die Verbesserung der Muskelkoordination zu erreichen.

Das Training auf Schwingungsplatten ist empfehlenswert, so wie es in mehreren Arbeiten [6,7,11] angegeben ist, für die Entwicklung der Muskelkraft in Abhängigkeit mit der neuromuskulären Steuerung. Man geht aus von der Idee, dass das Training mit Schwingungen die Grenze der Schmerzen nicht zu überschreiten.

Die mehrfache Aktivierung, durch Synergieeinfluss, der Agonisten und Antagonisten Muskelpaare führt zur wichtigen Hypothese der Gelenkstabilität des Beines. Die selbe Annahme ist in der Statik gültig, und bildet das Prinzip der gegenseitigen Spannungen (Aktion / Reaktion) das für den menschlichen Körper die Gleichgewichtsposition des Antriebsapparates zu leistet [2, 4, 5, 8, 12, 14]. Eine Optimierung der Belastungskapazität ist nicht nur für die Sportler wichtig, sie wird angestrebt auch für die Verhütung gegen Unfälle bei Überlastung und auch in der Kinetotherapie gültig.

Andere Versuche, mit Schwingungen, wurden im pathologischen Bereich durchgeführt wo man gute Ergebnisse in Traumatologie, Parkinsonkrankheit und in der Behandlung von Knochenrisse [3, 9, 10, 15] erreicht hat. Durchgeblendet aus der Fachliteratur ist die Verwendung der mechanischen Schwingungen auf dem menschlichen Körper mit physiologischen Änderungen stark gebunden. Das wurde erklärt durch die Möglichkeit der Energieübertragung die von verschiedenen

Parametern (Frequenz, Amplitude, u.a.) abhängig ist. Aus mechanischen Gründen kann man zwei Übertragungsformen, teilweise und gesamte Schwingungsübertragung einordnen. Das Vergleichskriterium hängt von dem Anteil des erregten Körper, bei einem großen Anteil, (wie z.B. in der aufrechten Stehen, bei liegender Position) kommt für die gesamte Erregung. Im diesem Fall wird auch eine Unterklassifizierung erwähnt nach dem Punkt wo die Erregung angebracht wird. Die Abhängigkeit zwischen der mechanische Erregung und die biologische Antwort wird durch einem Multidimensionalen System beschrieben, als Wirkung - Auswirkung Ergebnis, der den Zusammenhang der linearen Anreizparametern der Schwingung mit der nichtlinearen biologischen Antwort bestimmt.

Bezüglich der oben angegebenen Behauptungen wird in der vorliegende Arbeit die Versuche über die Körperliche Antwort bei Erregung mit verschiedenen Schwingungsfrequenzen als Muskelaktivität (EMG) und auch als die Körperliche Kontrolle für bestimmte Bewegungen wie z.B. bei der konstante Anhaltung der Kraft beschrieben. Die Muskelkontrolle bezieht sich auf „die Geschwindigkeit eine begrenzte Zahl von Motorischeinheiten eines einzigen Muskeln zu erregen, ohne andere Muskeln zu betreiben“. Die Kontrolle behauptet nicht dass die Kapazität andere benachbarte Muskel zu hemmen, dieses Prozess wird in der Phase der Koordination durchgeführt. Eine wahre Kontrolle kann nur bei einem entspannten Patient durchgeführt der eine leichte Kontraktion eines Muskeln leistet. Jede Steuerung für eine Muskelkontraktion ist möglich nur im Rahmen einer Engramme die bei Wiederholung benachbarter Hemmungen durch Kontrollprozess erreichbar ist. In der Tat ist die Kontrolle die Wirkung der oberen Ebenen des Nervenzentrums auf dem medulären α - Motoneuronpool auswirken.

Messeinrichtung und Verfahren

Um den erwähnten Ziel zu erreichen wurden folgende Geräte in einer gesamten Schaltung angekoppelt, wie im Abb. 1: Funktionsgenerator Typ DS345 Stanford Research Systems, Oszilloskop Typ PM 3370 CombiScope Fluke, Beschleunigungsgeber Modell 4508001 Brüel & Kjær, Verstärker für Beschleunigungsgeber Typ 4416B S/N A99, Erreger RFT 11075, EMG-Gerät Modell Dyslab Miomonitor III.

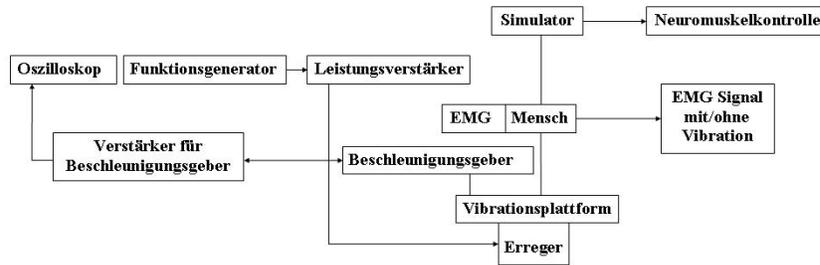


Abb. 1 Blokschaltbild der Messeinrichtung

Die Vibrationsplatte (Abb. 2) wurde eigens für den Zweck der Messung entwickelt und besteht hauptsächlich aus einer starren Platte die auf speziellen Aufhängungen, mit Blatfedern, ausgerüstet ist.

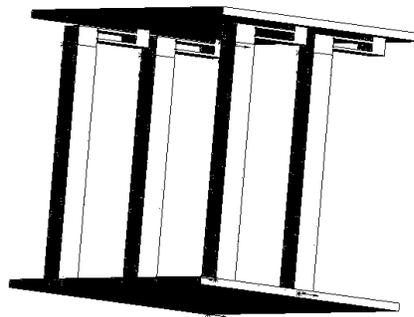


Abb. 2 Die Vibrationsplatte (Model)

Die Vibrationsplatte ist mit dem Erreger durch eine elastische Stange gekoppelt.

Der ERGOSIM Simulator, dessen Name entsprechend Sportler Anforderungen überstiemt, wurde als erstes Modell in den '80 Jahren als Ergebnis der rumänischen Fachforschung entwickelt. Die aktuelle Konstruktion wurde im Jahre 1994 patentiert und für den Rudern Training benutzt und ermöglicht nur gewisse Muskelgruppen zu kontrollieren [1]. Grundsätzlich besteht der ERGOSIM Gerät aus eine regelbare Bremse und ein Momentgeber was die Möglichkeit ergibt während des Trainings, die menschliche Antriebskraft zu kontrollieren und auf den ganzen Arbeitsweg sie konstant einzuhalten. Der ERGOSIM kann mit ein PC gekoppelt werden wobei der Sportler seine Bewegungen auf einem Bildschirm verfolgen kann und auch gleichzeitig, in Echtzeit, seine Bewegungen korrigieren.

Der Funktionsgenerator sendet ein sinusförmiges Signal einem Leistungsverstärker der weiter als

Eingangssignal des Erreger bildet. Die mechanische erzeugte Schwingung wird durch die elastische Stange auf der Subjektenplatte übertragen. Auf der Subjektenplatte befindet sich ein Schwingungsgeber der mittels einem Verstärker mit einem Oszilloskop verbunden ist. Diese Verbindung spielt eine doppelte Rolle: auf einer Seite wird die Richtigkeit der mechanischen Getriebe geprüft (Ausgangssignal sinusförmig) und auf der anderen Seite durch die Filterung der hohen Frequenzen dass die übertragene Frequenz auf der Platte auf dem Oszilloskop eingezeichnet ist (Abb. 3).



Abb.3 Überprüfung mittels des Oszilloskop der Vibrationsplatte und dem Beschleunigungsgeber

Befor der Beschreibung des Verfahrens stellt man folgende Vereinfachungs Hypothese fest:

- Alle Untersuchungspersonen sind klinisch gesund,
- Die Amplitude und die Schwingungsfrequenz sind während der Prüfung konstant,
- Die EMG-Aktivität unter Schwingungseinfluss nimmt zu linear mit der Frequenz,
- Die Bewegungsfrequenz während der Prüfungszeit bleibt unverändert.

Bei diese Untersuchung haben 20 Personen mit Alter zwischen 20 bis 50 Jahre und Höhen 1,65...1,85 m teilgenommen. Tabelle 1 ergibt eine Übersicht der Inhalte der Studie.

Folgende Schritte der Bewegungsaufgaben wurden geleistet:

- Anfänglich wurden die EMG Elektrode auf den Erwählten Muskelgruppen angebracht und der EMG Signal gemessen.
- Die Untersuchungsperson steht auf der Platte und der ganze Körper wird unter verschiedenen Frequenzen und Amplituden in Schwingung gebracht bis eine Änderung des EMG Signals sichtbar ist. Die Zeit bis der EMG Signal Änderungen aufweist wird gemessen und als Referenzzeit t_{ref} bezeichnet.
- Die Untersuchungsperson befindet sich auf der Erde, ohne EMG Elektroden, eingeschaltet an

Vibrationsgenerator	Vibrationsplattform
Stichprobe	30
Durchführung	Stufentest mit:
	25 – 30 – 35 – 40 – 45 Hz Frequenz
	6,6 m/s ² Amplitude
Stufendauer	20s
Pause zwischen den Stufen	60s
Untersuchte Muskelgruppen (EMG)	m. vastus intern, m. tibialis anterior, m. gastrocnemius m. ischiogambierus
Beschleunigungsgeber	Vibrationsplattform

Tabel 1. Übersicht der Untersuchungsinhalte

dem Simulator (ERGOSIM) und übt in stehenden Position kontrollierte Dehnbewegung für die Stabilisierung der Neuromuskelkontrolle. Der Begriff der Stabilisierung ist in diesem Fall

für die psychomotorische Gewöhnung der Untersuchungsperson für die Kraftkontrolle bei einer bestimmten Länge der Bewegung benutzt.

- Die Untersuchungsperson steht auch auf der Erde und übt Dehnbewegungen in diesem Fall mit dem Simulator und EMG Messgerät gekoppelt.
- Die Untersuchungsperson gekoppelt bei Simulator und EMG Gerät befindet sich auf der Schwingungsplatte wo der ganze Körper für eine $1,5 t_{ref}$ Zeit in Schwingung gebracht wird. Auf der Platte übt die Subjektperson kontrollierte Dehnungsbewegungen auf dem selben Fuss wie in der Anfangsperiode.
- Die Untersuchungsperson steht auf der Erde am EMG Gerät gekoppelt und der EMG Signal wird registriert während die Person keine Bewegung leistet.
- Die Untersuchungsperson steht auf der Erde am EMG Gerät gekoppelt und übt mit dem Simulator kontrollierte Bewegungen während der EMG Signal registriert ist.

Für alle Untersuchungsschritte mit Neuromuskelkontrolle müssten die Untersuchungspersonen Bewegungen mit folgenden Parametern leisten: die kontrollierte Kraft von 3daN, Bewegungsamplitude von 250 mm und Bremskonstante $c = 300$. Diese Parametern ermöglichen der Untersuchungsperson in Echtzeit die Dehnbewegung zu korrigieren. Ein kleiner Wert der Bremskonstante wird nur für trainierte Personen verwendet die die Geschwindigkeit ihre motorische Kapazität zu kontrollieren haben.

Ergebnisse

Als Ausgangswert wurde das EMG Signal der Dehnbewegung des rechten Beins in drei verschiedenen Situationen gemessen:

- Die freie Dehnbewegung (ohne Simulator Betrieb),
- Die freie Dehnbewegung unter schwingungs Einfluss,
- Die kontrollierte Dehnbewegung (mit Simulator Betrieb) unter schwingungs Einfluss .

Für diesen Zweck wurden zwei Muskelgruppen untersucht: M. Tibialis Anterior des rechten und linken Fusses. Die Datenverarbeitung wurde mit Fourieranalyse und in der LabView 7.0 Sprache durchgeführt (Abb. 4).

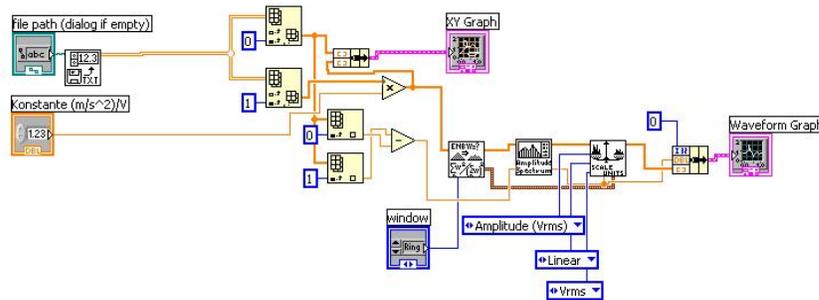


Abb. 4 Blokdigramme für die Datenverarbeitung mit LabView 7.0

Die Ergebnisdaten sind in Abb. 5 durchgeblendet von welchen folgende Schlussfolgerungen im weiteren zu erlernern sind:

- Bei fälenden Simulatorantrieb ist die Muskelaktivität des linken M. Tibial Anterior aus der Sicht der EMG Amplitude höher bei nidrigen Frequenzen im vergleich mit der durch Simulator kontrollierte Bewegung, des rechten M. Tibial Anterior Aktivität die aber höher ist bei allen Frequenzwerte bezüglich der kontrollierte Bewegung,

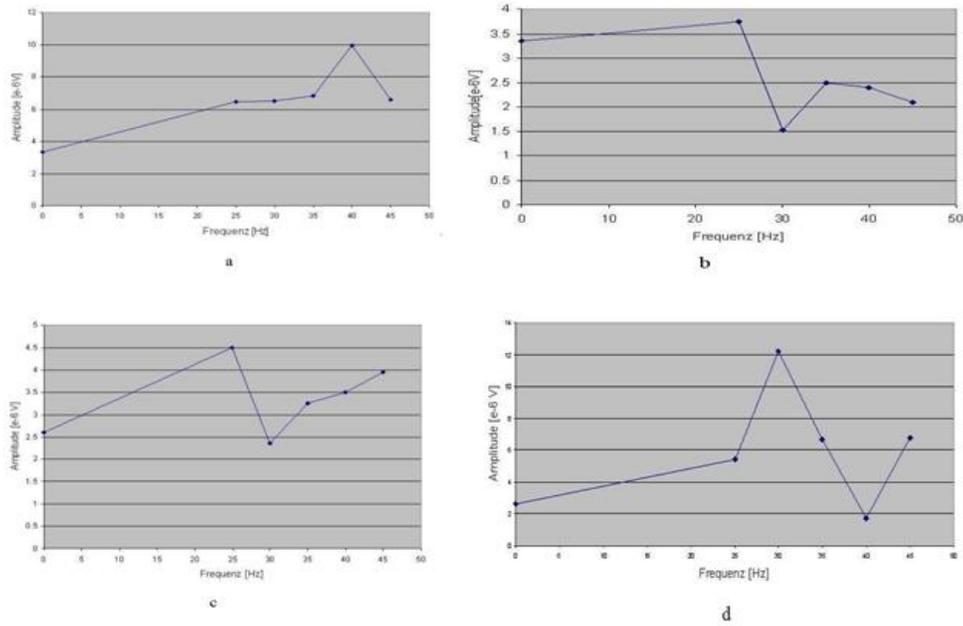


Abb. 5 Amplitudeverlauf des EMG Signals abhängig von Swingungsfrequenzen (der „Nullpunkt“ entspricht der freie Dehnbewegung). a) M. Tibialis Anterior ohne Simulatorbetrieb für den rechten Bein, b) M. Tibialis Anterior mit Simulatorbetrieb für den rechten Bein, c) M. Tibialis Anterior ohne Simulatorbetrieb für den linken Bein, d) M. Tibialis Anterior ohne Simulatorbetrieb für den linken Bein

- Aus der Sicht der Vergleichung zwischen der zwei Muskelgruppen ist zu bemerken dass die Muskelaktivität des beweglichen Bein grösser ist als bei dem Stützbein der das Gleichgewicht als auch die Dämpfung der Schwingungen leistet.

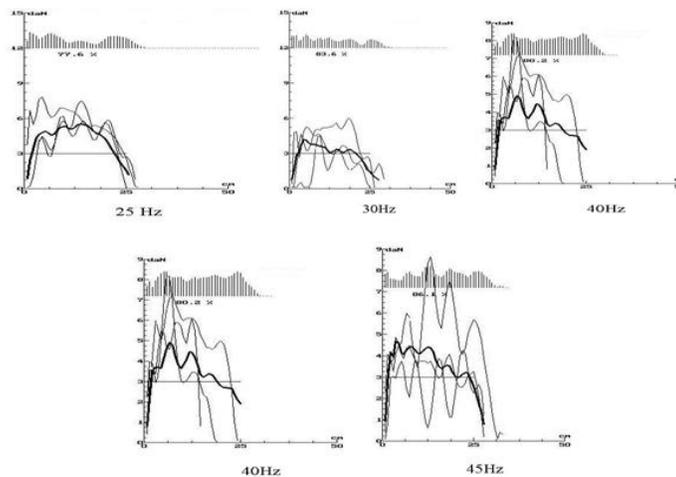


Abb. 6 Der Verlauf des Neuromuskelkontrolle für fünf Versuchsfrequenzen (die stake Linie bedeutet die Durchschnittswerte der Messungen)

Bezüglich der Neuromuskelkontrolle ist sichtbar dass eine Stabilisierung bei niedrigen Frequenzen im Vergleich mit der Anregung bei höheren Schwingungsreize vorkommt.

Literatur

- [1] *Nicu Alexe*: Enciclopedia edcatiei fizice și sportului din Romania vol II Editura Aramis, 2002
- [2] *Berschin G, Schmiedeberg I, Sommer H*: Zum Einsatz von Vibrationskrafttraining als spezielles Trainingsmittel in Sportspielen (am Beispiel Rugby). Leistungssport 33/4, 2003, S.11-13.
- [3] *Berschin G*: Das bewegungsbedingte Schädigungspotential bei der Pathogenese von Supinations-Inversions-Traumen des oberen Sprunggelenks.Görrich & Weiershäuser, Marburg, 1999, S.119-122.
- [4] *Bosco C, Cardinale M, Tsarpella O, Colli R, Tihanyi J, Duillard SP, Viru A*: The influence of whole body vibration of on jumping performance. Biol of Sport 15 1998, S. 157-164.
- [5] *Bosco C, Colli R, Introini E, Cardinale M, Tsarpela O, Madella A, Tihanyi J, Viru A*: Adaptive response of human skeletal muscle to vibration exposure. Clin Physiol 19, 1999a, S. 183-187.
- [6] *Bosco C, Cardinale M, Tsarpela D*: Influence vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. Eur Journal Appl Physiol 79 1999b S. 306-311.
- [7] *Issurin VB, Tennebaum G*: Acute and residual effects of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. J Sports Science 12, 1999, S. 561-566.
- [8] *Issurin VB, Liebermann DG, Tennebaum G*: Effects of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. Journal of Sports Science 12, 1994, S. 561- 566.
- [9] *Haas C, Schmidbleicher D*: Effects of whole-body vibration on motor control in Parkinson's disease. J Neural Transm. 110, 2003a, XVI.
- [10] *McAuley JH, Marsden CD*: Physiological and pathological tremors and rhythmic central motor control. Brain 123, 2000, S. 1545-1567
- [11] *Samuelson B, Jorfeldt L, Ahlborg B*: Influence of vibration on endurance of maximal isometric contractions. Clin Physiol 9, 1989, S. 21-25.
- [12] *Schlumberger A, Salin D, Schmidbleicher D*: Krafttraining unter Vibrationseinwirkung. Sportverl Sportschad 15, 2001, S. 1-7.
- [13] *Tudor Sbenghe* : Bazele teoretice si practice ale kinetoterapiei, Editura Medicala, 1999, S. 249-284
- [14] *Weber R*: Muskelstimulation durch Vibration. Leistungssport 27/1, 1997, S. 53-57.
- [15] *S. Wolf, P. Augat, u.a*: Effects of ground based vibration on fracture healing, Web: [www. biomechanics.de](http://www.biomechanics.de)