
Sicherheit und Leistungsoptimierung im Vibrationstraining¹

Heinz Kleinöder, Joachim Mester (Projektleiter)

Deutsche Sporthochschule Köln
Institut für Trainings- und Bewegungslehre

1 Problemstellung

Vibrationstrainingsgeräte sind zur sportlichen Leistungsverbesserung stark zunehmend in der Nutzung, wobei bislang nur wenige Erkenntnisse über Gefahren und Sicherheitsbestimmungen vorliegen. Eine übergeordnete Zielstellung ist es daher, wissenschaftlich fundierte Ergebnisse über die Gefahren eines solchen Trainings zu bekommen. In der Studie 1 wurde durch einen Stufentest mit ansteigenden Vibrationsfrequenzen geprüft, ob kritische Belastungsbereiche bei einer typischen Bewegungsaufgabe auftreten. Darüber hinaus wurde – aufbauend auf den Untersuchungen von Spitzenpfeil et al. (2000) – die Existenz von Schwellenwerten weiterführend geprüft, um evtl. Gefahrenzonen zu verifizieren (vgl. ISO 7962, ISO 2631, ISO 45676). Auf der Grundlage der Untersuchungsergebnisse können Empfehlungen für die Trainingspraxis abgeleitet werden.

2 Methode

Sicherheitstechnische und gesundheitliche Aspekte beim Vibrationskrafttraining wurden bei der Bewegungsaufgabe Kniebeugenstand mit 30 % Zusatzlast bei ansteigenden Vibrationsfrequenzen untersucht. Aufgabenstellung war für alle Probanden eine bestmögliche, maximale Dämpfung der eingeleiteten Vibrationen zu erzielen. Das Auswahlkriterium für die Probanden war grundlegende Krafttrainingserfahrung mit Hanteln, um koordinative Probleme bei der Bewegungsaufgabe weitgehend auszuschließen.

Die Aufgabe war, bei leicht gebeugtem Hüft-, Knie- und Sprunggelenk die Vibrationen möglichst gut zu dämpfen, so dass die Erschütterungen des Kopfes möglichst gering gehalten werden konnten. Es wurden fünf ansteigende Messstufen von 5-10-15-20-25 Hz jeweils 30 s lang gehalten, wobei die Amplitude 2.5 mm betrug. Dazwischen erfolgt jeweils eine Pause von 60 s, in der sich die Probanden setzen und zur Entlastung das Zusatzgewicht ablegen konnten. Die Muskelaktivität wurde mittels EMG gemessen. Die Elektroden waren am *m. vastus medialis*, *m. biceps femoris*, *m. tibialis anterior*, *m. gastrocnemius* und am *m. sternocleidomastoideus* angelegt (siehe Abb. 1). Bei der Auswertung wurden

¹ VF 0407/05/07/01

die Rohsignale des EMGs gleichgerichtet, die einzelnen Stufen über einen 10-s-Zeitraum gemittelt.



Abb. 1: Vibrationsbelastung mit EMG und Beschleunigungsgebern am Galileo 2000

Darüber hinaus wurden Beschleunigungsaufnehmer am Kopf und an der Standplatte befestigt.

Aus dem Verhältnis der gemittelten Beschleunigung am Kopf (RMS_{head}) und der eingeleiteten Anregung – mittlere Beschleunigung der Standplatte (RMS_{platform}) – wurde der Übertragungsfaktor (TF) berechnet. Zur Bestimmung des MVC wird von drei Versuchen auf der Desmotronic Funktionsstemme der Bereich höchster Muskelaktivität bestimmt und über einen Zeitraum von einer Sekunde gemittelt (siehe Abb. 3 und 4).

$$TF = \frac{RMS_{\text{head}}}{RMS_{\text{platform}}}$$

Formel 1: Berechnung des Übertragungsfaktors aus gemittelter Beschleunigung am Kopf (RMS_{head}) und an der Platte (RMS_{platform})

Dieser Wert gilt als Indikator für die Übertragung von Schwingungen im menschlichen Körper (Treier, 1997). Der TF zeigt, ob der Körper Schwingungen dämpft ($TF < 1$), sie verstärkt ($TF > 1$) oder als starre Masse agiert ($TF = 1$). Eine Verstärkung der Beschleunigung weist auf die Anregung in Resonanzbereichen hin.

EMG und Beschleunigung wurden mit dem Programm DasyLab 5.5 gemessen und anschließend mit derselben Software verarbeitet (siehe Abb. 5). Zu diesem Zweck wurde eine Routine programmiert, um den sehr hohen Auswerteaufwand zu bewältigen. Tabelle 1 bietet eine Übersicht über die Inhalte und die Belastungsnormativa der Studie.

Tab. 1: Übersicht über die Untersuchungsinhalte

Vibrationsgenerator	Galileo 2000
Stichprobe	n = 30
Durchführung	Stufentest (beidbeinig) mit
	5-10-15-20-25 Hz Frequenz
	2.5 mm Amplitude
Stufendauer	30 s
Pause zwischen den Stufen	60 s
Untersuchte Muskelgruppen (EMG)	<i>m. vastus medialis, m. biceps femoris, m. tibialis anterior, m. gastrocnemius, m. sternocleidomastoideus</i>
Beschleunigung [a]	Plattform und Kopf

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden für die untersuchten Muskelgruppen das über einen Zeitraum von 10 s gemittelte EMG in Bezug auf den jeweiligen Wert beim MVC (EMG/MVC) beschrieben. Ausgangspunkt ist die Darstellung von Mittelwert und Standardabweichung für die einzelnen Muskelgruppen bei den unterschiedlichen Stufen. Nachfolgend werden ausgewählte individuelle Ergebnisse vorgestellt, die die Individualität der Regulation und der Bewältigung der Bewegungsaufgabe verdeutlichen sollen. Die Betrachtung der EMG-Aktivität für die untersuchte Beinmuskulatur zeigt für alle Muskeln eine deutliche Steigerung der Muskelaktivität von der niedrigsten zur höchsten Frequenzstufe. Der größte Anstieg liegt in der Stufe von 20 Hz auf 25 Hz (siehe Abb. 2). Das generell erhebliche individuelle Schwankungen vorliegen, zeigen die hohen Werte für die Standardabweichung.

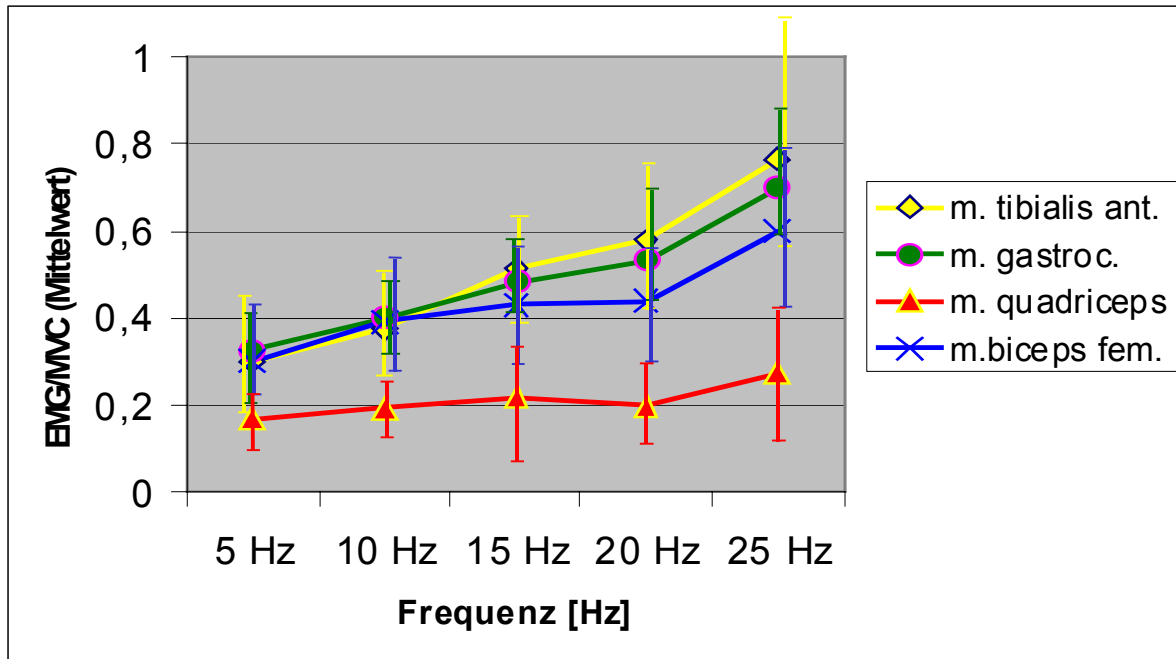


Abb. 2: EMG – Aktivität der untersuchten Muskelgruppen: Mittelwert und Standardabweichung

Das Verhältnis der Beschleunigung an der Vibrationsplatte und am Kopf gibt Aufschluss über die Transmissionsfaktoren bei den ansteigenden Frequenzen von 5 bis 25 Hz (siehe Formel 1). Hierbei zeigt sich, dass die höchste Übertragung der Schwingungen im Mittel einheitlich bei den niedrigen Frequenzen erfolgt. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von Spitzenfeil (2000) weist der Transmissionsfaktor jedoch erheblich geringere Werte auf und wird zu keinem Zeitpunkt durch Resonanzen verstärkt. Dies liegt sehr wahrscheinlich daran, dass es in der Untersuchung bei Spitzenfeil sich um leistungssportliches Krafttraining handelte (dynamische Kniebeugen mit 60 % Zusatzlast). Hierbei sind maximale Dämpfungsvorgänge schwierig zu realisieren, da die Haltemuskulatur zur Stabilisierung des Gesamtsystems in hohem Maße aktiviert werden muss. Die Aussage, dass die höchsten Transmissionsfaktoren bei den niedrigen Frequenzen auftreten, ist jedoch beiden Untersuchungen gemein (siehe Abb. 3).

Bei den individuellen Kurvenverläufen zeigt sich, dass insbesondere bei der Frequenz 5 Hz individuell sehr unterschiedliche Transmissionsfaktoren auftreten können. Ein Proband hat offensichtlich Probleme, die eingeleiteten Beschleunigungen zu dämpfen. Dies äußert sich in dem hohen Transmissionsfaktor von ca. 0,8. Es gelingt diesem Probanden jedoch – wie allen anderen auch – bei 10 Hz einen niedrigen Übertragungsfaktor zu erzielen und damit gut zu dämpfen. Bei Frequenzen ab 15 Hz aufwärts zeigen sich nur sehr geringe

Werte für alle untersuchten Probanden. Dies lässt den Schluss, zu dass die Bewegungsaufgabe maximal zu dämpfen offensichtlich erfolgreich bewältigt werden konnte.

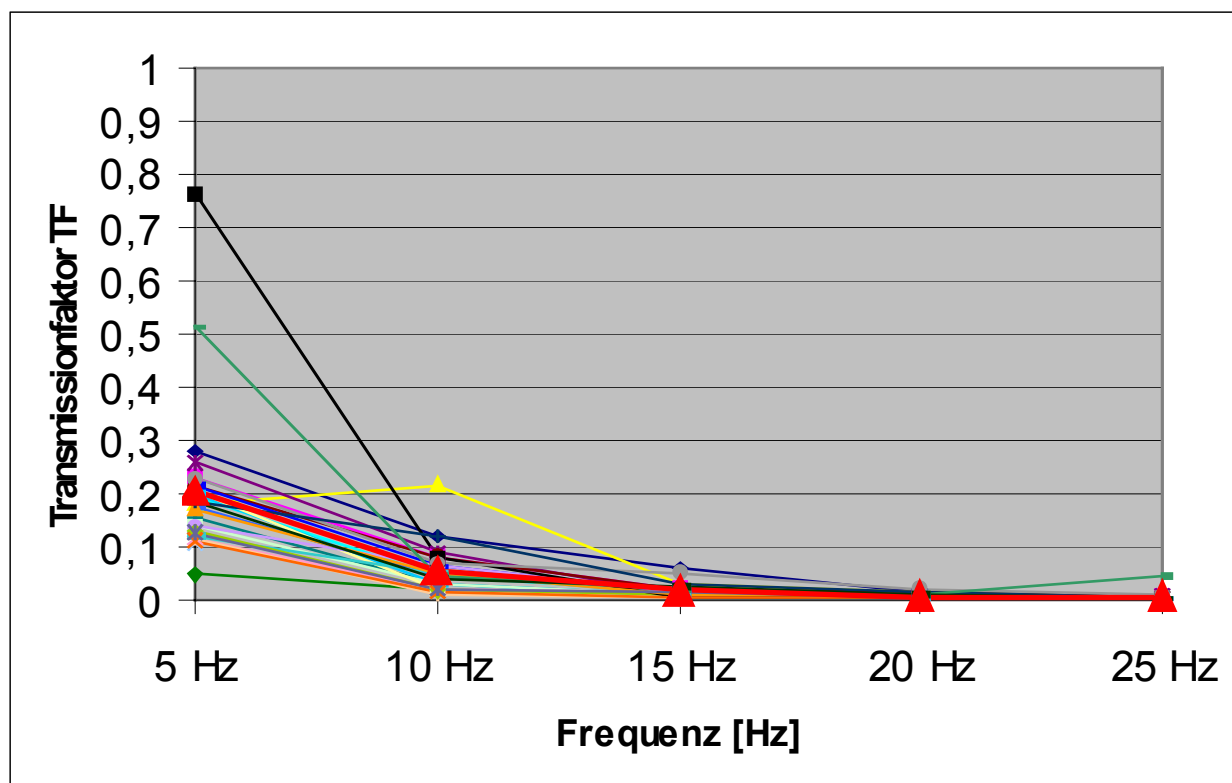


Abb. 3: Transmissionfaktoren [RMS head/platform]: Alle Probanden (dünne Linien) sowie Mittelwert und Standardabweichung (fett dargestellt)

4 Zusammenfassung

Die wesentliche Zielstellung der Studie war, sicherheitsrelevante Hinweise für das Vibrationstraining zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde mit der Kniebeuge eine klassische Übungsform ausgewählt. Die damit verbundene Aufgabenstellung maximal bei einer Zusatzlast von 30 % des Körpergewichtes zu dämpfen, sollte Aufschluss darüber geben, ob eine solche Belastung Gefahrenpotential beinhaltet. Die EMG-Untersuchungen zeigten, dass – analog zu anderen Untersuchungen – im Mittel die Muskelaktivität mit zunehmender Frequenz ansteigt. Allerdings ergaben sich individuell sehr unterschiedliche Verläufe der Muskelaktivität. Diese lassen auf unterschiedliche Lösungs- bzw. Regulationsstrategien schließen. Darunter sind z.B. verschiedene Stärken der Muskelaktivität bei gleichen Muskeln und variable Steigerungen – z.T. abhängig und z.T. unabhängig von der Vibrationsfrequenz – zu verstehen. Diese Ergebnisse weisen auf die hohen koordinativen Anforderungen bei der einfachen statischen Bewegungsaufgabe hin. Allen Probanden gelang es, Vibrationen weitgehend vom Kopf fernzuhalten. Dies äußerte sich einerseits in

der niedrigen Aktivitätsrate, andererseits in der geringen Transmission. Insofern lagen bei der Bewegungsaufgabe keine Überforderungen der Probanden vor. Insofern sind auch keine gesundheitlichen Beeinträchtigungen im Sinne von Wahrnehmungsstörungen zu befürchten. Allerdings weisen die Untersuchungsergebnisse von Spitzenpfeil (2000) eindeutig darauf hin, dass bei höheren Zusatzlasten und einer dynamischen Bewegungsausführung v.a. in niedrigen Frequenzbereich Resonanzphänomene auftreten können. Dies ist dadurch zu erklären, dass der Anteil der stabilisierenden Muskulatur ansteigt und weniger Körpermasse für die Dämpfung zur Verfügung steht. Daraus lässt sich unabhängig vom Leistungsniveau die Trainingsempfehlung ableiten, dass eine Gewöhnungsphase zum Erlernen der Koordination und Dämpfung zwingend durchgeführt werden sollte. Dies gilt insbesondere für das Krafttraining unter Vibrationseinfluss, um die Koordination einer gezielten Entspannung der nicht am Bewegungsablauf beteiligten Muskulatur zu verbessern. Daraus lässt sich ableiten, dass Vibrationskrafttraining zumindest im Freizeit- und Breitensport nur nach längerer Vorbereitung und vorausgehender Gewöhnung und sehr kurzer Trainingsdauer eingesetzt werden sollte. Für diesen Bereich empfiehlt sich aus o.g. Gründen zunächst ein vibrationsgestütztes Dehntraining und das passive Aufwärmen bzw. Abwärmen im Sinne einer Massage. Da die koordinativen Anforderungen bei hohen Zusatzlasten sehr hoch sind, stellt auch im Spitzensport eine sorgfältige Gerätegewöhnung mit niedrigen Intensitäten und kurzer Trainingsdauer das Mittel der Wahl dar, um diese hochintensive Trainingsmethode sinnvoll nutzen zu können und gesundheitlichen Schäden vorzubeugen.

5 Literatur

- ENDEVCO Deutschland (Hrsg.) (1992). *Handbuch der Schock- und Vibrationsmesstechnik. Ein Leitfaden für die praktische Anwendung*. Heidelberg.
- Griffin, M.J. (1994). *Handbook of Human Vibration*. Second Printing. London.
- ISO 2631-1 (1997). *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibration – Part 1: General requirements*. International Organization of Standardization.
- Issurin, V.B., Liebermann, D. G. & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J. Sport Sc.*, 12, 561-566.
- Rohmert, W., Wos, H., Norlander, S. & Helbig, R. (1989). Effects of Vibration on arm and shoulder muscles in three body postures. *Europ. J. Appl. Physiol.*, 59, 243-248.
- Schwarzer, J., Spitzenpfeil, P. & Mester, J. (2000). Physical assessment and quantification of vibration load. In E. Müller, R. Roithner, W. Niessen, C. Raschner & H. Schwameder (Red.), *Abstract book of the 2nd Int. Congress on Skiing and Skience* (S. 76-77). St. Christoph.