

## 4. Diskussion

In den letzten Jahren erlebte das Vibrationstraining sowohl im Leistungssport, als auch im allgemeinen Breitensport und im Rahmen der "Fitnesswelle" eine Renaissance. Eine kritische Betrachtung seiner positiven und eventuell auch negativen Auswirkungen erscheint daher wichtig und sinnvoll.

Das hypothetische Wirkungsprinzip des vibrationsgestützten Krafttrainings stellt sich nach Issurin [1994] und Bosco [1998] wie folgt dar:

Neben der willkürlichen Innervation der Muskelfasern von zentral erfolgt auf Rückenmarksebene eine zusätzliche Stimulation der Muskelfasern mit Hilfe von durch Inbalance ausgelösten Stellreflexen. Hierbei werden die von der Muskelspindel ausgehenden schnellen Ia-Fasern aufgrund entstehender Dehnungseffekte aktiviert. Die entstandenen Afferenzen werden im Hinterhorn des Rückenmarkes umgeschaltet und als Efferenz über des  $\alpha$ -Motoneuron im Vorderhorn an den Zielmuskel weitergeleitet. Hierdurch werden bisher noch nicht aktivierte Motoneurone in die Kontraktion mit einbezogen [Bishop,1974]. Issurin [1994] nennt diesen unwillkürlich ablaufenden Vorgang Tonic Vibration Reflex (TVR) [Eklund and Hagbarth,1966].

Des Weiteren wird eine bessere intramuskuläre Koordination (Zusammenspiel der einzelnen Muskelfasern innerhalb eines Muskels), welche in der Aktionspotentialfrequenz der aktiven Motoneurone zum Ausdruck kommt, vermutet [De Marées,1996].

### 4.1 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse bezüglich der Maximalkraft

Anhand der vorliegenden Studie lässt sich deutlich erkennen, dass ein fünfmonatiges Krafttraining zu einem signifikanten Anstieg der Maximalkraft gegenüber der Kontrollgruppe führt. Der Korrelationskoeffizient, welcher die Reproduzierbarkeit der Messwerte ausdrückt, war in den Gruppen vergleichbar gut. Die der oberen Extremität (re Arm:=4,8%; li Arm=3,7%) waren eindeutig besser, als die der unteren Extremität (re Bein =7,0%; li Bein =11,9%). Für beide Trainingsgruppen ergab sich ein signifikanter Anstieg der Beinkraft. Die prozentuale Zunahme der Maximalkraft der unteren Extremität war in der konventionellen Gruppe (rechtes Bein 15,35%, linkes Bein 14,69%) höher, als in der Galileogruppe (rechtes Bein 8,61%, linkes Bein 11,16%). Ein signifikanter Unterschied zwischen der vibrationsgestützt trainierten Galileogruppe und der konventionell trainierenden Gruppen in Bezug auf die isometrisch gemessene Maximalkraftsteigerung zeigte sich jedoch nicht. Dieses Ergebnis geht konform mit Untersuchungen von Schlumberger [2001]. Er verglich den

Trainingseffekt eines 6-wöchigen Kniebeugetrainings, bei dem ein Bein der Trainierenden vibrationsgestützt auf dem Galileo 2000 trainiert wurde, hingegen mit dem anderen Bein konventionelle Kniebeugen durchzuführen waren. Gemessen wurde die isometrische Maximalkraft mithilfe eines Bearbeitungsgerätes (BAG, Fa. Wolf). Der Trainingseffekt war annähernd gleich groß.

Issuri [1994] hingegen fand bei einer vergleichenden dreiwöchigen Trainingsstudie der oberen Extremität eine deutliche Überlegenheit des vibrationsgestützten Krafttrainings.

(50% Leistungssteigerung bei vibrationsgestütztem Training, 16 % in der konventionellen Gruppe). Die Maximalkraft wurde dynamisch gemessen.

Wie die Auswertung der Variationskoeffizienten unserer Studie zeigen, lassen sich die Kraftwerte für die obere Extremität deutlich besser reproduzieren als die der Unteren, sodass eine Signifikanz der Ergebnisse sich rascher nachweisen lässt. Ein direkter Vergleich der Untersuchungen unterschiedlicher Extremitäten ist somit schwierig.

Wie in der Einleitung erwähnt, erwiesen frühere Studien, dass die Steigerung der Maximalkraft durch Verstärkung der neuralen Ansteuerung um so größer ist, je untrainierter der Sportler war. Die untere Extremität ist durch die im Alltag anfallenden Anforderungen, wie Laufen, Treppensteigen, Radfahren... in der Regel besser trainiert als die obere Extremität, was erklären könnte, dass der Trainingseffekt im Bereich der unteren Extremität nicht so eindeutig ausfällt. Zu genau widersprüchlichen Ergebnissen kam jedoch Schlittel et al. 1999. Er untersuchte ebenfalls die Wirksamkeit des "Galileo 2000" im Vergleich zum konventionellen Krafttraining. Sein Probandenklientel waren postmenopausale Frauen. Auch er fand eine Steigerung der Maximalkräfte der Bein- und Armmuskulatur. Während sich hier die Armkraft in beiden Gruppen ähnlich steigerte (durchschnittlich 15%), erwies sich im Bereich der unteren Extremität ein deutlicher Unterschied. Die Galileogruppe war der konventionellen Gruppe überlegen (19,4% Konventionelle Gruppe, 27,0% Galileo Gruppe). Scherzer [2002] führte ebenfalls zum Thema „Vergleich eines Konventionellen Krafttrainings mit einem Vibrationstraining“ eine umfangreiche Studie mit 57 Sportstudenten durch. Er verwendete das Powerplategerät von der gleichnamigen Firma. Insgesamt fanden 14 Trainingseinheiten in einem zweiwöchigen Rhythmus statt. Neben der Beinstrecker- und Armbeugemuskulatur wurden ebenfalls die Beinbeugemuskulatur und Anteile der Rückenmuskulatur trainiert. Bezüglich der Maximalkraft ergab sich auch hier eine signifikante Steigerung beider Trainingsgruppen, ein Unterschied zwischen den Gruppen lag jedoch auch hier nicht vor. Weber veröffentlichte 1997 eine eigens durchgeführte Studie, welche die Ergebnisse Nazarovs überprüfen sollte. Er führte Individualexperimente mit

Freizeitsportlern mittleren Alters durch. Er verwendete ein Zuggerät mit zwischengeschaltetem Vibrationsteil. Es war sowohl eine statische, als auch eine dynamische Arbeitsweise möglich. Die Trainingsfrequenz lag bei 25 Hz mit einer Amplitude von 3mm. Die Sportler führten ein dynamisches Kreuzstütztraining in zyklischer Ausführung durch (Adduktion und Abduktion der Arme am Seilzug). Die Trainingseinheiten variierten hinsichtlich der Trainingshäufigkeit. (Wechsel zwischen 1x und 2x wöchentlichem Training). Der Untersuchungszeitraum umfasste 10 Wochen. Abschließend wurde ein Maximalkrafttest (1RM) unter Vibrationen durchgeführt. Es ergab sich ein Kraftzuwachs von 24%. Bei Durchführung des Maximalkrafttestes ohne Vibrationsüberlagerung lag der Kraftzuwachs sogar bei 27%. Als zweite Trainingsübung erfolgte eine Ruderzugbewegung im horizontalen Sitz. Hier wurde eine höhere Trainingsintensität gewählt. Die Trainingseinheiten erfolgte 2 tägig. Der Kraftzuwachs betrug bereits nach 8-maligem Training 34%. Neben dem absoluten Kraftzuwachs, der in Anbetracht des Trainingsumfanges erstaunlich war, äußert sich Weber positiv über den raschen Trainingseffekt im Hinblick auf den kurzen Trainingszeitraum. Zitat Weber [1997] “ Insbesondere das Ruderzug-Experiment belegt, dass bei zweitägigem Training beachtenswerte Zuwachsraten erreicht und bereits nach 8 Trainingseinheiten die koordinativen Kraftreserven weitgehend ausgeschöpft wurden. Für die neuromuskuläre Anpassung im Krafttraining werden erfahrungsgemäß 6- 8 Wochen bei viermaligem Training pro Woche angenommen (Schmidtbleicher 1987)“. Weber hebt damit nicht einen gesteigerten Kraftzuwachs durch das Vibrationstraining hervor, sondern legt den Schwerpunkt auf eine raschere Ausreizung des Trainingseffekts durch die Vibrationsüberlagerung. Er vermutet ebenfalls einen positiven Effekt der Vibrationen auf die Erholungsphase der beanspruchten Muskulatur. Carferelli [1990] fand jedoch in seinen Untersuchungen keine Unterschiede in der Regeneration von Muskeln, welche einem Vibrationstraining oder einem herkömmlichen konventionellem Krafttraining unterzogen wurden. Webers Probanden berichteten von dem Gefühl eines spürbar erhöhten Muskeltonus, ohne Entwicklung eines Muskelkaters. Die Angaben unserer Probanden waren ähnlich, jedoch kam es anfänglich sehr wohl zu Muskelkatersymptomen. Ein wesentlicher Unterschied ist hier sicherlich der Trainingszustand der Probanden (Freizeitsportler versus Nichtsportler). Weber untersuchte neben dem Kraftzuwachs auch die Beweglichkeit des Schultergürtels. Hier fand sich keine Veränderung trotz durchgeführtem Krafttraining. Interessant wären die Ergebnisse einer konventionellen Vergleichsgruppe, die jedoch nicht vorgesehen war.

Betrachtet man eine Reihe der aufgeführten Untersuchungen fällt ein direkter Vergleich schwer, da unterschiedlichste Studiendesigns und vor allem unterschiedlich Testverfahren

der Maximalkraftmessung gewählt wurden. Bei Issurin [1994], Weber [1997] und auch Scherzer [2002] wurde ein dynamisches Messverfahren angewandt. Wir hingegen haben ein isometrisches, statisches Verfahren gewählt. Wir entschieden uns für diese Methode, da bei einem dynamischen Verfahren (z.B. Wiederholungen pro Zeit) immer eine Ausdauerleistung, sowie im Falle von Kniebeugen eine koordinative Komponente die Leistung mit bestimmt. Dass ein isometrisches Verfahren zur Messung der Maximalkraft angewendet werden kann, zeigte bereits eine Studie von P.J. Abernethy [1996].

Ein weiterer Vorteil der isometrischen Messung ist die Möglichkeit, isoliert einen Muskel oder Muskelgruppen zu untersuchen. Bei dynamischen Verfahren, wie z.B. mit dem Beinschubgerät wird stets die summierte Kraft von Hüft- und Knieextensoren gemessen. Gerade bei der Anwendung der isometrischen Messmethode ist die gewählte Gelenkstellung von großem Interesse. Da die Kraftwirkungslinie bei den meisten Muskelaktionen nicht die kürzeste Verbindung zwischen den Angriffspunkten des Muskels ist, sondern Knochen, Bänder und andere Teilstrukturen des Körpers sie umlenken, verändert sich in Abhängigkeit von der Länge des Muskels die erzeugte Kraft [Hollmann/Hettinger 1990, Rüegg 1995].

Somit ist die maximale Kraft, die ein Muskel entfalten kann, eine Funktion seiner Länge (Kraft-Längen-Relation). Das maximale Moment eines Muskels hängt damit von der jeweiligen Gelenkstellung ab [Hay 1994; Wiemann 1994]. Für die isometrische Messung ist folglich die optimale Gelenkstellung mitentscheidend und darf in Folgeuntersuchungen nicht verändert werden. In der vorliegenden Studie wurde daher zu Beginn eine optimale Position ermittelt und im weiteren Verlauf nicht mehr verändert.

Ein weiterer Punkt, welcher einen direkten Vergleich der erwähnten Studien erschwert, ist das unterschiedliche Probandenklientel. Die Umsetzung von Bewegungsabläufen und die Motivation sportlicher Probanden ist in der Regel besser, als von Unsportlichen. Genauso spielt Geschlecht und Alter der Mitwirkenden eine wichtige Rolle. Speziell bei der Maximalkraftbestimmung fließen Ehrgeiz und motorische Fähigkeiten des Probanden erheblich ein. Ergebnisse von Studien, die mit einem völlig anderen Probandenkollektiv gearbeitet haben, lassen sich nur eingeschränkt miteinander vergleichen.

Um eine zufällige Entwicklung der Kraftparameter ausschließen zu können, korrelierten wir die mittleren Maximalkraftwerte zu Beginn und zum Ende der Studie für die einzelnen Extremitäten und gemäß der Gruppenzugehörigkeit. Wie aus der Grafik (siehe 3.1.4) ersichtlich wird, liegt für beide Trainingsgruppen eine geringe Streuung der Einzelwerte vor.

#### 4.2 Diskussion und Interpretation der Ergebnisse bezüglich der Sprunghöhenentwicklung

Betrachtet man die Ergebnisse der Sprunghöhenentwicklung in unserer Studie, fällt eine deutliche Überlegenheit der Galileogruppe gegenüber der konventionell trainierenden Gruppe auf (Zuwachsrate Galileo 16,8%; konventionelle Gruppe 7,8%). Das Signifikanzniveau hinsichtlich des Vergleiches der Trainingsgruppen wurde jedoch nicht erreicht. Die Reproduzierbarkeit der Gesamtwerte ist bei einem Variationskoeffizienten von 2,89% gut.

Bosco zeigte ebenfalls eine deutliche Sprunghöhenzunahme bei Sportlern (Handballspieler, Waterpolo-Spielern), welche ein vibrationsgestütztes Krafttraining durchführten. Zum Zeitpunkt der Studie nahmen sie nicht an einem Maximal- oder Schnellkrafttraining teil. Sie führten lediglich ein 10- tägiges Training mit Galileo 2000 durch. Es wurden täglich 5 Sätze mit einer Gesamtdauer von 10 Minuten absolviert. Eine Kontrollgruppe unterzog sich ausschließlich den normalen, ihnen gewohnten Trainingseinheiten ihrer Sportart. Es erwies sich ein signifikanter Unterschied der Sprunghöhe des besten Sprunges (1,6%,  $P < 0,005$ ), der mechanischen Kraft des besten Sprunges (3,1%,  $P < 0,05$ ) und der durchschnittlichen Sprunghöhe während eines 5 sec. Dauerspringens.

Weitere Autoren berichten über die Erkenntnis, dass die Erhöhung der Innervationsfrequenz bis zu 100 Hz und höher eine schnellere Kraftentwicklung und einen steileren Anstieg der Kraft- Zeit- Kurve bewirkt, ohne jedoch die Maximalkraft zu erhöhen [Sale 1991]. Dies würde erklären, dass zwar die absolut erreichbare Maximalkraftsteigerung in beiden Trainingsgruppen annähernd gleich groß ist, jedoch die Explosionskraft deutlich von der weiteren Steigerung der Innervationsfrequenz profitiert. Da die Explosionskraft bei der Durchführung von Sprüngen eine wesentliche Rolle spielt, ist erklärbar, weshalb Sportler, die vibrationsgestützt trainieren, eine deutlich höhere Sprungleistung erzielen als normal Krafttrainierende.

Nicht nur die Explosionskraft, sondern auch die Ausdauerleistung eines Muskels weist einen Zusammenhang mit der Innervationsfrequenz auf.

Aus Untersuchungen der näheren Vergangenheit wissen wir, dass die Ermüdung der Muskelfasern nicht nur eine Anhäufung von Metaboliten (Laktat) oder Mangel an Energielieferanten (ATP) ist, sondern vielmehr auch durch die Abnahme der vom ZNS gebildeten Aktionspotentiale pro Sekunde zustande kommt. Ebenfalls verschlechtert sich die Impulsweiterleitung in den Neuriten und die Impulsübertragung auf die motorische Endplatte [Marées,1996].

In einer Studie von Bosco [1999] konnte eine deutlich erhöhte neurale Aktivität im EMG während eines Vibrationstrainings im Vergleich zu einem konventionellen Training

aufgezeigt werden. 12 Leistungsboxer führten ein einmaliges 5- minütiges isometrisches Armkrafttraining durch. Hier zeigte sich neben der höheren neuralen Aktivität in der vibrationsgestützten Trainingsgruppe auch eine Steigerung der Maximalkraft.

#### 4.3 Diskussion und Interpretation weiterer aktueller Studienergebnisse und verschiedener Gesichtspunkte zum Thema Vibrationstraining

Neben dem Ziel einer weiteren Kraftsteigerung bei Leistungssportler war bereits in den Anfängen der Entwicklung des Vibrationstrainings die Zunahme der Beweglichkeit und auch eine schnelle Rehabilitation von Interesse. Auch zu diesen Bereichen finden sich zahlreiche Berichte/ Studien, die mögliche Einsatzbereiche eröffnen.

Die Firma Vibrafit z.B. bezieht sich auf frühe Arbeiten von dem bereits in der Einleitung erwähnten Wissenschaftler Nazarov. Dieser arbeitete mit Berufstänzern des berühmten Bolschoi-Balletts Moskau und des Kirow Balletts in St. Petersburg. Zur Steigerung der Beweglichkeit verwendete er eine vibrierende Ballettstange. Statistiken ergaben eine vergleichsweise niedrige Verletzungsrate der betreuten Tanzcompanies im Gegensatz zum internationalen Durchschnitt. Genauere Daten bzw. eine Quellenangabe war jedoch nicht vorhanden. Auch Weber bezieht sich auf eine 1983/84 veröffentlichte Studie von Nazarov/ Zilinski zur Verbesserung der Schulterbeweglichkeit bei Turnern, wobei deren Griffweite beim Aus- und Einschultern um 12 cm verringert werden konnte. Weiterhin erreichten die Sportler 26 Grad mehr Amplitude im Schultergelenk und 48 Grad Zuwachs beim Ein- und Auswärtsdrehen der Arme. Der damalige Trainingsplan sah ein insgesamt 4,5 min. Vibrationstraining mit 6 Trainingseinheiten an 4 aufeinander folgenden Trainingstagen vor [Nazarov/ Zilinski 1984 in Weber1997]. Für seine Forschungsprojekte verwendete Nazarov ein spezielles Seilzuggerät mit integriertem Vibrationsgenerator. In der selben Veröffentlichung berichtet Weber über eine Studie von Nazarov/ Spivak 1987, in der es zu einem deutlichen Mehrzuwachs an statischer Schulterkraft (50-60%) bei einem durchgeführten Vibrationstraining kam, hingegen die Kontrollgruppe nur einen geringeren Zuwachs verzeichnete (20%). Hier wurde ein 3 wöchiges Training mit insgesamt 12 Trainingseinheiten und 36 Minuten Stimulationstraining durchgeführt [Nazarov/Spivak 1987 in Weber 1997]. Issurin [1994] fand ähnliche Ergebnisse bei einer Trainingsstudie mit 28 Sportstudenten, in welcher die Beinabduktionsfähigkeit nach 3 wöchigem Training untersucht wurde. Je Woche wurden 3 Trainingseinheiten absolviert. Die eine Gruppe absolvierte die Dehnungsübungen mit Vibrationseinsatz (44 Hz), hingegen die Vergleichsgruppe die Dehnungsübungen ohne Vibrationsreiz durchführte. Im Durchschnitt erlangte die

Vibrationsgruppe eine um 11,4 cm größere Beinabduktion als ihre Vergleichsgruppe. Als Ursache der Überlegenheit des Vibrationstrainings führt Issurin 3 Gründe auf. Der für ihn wichtigste Punkt ist die vermutete schmerzreduzierende Wirkung von Vibrationen. Er bezieht sich hier auf Untersuchungen von Lundeberg [1984]. Die erhöhte Durchblutung unter Vibrationen [Fox, Matthews 1981] so vermutet Issurin, führt zur Erwärmung des betroffenen Muskels und fördert dadurch die Dehnfähigkeit. Als dritten Punkt führt Issurin die Vermutung an, dass Vibrationen im Muskel zur Aktivierung des Golgi-Sehnenorgans führen und folgend eine Relaxation des entsprechenden Muskels ausgelöst wird.

Künnemann und Schmidtbleicher verglichen 1997 bei 112 Fitnesportlern die Zunahme der Beweglichkeit der Brustmuskulatur unter Vibrationseinfluss (23 HZ, 30 sec.). Die Testphase lief über 3 Wochen mit je 2 Trainingseinheiten. Sie unterteilten die Teilnehmer in 2 Hauptgruppen (A: Statische Dehnungsübungen, B: Statische Dehnungsübungen vibrationsgestützt), welchen sie wiederum 2 Untergruppen zufügten (1: gleichzeitige Durchführung eines herkömmlichen Krafttrainings, 2: kein weiteres Training). Abschließend zeigte sich eine Überlegenheit der Vibrationsgruppe gegenüber der reinen statisch trainierenden Gruppe. Erwähnenswert ist jedoch eine Gleichwertigkeit derjenigen Gruppe, in welcher neben den statischen Dehnungsübungen parallel das Krafttraining durchgeführt wurde. Es bestehen Vermutungen, dass durch das Krafttraining ein zusätzlicher Reiz zur Steigerung der Biosyntheseleistung gesetzt wird (ausgelöst durch entstandene Mikrotraumen). Da durch die Erhöhung der Sarkomerzahl die Dehnfähigkeit des Muskels gesteigert werden kann, wäre folglich eine vermehrte Biosyntheseleistung ein Faktor zur Steigerung der Beweglichkeit.

Betrifft man das Feld der Rehabilitation findet man u.a. eine interessante Vergleichsstudie von Just zur Therapie chronischer Rückenbeschwerden. Er überprüfte die Wirksamkeit von Krafttraining mit und ohne Vibrationsanteil bei 60 Patienten (30 Männer und 30 Frauen). Zum Zeitpunkt der Trainingsepisode lag ein Durchschnittsalter von 52,0 Jahren und eine durchschnittliche Schmerzdauer von 13,1 Jahren vor. Trainiert wurde 12 Wochen, in denen 18 Therapieeinheiten stattfanden. Es wurde eine Schwingungsfrequenz von 18 Hz gewählt, da bei dieser Schwingungszahl pro Sekunde die Veränderung der Trägheit und Viskosität der Weichteile eine bessere Übertragung auf den Rumpf gewährleisten. Bei höheren Frequenzen (Vergleich eigene Studie) wird vorrangig die untere Extremität beansprucht. Die Galileogruppe nahm eine Grundposition ein (leicht gebeugte Kniegelenke, hyperlordotische Rumpfstellung, Hände in den Hüften abgestützt) und führte folgend drei verschiedene

Bewegungsabläufe aus: Beckenkreisen, Beckenkipfung in a.p.- Richtung und Rotation des Oberkörpers. Die Trainingsdauer wurde langsam gesteigert und betrug max. 7 Minuten. Die Vergleichsgruppe trainierte an dem MedX-Lumbarextensionsgerät. Das Extensions-Flexions-Ausmaß betrug 72°. Die Untersuchungsergebnisse gingen hinsichtlich des Kraftzuwachses mit unseren Ergebnissen konform. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede für den Kraftzuwachs zwischen den vibrationsgestützt- und konventionell trainierenden Patienten. Eine Schmerzreduktion konnte in beiden Gruppen dokumentiert werden, jedoch ohne signifikante Unterschiede. Auffällig war das Ausbleiben einer Korrelation zwischen der Höhe des Kraftzuwachses und der Reduktion des Rückenschmerzes.

Die Wiedererlangung eines bestimmten Kraftniveaus bzw. die Stabilisierung eines Gelenkes durch Muskeltraining ist ein wesentlicher Bestandteil der Physiotherapie. Haas und Schmidtbleicher untersuchten den Einsatz von Vibrationen bei Patienten mit vorderer Kreuzbandruptur [Zeptoring, Informationsbroschüre der Firma Scisens]. Neben dem Kraftaufbau ist auch der Verlust verschiedener Mechanorezeptoren durch das zerstörte Band zu kompensieren.

Ein Hinweis für die entscheidende Rolle der Propriozeptoren liefert die Erkenntnis, dass die Maximalkraft bei dem Vorliegen einer Verletzung überproportional zur Muskelatrophie abnimmt. Es war folglich die Frage zu klären, ob durch ein Vibrationstraining eine optimale propriozeptive Anpassung erfolgen kann. Nach Meinung der Autoren müssen Trainingssituationen geschaffen werden die keine bzw. nur im sehr geringen Maße Antizipation zu lassen. Hierdurch würde die Verarbeitung der Afferenzen und Umsetzung der Efferenzen geschult werden. Für ihre Studie wählten sie daher ein Vibrationsgerät, welches dreidimensional schwingt und dessen Auslenkung rein zufällig und in immer neuen Abfolgen erfolgt. Untersucht wurde die Veränderung der propriozeptiven Leistungsfähigkeit mithilfe des Einbeinstandes auf einer zweidimensional auslenkbaren Plattform (Coordex) über eine Zeitdauer von 45 sec.. Die Quantifizierung des Auslenkungsumfanges erfolgte über einen zweidimensionalen Beschleunigungsaufnehmer. Untersucht wurden 8 Leistungssportler, von denen 2 konservativ und 6 operativ nach der Verletzung versorgt wurden. Der Testzeitraum lag 6-10 Wochen nach der Verletzung bzw. der operativen Versorgung. Parallel wurde ein Elektromyogramm aufgezeichnet, womit sich die neuromuskulären Steuerungsvorgänge beurteilen ließen. Trainiert wurde mit dem Zeptor-Gerät der Firma Scisens mit einer Frequenz von 6 Hz und einer Amplitudenauslenkung von 3 mm. Die Probanden absolvierten 5 Serien à 60 sec.. Im Abschlusstest zeigte sich bei allen Teilnehmern eine verbesserte Gleichgewichtsregulation, wobei die Ergebnisse individuell stark variierten. Im Durchschnitt

ist die Auslenkung der Messplattform um 38% reduziert worden. Auch im EMG zeigte sich eine Veränderung der Aktivierungsintensität. Der musculus vastus medialis und musculus tibialis anterior zeigten gegenüber dem musculus biceps femoris und musculus gastrocnemius lateralis eine Reduktion der Aktivierungsintensität. Durch die Verschiebung der Aktivitätsanteile kam es zu einer erhöhten Gelenkstabilität. Nach den vorliegenden Daten dieser Studie scheint der Einsatz von Schwingungsreizen in der Therapie von Kreuzbandrupturen sinnvoll. Inwieweit ähnliche Ergebnisse auch mit dem Galileo 2000 zu erzielen wären, bleibt offen. Denkbar wäre jedoch sicherlich ein früher Kraftaufbau und damit eine rasche Verbesserung der Gelenkstabilität. Auch unsportliche und wenig motivierte Patienten könnten von dem einfachen, eher passiven Galileotraining profitieren. Neben den denkbaren positiven Effekten muss natürlich auch an eventuelle negative bzw. riskante Auswirkungen gedacht werden. An dieser Stelle sei auf die Arbeitsmedizin verwiesen [McCallum 1971, Klösterkötter 1975, Iwata 1973] wo bereits eine Vielzahl von negativen Einflüssen hinsichtlich des Umganges mit mechanischen Schwingungen beschrieben werden (Gefäßveränderungen bis hin zum Raynaud-Syndrom, Augenschädigungen, Gelenksarthrosen ect.). Allerdings sind im beruflichen Bereich andere Frequenzen und Schwingungsamplituden und vor allem auch Anwendungszeiten bzw. Einwirkzeiten vorrangig. Schädigungen durch Schwingungsprozesse im Sport wurden bisher kaum untersucht.

Die vorliegende Studie befasste sich neben der muskulären Adaptation auch mit den daraus resultierenden Knochenveränderungen. Es wurden u.a. pQCT Messungen vor, während und nach dem Training durchgeführt. Am 66%-Messort der Tibia konnte während des Trainingszeitraumes für die Galileo-Trainingsgruppe eine signifikante Zunahme des Biegungs-Festigkeitsindex (SSI) um 2,38% gegenüber der Kontrollgruppe beobachtet werden. Eine weitere Erhöhung um 0,65% ergab sich nach dem Nachuntersuchungszeitraum von sechs Monaten, sodass letztlich eine signifikante Steigerung um 3,03% beobachtet werden konnte. Die konventionelle Trainingsgruppe zeigte ebenfalls einen Trend zur Steigerung des SSI, der jedoch kein signifikantes Niveau erreichte. Der Wert lag nach Ende des Trainingszeitraumes lediglich bei plus 0,39%. Er erhöhte sich jedoch bis zum Studienende noch auf 2,34%. Zur Berechnung des SSI-Wertes wurden sowohl geometrische als auch Knochendichteparameter herangezogen. Beide Parameter zeigten überraschender Weise einen gegenläufigen Trend. Die kortikale Dichte, sowie der Bone-Mineral-Content-Wert (BMC) reduzierten sich. Die Knochenquerschnittsfläche hingegen wies in beiden Gruppen eine Vergrößerung auf. Hier lag die Galileogruppe mit 6,3% Flächenzunahme deutlich vor der Konventionelle Gruppe mit

2,78% Flächenzunahme. Dieses Ergebnis lässt vermuten, dass das Galileotraining eine schnellere Adaption des Knochens ermöglicht und darüber hinaus im Vergleich mit dem konventionellem Training zu einer erhöhten Knochenfestigkeit führt [Koch 2003].

An der Friedrich Schiller Universität in Jena untersuchte Rößler et. al [2000] ebenfalls die Wirkung eines Trainings mit dem Galileo 2000. Im Mittelpunkt der Studie standen die Muskelkraft- und Knochendichteentwicklung. 21 Probanden mit einem Altersdurchschnitt von 23,1 Jahren führten ein 4 monatiges Krafttraining auf dem Galileo durch. Es wurde 2-mal wöchentlich jeweils 5 Minuten trainiert. Die Trainingsfrequenz betrug 28 Hz, die Amplitude umfasste 1,38mm. Zum Vergleich diente eine Kontrollgruppe ohne Training. Vor (Prä-Test) und nach den 4 Monaten Training (Post-Test) wurde die statische Maximalkraft sowie die Kraftausdauer der Kniebeuge- und Streckmuskulatur gemessen. Zur Bestimmung der Knochendichte erfolgte eine DXA (Dual Energy x-ray Absorptiometry) im Bereich des Oberschenkelhalses. Nachgewiesen werden konnte eine deutliche Zunahme der Knochendichte in der Trainingsgruppe. Die statische Maximalkraft, sowie die Kraftausdauer der Beugemuskulatur konnten in der Trainingsgruppe ebenfalls einen hohen Zuwachs aufweisen. Die Streckmuskulatur ließ keinen eindeutigen Trend nachweisen.

Noch weitere Studie weisen darauf hin, dass ein Vibrationstraining positive Auswirkungen auf die Knochenfestigkeit haben kann. Eine ausführliche Darstellung der Ergebnisse, sowie eine weiterführende Diskussion zu dem Thema Knochendichte finden sich in der Dissertationsarbeit von Ulrich Koch.

1997 erschien eine Arbeit von Klyscz et al. über die Anwendung Biomechanischer Stimulationstherapie (BMS) zur physikalischen Behandlung des arthrogenen Stauungssyndroms. Ursächlich liegt hier eine Bewegungseinschränkung im oberen Sprunggelenk vor, welche die Funktionstüchtigkeit der Wadenmuskelpumpe einschränkt und damit die venöse Drainageleistung herabsetzt. In Voruntersuchungen konnte Schmeller [1990a,b] zeigen, dass die Beweglichkeit des OSGs wesentlich für das Ausmaß des venösen Abtransportes mit verantwortlich ist. Gleichzeitig schränkt eine bereits bestehendes Stauungssyndrom die Sprunggelenksbeweglichkeit ein [Schmeller 1989]. Liegt nun bei einem Patienten eine chronisch venöse Insuffizienz vor (Folge von der Zerstörung der Venenklappen z.B. postthrombotisch mit Stase des venösen Abtransportes) und ist zusätzlich das OSG in seiner Beweglichkeit eingeschränkt, kann es im Verlauf zu Mikroangiopathien der Haut und auch tiefer liegenden Gewebsschichten kommen. Der Kreis schließt sich, wenn durch die chronisch vorliegende Stauung auch die Versorgung des Sprunggelenkes abnimmt

und damit ein Fortschreiten der Versteifung gefördert wird. Neben der Chirurgischen- und Kompressionstherapie ist eine Optimierung der Wadenmuskelpumpe vorteilhaft, welche mit Zunahme der Beweglichkeit im OSG effektiver wird. Bei guter Restbeweglichkeit können mit herkömmlichen Methoden (Krankengymnastik, PNF (Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation), Krafttraining) bereits gute Erfolge erzielt werden. Klyscz [1997] testete die BMS erstmals an einer 76-jährigen Patientin, bei welcher bereits eine Spitzfußstellung vorlag und die herkömmlichen physiotherapeutischen Bemühungen die Gelenkbeweglichkeit nicht über 10° erweitern konnten. Bei der Probandin lag ein postthrombotisches Syndrom im fortgeschrittenen Stadium vor mit mehrfach floriden Ulzera seit ca. 30 Jahren. Das eingesetzte BMS-Gerät war ein Originalgerät von Nazarov namens Grizzly (Firma: Ramax, Minsk, Ukraine). Während der Therapie wurde die Ferse des betroffenen Beines leicht auf das BMS-Gerät aufgesetzt und im Verlauf aktiv und passiv gedehnt. Die Behandlungsdauer umfasste 15 min. inklusive kurzer Pausen. Es erfolgten 10 Behandlungen innerhalb 2 Wochen. Die verwendete Frequenz lag zwischen 18- 33 Hz. Mithilfe einer elektronischen Winkelmesstechnik konnte die Beweglichkeit im OSG bestimmt werden. Die bisher erreichte Beweglichkeit nach voller Ausschöpfung der bisherigen physiotherapeutischen Möglichkeiten konnte an einen Fuß um 16°, an dem zweiten Fuß um 19° erweitert werden.

Insgesamt konnte durch die Zunahme der Beweglichkeit die Mobilität der Patientin und auch ihr Gangbild deutlich gebessert werden. Eine Kontrolluntersuchung nach 4 Wochen zeigte eine nahezu unveränderte Sprunggelenkbeweglichkeit auf dem Stand des BMS-Therapieergebnisses. An der Universität Tübingen wurden noch weitere Patienten mit diesem Therapiekonzept erfolgreich behandelt. Zurzeit ist jedoch noch keine repräsentative Anzahl zu verzeichnen, sodass wir zunächst von Einzelfalldarstellungen ausgehen müssen.

Auch zur Rehabilitation von neurologischen Erkrankungen wie z.B. dem Morbus Parkinson gibt es einige ermutigende Erkenntnisse bezüglich eines Vibrationstrainings.

Haas und Schmidtbleicher [2002] entdeckten eine zeitlich limitierte Verbesserung der Parkinson-Symptomatik bei zahlreichen Betroffenen.

Morbus Parkinson ist eine langsam fortschreitende degenerative Erkrankung des Gehirns, mit Verminderung der Transmittersubstanz Dopamin. Sie tritt meist im höheren Lebensalter auf. Betroffen sind rund 1% der über 60-jährigen. Folgende Symptome charakterisieren die Parkinsonerkrankung: Akinese oder Hypokinese, Rigor (gesteigerte Grundspannung), grobschlägiger Tremor, leise monotone Sprache, kleinschrittiges Gangbild, Mikrografie Gangunsicherheiten mit Fallneigung, Maskengesicht, Stimmungslabilität und Melancholie.

Die Ursache der Erkrankung ist noch nicht geklärt. Diskutiert werden genetische- und Umweltfaktoren. Der Haupttherapieansatz liegt in der medikamentösen Einstellung, welche jedoch nach Jahren der Anwendung häufig Wirkungsverluste aufweist.

Die beiden Wissenschaftler ließen Parkinsonpatienten auf dem mehrdimensional schwingenden Zeptor Geräte trainieren. Die Frequenzen lagen zwischen 4 und 6 Hz, die Amplitude umfasste 3 mm. Die Behandlungsdauer betrug 5 x 1 Minute, mit je 1 Minute Pause. Als Testparameter diente das Gangbild (Highspeed Videoanalyse), verschiedenen kleinmotorische Koordinationsteste (z.B. Schriftproben), sowie Kraft- und Schnelligkeitsanalysen. Weiterhin wurden befindlichkeitsbezogenen Daten gesammelt.

Insgesamt fand sich ein deutlich positives und auch reproduzierbares Ergebnis für 80% der Patienten. Ein Fünftel der Patienten erfuhren keine Veränderung der Symptomatik. Im Einzelnen fand sich eine markante Verbesserung der Befindlichkeit. Hierzu wurden Daten zur Stärke des Tremors, der Rigidität und der Sicherheit der Bewegungskontrolle herangezogen. Unterstützt wurden diese Angaben anhand biomechanischer Datenanalysen. So konnte z.B das Schriftbild sowie Zeichnungsproben deutlich verbessert werden. Auch zeigte sich ein positiver Effekt auf das Gangbild. Die motorische Kraft konnte zwischen 8 und 25% gesteigert werden. Die beschriebenen positiven Effekte hielten zwischen 2 Stunden und 2 Tagen an. Insgesamt lag die Zahl der bisher untersuchten Parkinsonpatienten im Dezember 2002 bei etwa 100.

Ein definitives Wirkprinzip liegt zurzeit noch nicht vor. Diskutiert werden Veränderungen der Neurotransmitterkonzentration. Aus Tierexperimenten geht hervor, dass mechanische Schwingungen signifikante Veränderungen der Dopaminkonzentration hervorrufen können [Nukamura et al. 1992]. Ein weiterer Ansatzpunkt ist die reduzierte Thalamusaktivität, die sich bei vielen parkinsonerkrankten Patienten findet. In einigen Studien konnte eine Auswirkung von Vibrationsreizen auf die Thalamusaktivität nachgewiesen werden [Bonhomme et al. 2001, Tommerdahl 1999]. Es ist somit denkbar, dass die durch das Zeptortraining applizierten Vibrationsreize, die fehlende Thalamusaktivität ausgleichen und somit, zumindest für einen gewissen Zeitraum, zu einer deutlichen Symptomverbesserung führen. Zum optimalen Einsatz des Verfahrens müssen jedoch die neurophysiologischen und biochemischen Wirkmechanismen geklärt werden. Ebenfalls fehlen Langzeitergebnisse.

#### Resümee:

Zusammenfassend lässt sich erkennen, dass ein vibrationsgestütztes Krafttraining zu einer signifikanten Erhöhung der Maximalkraft führt und die Sprunghöhe als Ausdruck der Explosivkraft sich sogar deutlich mehr steigert im Vergleich zur konventionellen Methode.

Berücksichtigt man den Trainingsaufwand und die notwendigen Fähigkeiten, die ein Übender mit sich bringen muss, um ein Krafttraining durchführen zu können, lässt sich eindeutig ein Vorteil des Galileotrainings feststellen.

Der rein zeitliche Trainingsaufwand der Probanden in der Galileogruppe betrug im Schnitt 7 min., hingegen die konventionelle Gruppe minimal 30 min. benötigte. Betrachtet man die Herzkreislaufbelastung und die nötigen motorischen Grundvoraussetzungen, ist ein Training mit dem Galileogerät im Gegensatz zu einem konventionellen Krafttraining leichter möglich. Auch Menschen mit nur geringer Herzkreislaufleistung oder eingeschränkter Beweglichkeit, wie z.B. älterer Patienten, Herzpatienten oder ein Teil der Parkinsonerkrankten wären in der Lage ein Galileotraining zu absolvieren.

#### Ausblicke:

Die in dem letzten Abschnitt der Diskussion aufgeführten Anwendungsbereiche weisen sicherlich noch einen experimentellen Charakter auf, ermöglichen jedoch eine neue Therapieoption für unterschiedlichste Anwendungsgebiete. Weitere Untersuchungsergebnisse bleiben abzuwarten. Festzuhalten ist jedoch, dass Vibrationstraining in der richtigen Anwendung durchaus ein Stellenwert im Sport, sowie in der modernen physikalischen Therapie hat.