



universität
wien

Magisterarbeit

Titel der Magisterarbeit

Belastungsnormative in der Trainingslehre:
Zur Klassifizierung des sensomotorischen Trainings im
Sport

verfasst von

Andreas Mistelbauer-Obernberger, Bakk.rer.nat.

angestrebter akademischer Grad

Magister der Naturwissenschaften (Mag.rer.nat.)

Wien, im November 2013

Studienkennzahl lt. Studienblatt:

A 066 826

Studienrichtung lt. Studienblatt:

Magisterstudium Sportwissenschaft

Betreuer:

o. Univ.-Prof. Dr. med. Norbert Bachl

Meinem verstorbenen Bruder (* 19.03.1966 † 27.04.2010)

Meinem verstorbenen Vater (* 27.12.1943 † 09.06.1986)

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich für die Betreuung der Arbeit bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Norbert Bachl bedanken.

Danke für das Verständnis und Unterstützung meiner Familie und Mutter, vor allem meiner Frau Madeleine und meinem Sohn Boas, die mich bei der Bearbeitung und in schwierigen Zeiten motiviert sowie inspiriert haben und an mich geglaubt haben.

Vielen Dank!

Abstract (Deutsch)

Problemstellung: Die Gestaltung von optimalem Training ist einer der Hauptbestandteile der Sportwissenschaft. Sensomotorisches Training gliedert sich hierbei als eine Fachrichtung in die Disziplin ein und beschreibt vereinfacht gesagt „... die Aufnahme von Informationen über die Bahnen der Nerven und des Rückenmarks und deren Weiterleitung an das Gehirn und die dortige Information: Die Folge daraus sollte die Motorik sein“ (Meier, 2011, S.42). Dennoch findet der Begriff des sensomotorischen Trainings bis dato keine eindeutige Klassifizierung in der Trainingslehre. (Brand, 2007; Willardson, 2011; Zech et al., 2010; Taube, 2012; Pfeifer et al., 2008). Dieser Beitrag stellt allgemeine Richtlinien für die Anwendung von sensomotorischen Training im Sport, zeigt, wie sensomotorisches Training gemessen werden kann und verweist auf aktuelle Trainingsgeräte für sensomotorisches Training. Dies führt zu folgender primären Fragestellung: Welche Trainingsstruktur ist auf Basis der Fachliteratur und der Meinung aus Experten/innen für sensomotorischen Training zu empfehlen?

Methodik: Zuerst findet eine systematische Überprüfung von Originalstudien und Reviews mit Inhalten zu identifizierten Belastungsstrukturen, Trainingsgeräte und Parameter im sensomotorischen Training für den Sport statt. In einem zweiten Schritt halfen Experteninterviews (n=3) zu verstehen, zu erklären und zu diskutieren. Durch dieses multidimensionales Design soll eine allumfassende Empfehlung für die Praxis aufgezeigt werden.

Ergebnisse: Die Trainingsmethode sensomotorisches Training kann die posturale Kontrolle verbessern; die Sprung-, Maximal sowie die Explosivkraft steigern und die segmentale Stabilität erhöhen. Eine Ergebniszusammenfassung aus Literatur und Aussagen der Experteninterviews beschreibt, dass sensomotorische Training über 7 Wochen, 3 mal pro Woche, 27 Minuten Trainingsdauer, 35 Sekunden strukturierte Belastungsdauer und 46 Sekunden Pausendauer, gesteuert werden kann. Die Ausführung sollte variantenreich trainiert werden (statische und dynamische Balance-Übungen auf "labilen" oder "instabilen" Untergründen). Die Trainingsintensität sollte mit einer hohen Konzentration gewählt werden. Traditionelle Trainingsgeräte wie Balancierbretter oder Gymnastikbälle unterstützen sensomotorische Training. Slacklining wird in der jüngeren Literatur als eine Trainingsmöglichkeit genannt

Fazit: Alles in allem stellen diese Ergebnisse eine erste vage wissenschaftliche Erkenntnis, durch welche Parameter sensomotorisches Training strukturiert werden kann.

Weitere quantitative Forschung wird benötigt um diesen multidimensionalen Ansatz, aus systematischer Literaturanalyse und Einbindung der Praxismeinung, aus Sicht der Wissenschaft zu beweisen.

Abstract (Englisch)

Purpose: Finding an optimized way of training is the core competence of sports science. In this context sensomotoric training, defined as the reception of information along nerve tracts and the processing in a human's brain which leads to motoric activity, poses an important research area (Meier 2011). Even though sensomotoric training is widely established in sports and rehabilitation, there are no final conclusions about optimal structure and intensity of training sessions (Brand 2007; Willardson 2011; Zech et al., 2010; Taube, 2012; Pfeifer et al., 2008).

This paper presents general guidelines for applying sensomotoric training in sports, shows how sensomotoric training can be measured and points to current training equipment for sensorimotor training. This leads to the following research question: How do academic literature and experts in the field structure sensomotoric training in sports?

Methods: First, a systematic review of papers identified structures, training devices and parameters in sensomotoric training for sports. In a second step, expert interviews (n=3) helped to understand, explain and discuss underlying research phenomenon in a holistic way.

Results: The academic literature shows that the training method can improve postural control; increase jumping high, maximum force and explosive force; and improve segmental stability.

Matching those results with the statements of the expert interviews showed that sensomotoric training should be structured over 7 weeks, 3 times a week, 27 minutes training duration, 35 seconds loading duration and 46 seconds pause duration. Training should be controlled by alternately (Static and dynamic balance exercises on "labile" or "instabile" undergrounds). The exercise intensity should be selected with a high concentration. The duration of sensomotoric training should never exceed the degree of fatigue of the cortical system.

Traditional training tools like balancing boards or gym balls support sensomotoric training. Slacklining, as a newer training device, requires a certain degree of core stability which has to be kept in mind when planning training sessions.

Conclusions: All in all, those vague results pose the first academic insights into training parameters of sensomotoric training. Further research based on experimental designs is required to prove this qualitative approach.

Inhaltsverzeichnis

1. Problemstellung.....	9
2. Forschungsfragen & Zielsetzung	10
3. Empirisch qualitatives Forschungsdesign	11
3.1. Systematischer Literaturüberblick	12
4. Zuordnung von Fachbegriffen	16
4.1. Sensomotorisches Training.....	16
4.2. Propriozeption	19
4.3. Rumpfstabilität	20
4.4. Posturale Stabilisation	21
5. Grundlagen des sensomotorischen Training	23
5.1. Motorische Zentren der Reizverarbeitung	25
5.2. Neurophysiologische Adaptation	27
5.2.1. Reflektorische, neuronale Anpassungen.....	28
5.2.2. Unwillkürliche, neuronale Anpassungen	28
6. Arten der Gleichgewichtsfähigkeit	30
6.1. Physikalische Bedingungen der Gleichgewichtsfähigkeit	31
6.1.1. Größe der Standfläche	33
6.1.2. Unterschiedliche Bewegungsrichtungen der Standfläche	33
6.2. Leistungsbestimmende Faktoren.....	34
7. Messbarkeit von sensomotorischem Training	36
7.1. Feldtestung	37
7.2. Computergestützte Messungen der Sensomotorik.....	40
8. Trainingswissenschaft Grundprinzipien	45
9. Leitfadengestützte Expert/inneninterviews.....	50
9.1. Instrumente und Ablauf der Studie	51
9.1.1. Durchführung und Ablauf der Expert/inneninterviews	54
9.2. Vertikale Analyse	55
9.2.1. Interviewpartnerin Dr. Christiane Wilkens	55
9.2.2. Interviewpartner Mag. Erwin Reiterer	58
9.2.3. Interviewpartner Gerald Mitterbauer	61
9.3. Horizontale Analyse	64
10. Beantwortung der Forschungsfragen.....	68

10.1. Einordnung in die Trainingslehre	68
10.2. Effekte des sensomotorischen Trainings	69
10.2.1. Wirkung von sensomotorischen Training auf die Maximalkraft	71
10.2.2. Wirkung von sensomotorischen Training auf das neuropsychologische System	73
10.2.3. Empfehlung für das Training - Geringe Antizipation	74
10.3. Trainingsmittel für sensomotorisches Training	75
10.3.1. Labile Trainingsmittel	76
10.3.2. Instabile Trainingsmittel	76
11. Belastungsprotokoll für den Sport	77
12. Diskussion	89
13. Zusammenfassender Erkenntnisgewinn	91
Literaturverzeichnis	92
Tabellenverzeichnis	100
Abbildungsverzeichnis	101
Internetquellen	102
Anhang Interviewtranskripte	103
Curriculum Vitae	120
Erklärung	121

TEIL I: Einleitung

1. Problemstellung

Die Gestaltung von optimalem Training ist einer der Hauptbestandteile der Sportwissenschaft. Sensomotorisches Training gliedert sich hierbei als eine Fachrichtung in die Disziplin ein und beschreibt vereinfacht gesagt „... die Aufnahme von Informationen über die Bahnen der Nerven und des Rückenmarks und deren Weiterleitung an das Gehirn und die dortige Information: Die Folge daraus sollte die Motorik sein“ (Meier, 2011, S.42). Dennoch findet der Begriff des sensomotorischen Trainings bis dato keine eindeutige Klassifizierung in der Trainingslehre. (Brand, 2007; Willardson, 2011; Zech et al., 2010; Taube, 2012; Pfeifer et al., 2008).

Trainingsformen wie zum Beispiel Krafttraining oder Ausdauertraining haben in der Trainingswissenschaft Empfehlung und Richtwerte für die Belastungsnormative (vgl. Schnabel, Harre, Krug, 2011). Die Trainingsbelastung bei sensomotorischem Training basiert trotz verbreiteter Anwendung im Sport und der Rehabilitation auf Erfahrungswerten. Auffallend ist hier, dass die empfohlene Bandbreite der Belastungsparameter von 5 Sekunden bis zu 150 Sekunden Einzelreizdauer reicht (Brand, 2007). Diese Richtwerte stellen keine abschließend zufriedenstellende Erkenntnis dar. Außerdem mangelt es an wissenschaftlich fundierten Empfehlungen für Belastungsnormative des sensomotorischen Trainings in der Trainingslehre (Brand, 2007; Willardson, 2011; Zech et al., 2010; Taube, 2012; Pfeifer et al., 2008). Mühlbauer, Bopp, Roth und Granacher (2012, S. 569) nennen „... there is at this point no scientific evidence of an optimal exercise sequence to ensure progression in Balance Training and the impact of such a sequence on balance performance“. Dennoch wird die Wichtigkeit dieser Fachrichtung unterstrichen, wenn Erfahrungswerte aus der Therapiepraxis sowie wissenschaftlich belegte Studien auf die Effizienz von sensomotorischen Training hinsichtlich Verbesserung der posturalen Stabilität und Verletzungsvorbeugung, sowie auf einen optimierten Rehabilitationsprozess hinweisen. Daher stellt sich eingangs die Frage: Welchen Rückschluss kann der Sport - ob Gesundheitssport oder Leistungssport - aus den Wirkungen des Trainings ziehen?

Zech et. al. (2010) verweisen, dass neuromuskuläre Trainingsinterventionsprogramme eine verbesserte Leistungsfähigkeit im Athletiktraining aufweisen. Die Literatur (Bruhn, 2003; Granacher et al., 2007) verweist darauf, dass durch sensomotorisches Training die Maximal-, Schnell- und Explosivkraft gesteigert werden kann. Vor allem auf die Wichtigkeit von stabiler segmentaler Rumpfmuskulatur wird allgegenwärtig verwiesen. Sensomo-

torische Trainingsmaßnahmen führen zu einer verbesserten Kontrolle der freien Gelenke bedingt durch die neuronalen Anpassungen (Gisler-Hofmann, 2008; Taube, 2010). Es gibt Grundannahmen, dass ein Training auf labilem Untergrund die Rumpfmuskulatur trainiert - vor allem die tiefliegende, wirbelsäulensegmentale, nahe Muskulatur (Richardson, Hodges & Hides, 2009).

Posturale Stabilität ist in Alltagsaktivitäten als auch in Sportaktivitäten eine wichtige Basis. Ob statisches Gleichgewicht bei Schusssportarten oder dynamisches Gleichgewicht bei koordinativen Sportarten und Spielsportarten - eine verbesserte Leistungsfähigkeit ist mit einer erhöhten posturalen Stabilität zu verzeichnen. Vor allem bei Spielsportarten und deren Verletzungshäufigkeiten der unteren Extremität ist sensomotorisches Training als wirksame, präventive Maßnahme aus Studien dokumentiert (Zemková, 2011).

Zech et al. (2010, S. 393) argumentieren ebenfalls auf Wichtigkeit einer Klassifizierung und Einordnung des Trainings:

Clarifying the influence of balance training on changes in motor performance appears to be important for 2 reasons: to identify potential underlying neuromuscular control mechanisms and to implement evidence-based balance interventions in the field of athletic training.

Diese einleitenden Argumente unterstreichen die Relevanz der vorliegenden Arbeit für die Trainingspraxis. Um jedoch weiteres praxisrelevantes Wissen generieren zu können, bedarf es dem Zusammenspiel aus wissenschaftlicher Erkenntnis, theoretischem Wissen und praxisnaher Verortung. Daraus leiten sich die Forschungsfragen, Zielsetzung und das gewählte Forschungsdesign ab.

2. Forschungsfragen & Zielsetzung

Gegenstand dieser Arbeit ist eine ganzheitliche Empfehlung für die Trainingssteuerung von sensomotorischem Training für den Sport. Aufgrund der von der Wissenschaft und Praxis geforderten Einordnung lassen sich folgende Forschungsfragen ableiten:

- F1: Welche physiologischen Wirkungen hat sensomotorisches Training?***
F2: Wie kann sensomotorisches Training strukturiert werden?
F3: Welche Trainingsmittel können dabei eingesetzt werden?
F4: Wo kann sensomotorisches Training in der Trainingslehre zugeordnet werden?

Einerseits ist es Ziel der Arbeit die physiologischen Wirkungen sportmedizinisch zu erläutern und somit die Sinnhaftigkeit von sensomotorischen Trainingsmethoden im Einzelfall zu prüfen. Neben der strukturellen Aufbereitung der Trainingseinheit, die die Prozesse und Abläufe genauer analysieren, sollen auch in der Praxis vertretene Trainingsmittel hinterfragt werden. Die Reflexion über Hilfsmittel in der Trainingslehre scheint gerade in der jüngeren Vergangenheit als wichtig, um hier Klarheit über aufkeimende Vielfalt an Trainingsmitteln zu verschaffen. Insgesamt ordnet sich die Arbeit in ein Spannungsfeld ein, das sowohl wissenschaftliche Erkenntnis als auch praxisnahe Erfahrung zu verbinden versucht. Experimentelle Designs, die zu diesem Thema veröffentlicht wurden, geben erste Einblicke über die Ursache-Wirkungszusammenhänge der Trainingsmethode. Dennoch ist die wissenschaftliche Literatur mangelhaft und lückenhaft. Um tiefere und breitere Einblicke zu erhalten, ist daher auch Expert/innenwissen, das auf die eingangs erwähnten Erfahrungswerte aufbaut, von Relevanz. Daher wurde ein empirisch qualitatives Forschungsdesign gewählt, dass im folgenden Abschnitt erläutert wird.

3. Empirisch qualitatives Forschungsdesign

Wissenschaftstheoretisch liegt das Ziel des forschenden Daseins im Wissensfortschritt, im Entdecken und Verstehen von Zusammenhängen (Srška, 2007). Die gewählte methodische Annäherung richtet sich dabei an der zugrunde liegenden Forschungsfrage aus. Die Annäherung an die vorliegenden Forschungsfragen, die in Kapitel 2 vorgestellt wurden, erfolgt durch ein multi-methodisches qualitatives Design (Forscht/Angerer/Swoboda, 2009). Dabei bilden ein systematischer Literaturüberblick und Expert/inneninterviews eine ganzheitliche Erfassung des Forschungsproblems. Wie einführend diskutiert, gilt die vorliegende Problemstellung in der wissenschaftlichen Diskussion als nicht abschließend geklärt. Daher wird die empirisch qualitative Untersuchung dazu herangezogen, breitere und tiefere Einblicke zu erfassen und zu verstehen (Srška, 2007). Die Methodenkombination, die den Wissenstand der Forschung und Wissenstand aus der Praxis aufbereitet, wird eine für den Sport orientierte, wissens- und praxisbasierende Empfehlung von sensomotorischen Training gegeben.

Im Allgemeinen lässt sich qualitative Forschung wie folgt definieren:

Qualitative Forschung will jene Tatbestände rekonstruieren, die zur Strukturierung sozialen Handelns führen“ (Frabene, 2006, S. 269; zit. nach Rose, 1994, S.17; Kuhlmann/Balz, 2005, S. 10)

Kuhlmann/Balz (2005) verweisen zum Thema qualitative Sozialforschung darauf, dass durch die Forschung Wirklichkeitskonstruktionen aufgezeigt, erfasst, aufbereitet und schließlich umfassend ausgewertet sein sollen. Lebendige Erfahrungen sind der Ausgangspunkt und Indikator, wo Schritt für Schritt in eine Empirie basierte Theoriebildung des Forschers bzw. der Forscherin einmündet.

Im Unterschied zur quantitativen Forschung wird bei qualitativen Methoden die Reflexivität zwischen Kommunikation der Forscherin bzw. des Forschers und dem Subjekt als Erkenntnis und Bestandteil des Forschungsprozesses herangezogen. Weiters gilt das Prinzip der Offenheit. Hypothesen werden im Laufe des Forschungsprozesses generiert und das Prinzip bezieht sich auf den Gegenstand der Forschung, den Forschungsprozess und die Grundhaltung von Forscherin bzw. vom Forscher sowie der Forschung. Der Kernpunkt „Verstehen als Erkenntnisprinzip“ zielt darauf ab, das untersuchte Geschehen von innen heraus zu verstehen. Verstanden werden soll die Sicht eines oder mehrerer Subjekte, Abläufe sozialer Situationen oder die auf eine Situation zutreffenden kulturellen und sozialen Regeln (Flick, 2002).

3.1. Systematischer Literaturüberblick

Fettke (2006) charakterisiert die Methode des systematischen Literaturüberblicks wie folgt: Einerseits wird eine definierte Anzahl an Primäruntersuchungen zu einer oder mehreren Forschungsfragen analysiert, wobei keine neuen primären Ergebnisse zur Forschungsfrage gezeigt werden. Ziel ist es, die Ergebnisse dieser Primärstudien „zu beschreiben, zusammenzufassen, zu bewerten, zu klären oder zu integrieren. Das Review kann sich dabei auf inhaltliche, methodische, theoretische oder auch andere Eigenschaften der Primäruntersuchung stützen.“ Dabei verweist der Autor explizit darauf, dass die Anzahl der untersuchten Primärstudien auch nur wenige Arbeiten zu einem Themengebiet umfassen kann. Dabei wird eine kritische Auseinandersetzung gefordert, die auch vergleichende Analysen und/oder eine Integration mehrerer Arbeiten zulässt. Angelehnt an die Erkenntnisse von Fettke (2006) wurde folgende Vorgehensweise für die Untersuchung gewählt.

1. Schritt	• Problemformulierung • Darstellung in Kapitel 2
2. Schritt	• Literatursuche • Darstellung in Kapitel 3
3. Schritt	• Literaturauswertung • Darstellung in Kapitel 4
4. Schritt	• Analyse und Interpretation • Darstellung in Kapitel 5, 6, 7, 8, 9
5. Schritt	• Präsentation der Ergebnisse • Darstellung in Kapitel 10, 11

Abb.1: Übersichtsleitfaden der gegenständlichen Arbeit

Auswahl und methodische Bewertung der Primärstudien erfolgte durch den Verfasser dieser Arbeit. Für die Literatursuche sowie die Grundlage der Empfehlung für Belastungsnormativa wurden Ergebnisse experimenteller Studiendesigns, die sensomotorisches Training isoliert oder in Kombination mit anderen Trainingsinhalten zur Analyse hatten, verglichen. Reviews, die Empfehlungen mit Belastungsprotokollen des sensomotorischen Trainings aufzeigen, werden ebenfalls als Grundlage der Arbeit verwendet.

Es wurde in den Datenbanken *u:search* der Universitätsbibliothek Wien, der Datenbank *Pubmed* und der Datenbank des *Bundesinstitutes für Sportwissenschaft (BIPs)* nach den Schlagwörtern „sensomotorisches Training“, „Propriozeption“, „Gleichgewichtstraining“, „Verletzungsprophylaxe“, „propriozeptives Training“, „Slackline Training“, „Balance Training“, „Wobble Board“, „Therapiekreisel“, „Indo Board“ „Koordination“ in verschiedenen Kombinationen und den entsprechenden englischen Sprachwörtern gesucht.

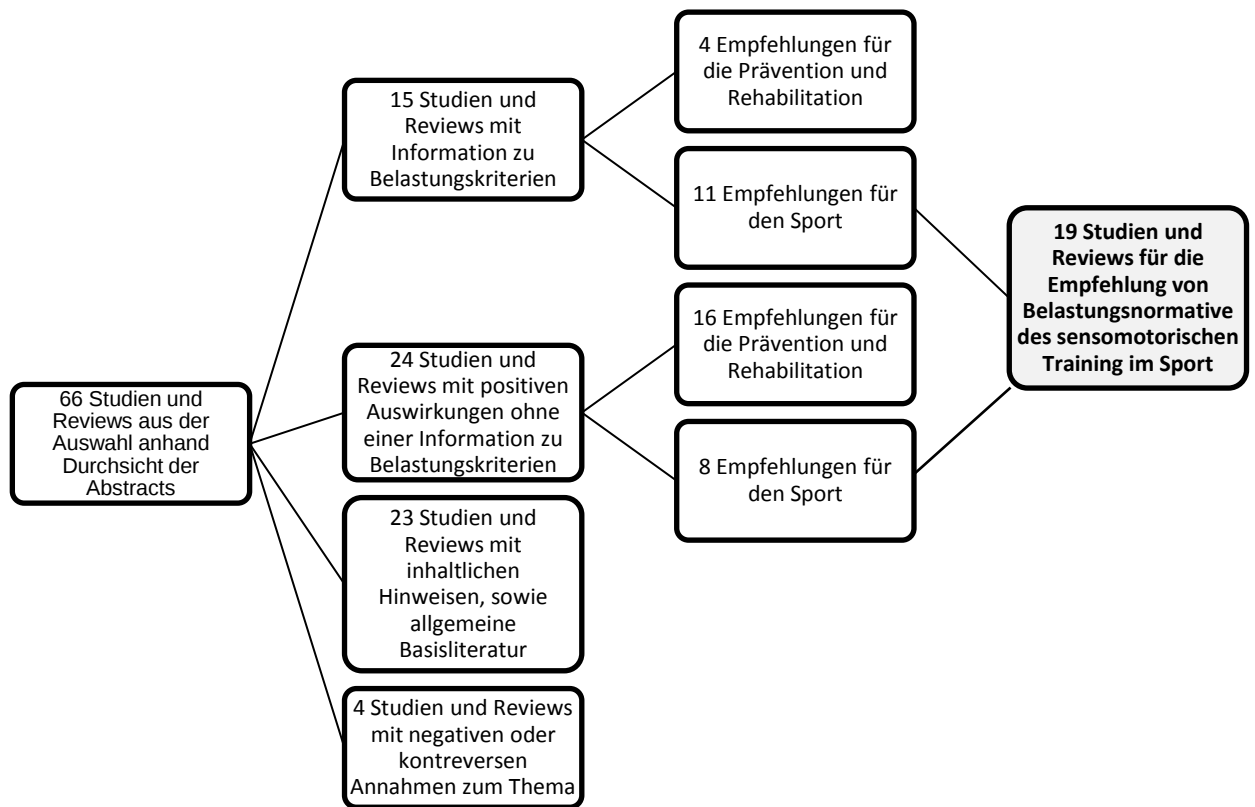


Abb. 2: Grafisch dargestelltes Studiendesign der Literaturrecherche

Abb. 2 stellt das Auswahlverfahren der Literaturrecherche dar. Insgesamt bleiben 16 Artikel für die Empfehlung der Belastungsnormative für den Sport übrig. Aufgrund der geringen Anzahl an Primärstudien, die ein ausführliches Belastungsprotokoll der Belastung und Erholung von sensomotorischen Training dokumentieren, werden auch Übersichtsartikel für die Empfehlung herangezogen. Die restliche Literatur fließt in allgemeine Erklärung zum Thema der wissenschaftlichen Arbeit ein.

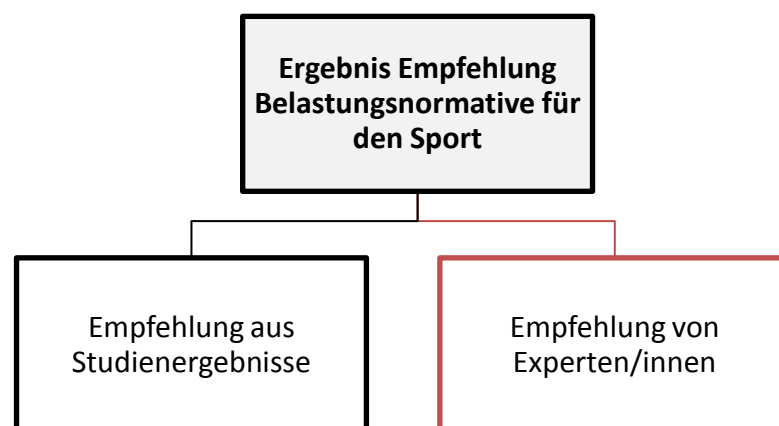


Abb. 3: Grafisch dargestelltes Studiendesign

Meinungen von Expert/innen werden mit der Aussagen und Annahmen der Literatur verglichen und diskutiert. Aus dem Ergebnis dieser Darstellung sollen die Beantwortung der Forschungsfragen sowie eine Zuordnung für die Trainingslehre erfolgen.

3.2. Schritt 2: Expert/inneninterviews

Die einführend angesprochenen Kernpunkte der qualitativen Forschung rücken vor allem die Kommunikation in den Fokus der Betrachtung, wobei sich in der Forschungswelt häufig Interviews als geeignete methodische Herangehensweise etabliert haben. Froschauer (2003) beschreibt in ihrem Buch „Das qualitative Interview“ drei Besonderheiten von Interviews.

- Interviews orientieren sich an einer interpretativen Sozialforschung
- Dienen der Analyse von sozialen Systemen und präsentieren sozialwissenschaftliche Gesichtspunkte
- Liefern Ergebnisse, die sich für die Analyse objektiv-latenter Sinnstrukturen sozialer Systeme eignen

Um die Forschungsfrage aus Sicht der empirischen Forschung beantworten zu können, wurde das Leitfaden-Interview als Werkzeug herangezogen.

Nachdem die Problemstellung und die daraus abgeleiteten Forschungsfragen und das gewählte Forschungsdesign dargestellt wurden, beschäftigt sich Teil II der Arbeit mit der theoretischen Verortung der Begrifflichkeiten aus der Literatur und einen ersten Einblick über die Erkenntnisse aus dem systematischen Literaturüberblick.

TEIL II: Theoretische Verortung der zentralen Forschungsergebnisse im Bereich sensomotorischen Trainings

4. Zuordnung von Fachbegriffen

Verschiedene Fachbegriffe werden in Bezug auf sensomotorisches Training in der Literatur verwendet. Um ein einheitliches Verständnis bei der Leserschaft zu schaffen, erfolgt eine Zuordnung von wichtigen Fachtermini im kommenden Kapitel. Hierbei wird auf die Bereiche sensomotorisches Training, Propriozeption, Rumpfstabilität und posturale Stabilisation eingegangen. Diese Bereiche wurden bereits einleitend erwähnt; eine detaillierte Diskussion erscheint an diesem Punkt jedoch sinnvoll.

4.1. Sensomotorisches Training

Der Begriff *Sensomotorik* umfasst die Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und die abschließende Motorik oder auch Zielbewegungsausführung. Die Informationsaufnahme wird als afferenter, sensorischer Teil bezeichnet, welche sich aus verschiedenen Rezeptoren und afferenter Leitungsbahnen zusammensetzt. Dazu zählen die Rezeptoren der Muskulatur, Sehnen, Gelenksstrukturen und die Rezeptoren im visuellen, vestibulären und akustischen System. Diese melden durchgehend Informationen an das zentrale Nervensystem, wobei die Verarbeitung im zentralen Nervensystem stattfindet. Dieses nutzt die Informationen um motorische Willkürbefehle zu aktivieren, ständige Bewegungsabläufe zu automatisieren und auf Änderungen der Haltung oder des Bewegungsgleichgewichts mit automatischen Muskelantworten zu reagieren. Die Muskulatur ist dabei das Erfolgsorgan des sensomotorischen Systems. Der Output erfolgt über efferente Leitungsbahnen und deren Erfolgsorgane (Lephart, S. M. & Fu, A. S., 2000; Ebenbichler, 2011). Der anatomische Standort der Sensoren ist der Muskel-Sehnenkomplex und die hinzugehörenden bindegewebigen Gelenksstrukturen. Der Output ist eine koordinative, muskuläre Antwort wo die Muskulatur zum optimalen Zeitpunkt aktiv wird und die anzupassende Kraft der Situation entwickelt. Wie lange die Leistung aufrecht erhalten werden kann und welche maximalen Widerstände die Muskulatur entgegen wirken kann, hängt von den Fähigkeiten Kraft und Ausdauer der jeweiligen Person ab (Laube, 2004).

Meier (2011, S. 42) vereinfacht die Interpretation der Sensomotorik unter „... die Aufnahme von Informationen über die Bahnen der Nerven und des Rückenmarks und deren Weiterleitung an das Gehirn und die dortige Information. Die Folge daraus sollte die Motorik

sein...“. Darunter versteht Meier (2011) ein optimales Ansteuern der Muskelspannung, was er auch mit dem Satz „Keine Motorik ohne Sensorik, keine Sensorik ohne Motorik“ unterstreicht (Maier, 2011, S.42). Risberg et al. (2001) verbinden mit den Begriff mit „Training enhancing unconscious motor responses by stimulating both afferent signals and central mechanism responsible for dynamic joint control“ (Risberg et al. 2001, zit. n. Zech & Hübscher, 2011, S.6) Sie deklarieren den Begriff damit, dass Gelenkstabilität und –kontrolle, in willkürlich oder unwillkürlichen Situationen, Ziel einer sensomotorischen Intervention sein sollte. Granacher et.al. (2007) sprechen von einer Verbesserung funktioneller Reflexaktivitäten durch eine optimierte Integration von afferenter Informationen. Sie verstehen unter sensomotorischem Training das gleiche wie Gleichgewichtstraining.

Eine optimale Bewegungssteuerung und Bewegungsregulation ist die Basis für eine koordinative Leistung. Die Steuerung und Regulation kann dem sensomotorischen System zugeordnet werden. Den jeweiligen Aktivierungszustand der Muskulatur steuern dabei zentrale, im Nervensystem gespeicherte Bewegungsprogramme. Dieser Gedächtnisspeicher und die in der Situation gelieferten afferenten Informationen aus der Peripherie bieten die Möglichkeit, flexibel an die aktuellen Gegebenheiten aus der Umwelt und den situativen Anforderungen aus der Sportart zu reagieren. Bruhn (2003) verbindet den Begriff sensomotorisches Training mit einer Verbesserung der Bewegungsregulation.

Der Begriff *Training* kann als eine planmäßige und zielorientierte Einwirkung auf die Leistungsfähigkeit sowie Leistungsbereitschaft von Athlet/innen bezeichnet werden. Ziel des Trainings ist die jeweilige Leistungsfähigkeit zu steigern bzw. diese auf dem erworbenen Trainingsniveau zu halten (Schnabel et al., 2011).

Sensomotorische Störungen, welche durch Verletzungen verursacht wurden, ziehen ein verändertes Muskelaktivierungsmuster mit sich. Dies führt dazu, dass die Haltungsstabilität beeinträchtigt ist (verringerte posturale Stabilisation) und abgewandelte Bewegungsmuster im Gang oder bei anderen funktionellen Bewegungsmustern stattfinden (O’Driscoll, & Delahunt, 2011; Zech & Hübscher, 2008).

Die Wissenschaft verwendet international verschiedene Begriffe für den gleichen Trainingsinhalt. Der Inhalt zielt dabei auf eine Verbesserung der sensomotorischen Fähigkeiten ab. Propriozeptives Training ¹wurde meist in der Vergangenheit verwendet und wird in den letzten Jahren als Gleichgewichtstraining oder sensomotorisches Training in der Terminologie verwendet (Pfeifer et al., 2008, Brand, 2007). Propriozeptives Training gestaltet sich als eine Beanspruchung propriozeptiver Strukturen. Das Ergebnis sollte eine

¹ Anm.: Auf den Begriff „Propriozeption“ wird im Detail in Kapitel 4.2 eingegangen

Verbesserung der propriozeptiven Wahrnehmung sein (Zech & Hübscher, 2011). Tabelle 1 soll noch einmal einen Überblick über die verwendeten Begrifflichkeiten der verwendeten Literatur zeigen.

Tab. 1: Übersicht der Begriffe von sensomotorischen Training

Begriff	Autor
balance training (slackline training)	Pfusterschmied et al. (2013); Oliver & Brezzo (2009); Taube et al.(2007); Emery et al.(2005)
sensorimotor training	Zech & Hübscher (2012); Hrysomallis (2011); Zemková (2011); Pfeifer et al.(2008); Gisler-Hofmann (2008); Granacher et al. (2007); Brand (2007); Bruhn (2003); Granacher(2003)
unstable surface training	Hubbard (2010)
instability training	Fowles (2009)
proprioceptive training	Renstrom et al. (2008); Knobloch et al.(2005)
neuromuscular training	Holm et al.(2004)

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass in den letzten Jahren meist einheitlich „sensimotor training“ oder „balance training“ verwendet wird. Unter dem Begriff „neuromuscular training“ wird eine Gesamtheit von Interventionen verstanden. Dabei handelt sich um einen Trainingsmix aus Kraft-, Gleichgewichts-, Sprung, Agility- und Plyometrietaining, wobei Gleichgewichtstraining ein Teil der Trainingsintervention ist (Emery & Meeuwise, 2010; Holm et al. 2004; Filipa, 2012; Pasanen et al. 2005; O`Driscoll & Delahunt, 2011; Herman et al., 2012). Aufgrund der vermehrten, aktuellen Bezeichnung „sensimotor training“ wird in der gegenständlichen Arbeit die Bezeichnung *sensomotorisches Training* verwendet.

4.2. Propriozeption

Unter Propriozeption versteht Schmitdt (1995; zit. nach Meier, 2007, S. 32) „... die Zusammenfassung von Sinneseindrücken, die durch Reizung von Muskeln, Sehnen und Gelenkrezeptoren zustande kommen“. Sinnesrezeptoren erfassen laufend Reizinformationen aus der Umwelt und geben die Information an das zentrale Nervensystem weiter. Die Sinnesreize werden in Aktionspotentialfolgen umgewandelt.

Klinke, Pape & Silbernagl (2005) verstehen unter Propriozeption eine Tiefensensibilität, die Informationen aus tiefen Geweben, Muskeln und Sehnen, dem Bandapparat sowie den Gelenkkapseln weitervermittelt. Die Autoren fassen allgemein die Tiefensensibilität in Stellung-, Bewegung- und Kraftsinn des Körpers zusammen.

Tab. 2: Arten von Rezeptoren

Rezeptoren	Information für das zentrale Nervensystem
Muskelspindel	• Information über Muskellängenänderung • Information über die Geschwindigkeit der Muskellängenänderung
Golgi-Sehnenorgane	• Messung der Spannung der Muskelsehneneinheit
Vater-Pacini-Körperchen	• Messung von Vibration und Beschleunigung
Ruffini-Körperchen	• Messung von Druck und Zug • Meldung der Gelenkposition
Nozizeptoren (freien Nervenendigungen)	• Meldung von Schmerz • Signalisieren unphysiologische Zustände

Quelle: modifiziert nach Meier(2007, S 33) & Granacher (2008, S 25.)

Die Regulation des Koordinationsprozesses im menschlichen Körper ist die Aufgabe der Rezeptoren. Der Vorgang wird beschrieben als Informationsaufnahme ► Aufbereitung ► Programmierung ► Antizipation ► Soll-Istwert Vergleich ► Handlung (efferente Impulsgebung (Meier, 2007).

4.3. Rumpfstabilität

Im Sport treten hohe Bewegungsdynamiken auf. Basierend auf dieser Erkenntnis sollten die intramuskulären Strukturen und Gelenksknorpel den hohen Bewegungsdynamiken entgegen wirken. Eine stabile, kräftige Rumpfmuskulatur kann über die Muskelschlingen und das jeweilige Bindegewebe optimierte Bewegungen an die obere und untere Extremität übertragen (Reiterer, 2012). Oliver & Brezzo (2008, S. 2124) argumentieren, dass "Postural control is based on a strong and stable core. The deep muscles of the core innately prevent postural collapse". Die Autoren weisen darauf, dass eine stabile, autochthone Muskulatur (m. multifidus und m. transversus abdominis) im Sport für Leistung und Verletzungsverbeugung darstellt.

Es wird vermutet, dass eine verminderte Rumpfpropriozeption die dynamische Kniestabilität beeinträchtigt. Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg & Cholewicki (2007) untersuchten bei 137 Athleten und 140 Athletinnen die Rumpfpropriozeption. Das Monitoring der Probanden dauerte über einen Zeitraum von 3 Jahre. Ergebnis der Untersuchung war, dass bei ungenügender aktiver, sowie passiver Rumpfpositionierung das Risiko für Knieverletzungen bei Athletinnen ansteigt.

Der Begriff *Rumpfstabilität* kann unter globalen und lokalem/autochthonen Muskelzusammenspiel erklärt werden (Koller, 2011).

Tab. 3: Übersicht globale und lokale Muskulatur

Global stabilisierend	• M. rectus abdominis • M. obliquus externus abdominis • M. psoas major • M. erector spinae • M. iliocostalis (pars thoracalis)
Lokal stabilisierend	• M. transversus abdominis • M. multifidus • M. obliquus internus abdominis • M. obliquus externus abdominis (medialen Fasern) • M. quadratus lumborum

	• Diaphragma • Beckenbodenmuskulatur • M. iliocostalis (pars lumbalis) • M. longissimus (pars lumbalis)
--	--

Quelle: Faries & Greenwood, 2002, mod. n. Koller (2011, S. 31)

Die großen, globalen Muskeln sind oberflächlich, können hohe Kraft entwickeln und sind lang. Die lokale, autochthone Muskulatur ist tief liegend, klein, schwach und gelenksnahe. Sie stabilisiert die Gelenke und kann eine permanente Grundspannung aufrecht erhalten. Dieser Vorgang wird auch als „Joint-Stiffness“ beschrieben. Die lokale Muskulatur oder auch lokale Stabilisatoren genannt, besitzt die Fähigkeit zu kontrahieren, bevor die vorausgehende Bewegung ausgeführt wird (Reiterer, 2012). Die globale Rumpfmuskulatur besteht vorwiegend aus „fast-twitch“ Muskelfasern, wohin gegen die lokale vorwiegend aus „slow-twitch“ Fasern besteht (Koller, 2011).

Richardson, Hodges & Hides (2009) vergleichen die Rumpfmuskulatur mit einem Orchester. Die lauten Instrumente können hierbei die lokalen Muskeln sein, diese effektiv zur Biegung der Wirbelsäule beitragen. Die Töne der kleinen Instrumente wären vergleichbar mit einer Flöte. Diese kontrollieren die intervertebrale Bewegung und die Steuerung der Beckengelenke. Kein System, ob global oder lokal, kann isoliert für eine optimale Stabilität im Rumpf, damit verbunden rund um die Wirbelsäule bieten.

4.4. Posturale Stabilisation

Ausgehend von der Nullposition hat jedes Gelenk einen geringen Bewegungsbereich in alle Richtungen. Dieser Bereich umfasst ohne oder mit geringem Widerstand durch die umgebenen Strukturen. Panjabi (1992, sh. Abb. 4) nennt diesen Bereich neutrale Zone. Den eigentlichen Bewegungsbereich bis hin zur Endposition, der außerhalb dieser Zone liegt, wird als elastische Zone definiert, weil hier der Bewegung bereits Widerlager durch die kontralateralen Muskelgruppen und die passiven Strukturen entgegengebracht werden. Je mehr sich eine Bewegung der Endposition nähert, desto stärker werden die bremsenden Kräfte (Pappert, Schmölzer 2010).

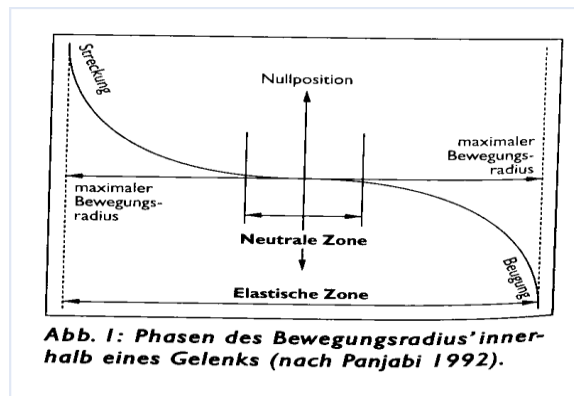


Abb.4: Posturale Stabilität (Pappert, Schmölzer, 2010, S. 58)

Der Begriff posturale Stabilität wird oft in Verbindung mit der Feed-Forward Kontrolle beschrieben. Feed-Forward bedeutet, dass die Lenden-Becken-Stabilität im Vorhinein kontrolliert wird, wenn die Störung auf den Rumpf vorhersehbar ist, z.B. kontrahiert die Rumpfmuskulatur vor den Muskeln der unteren und oberen Extremität. Bevor die Bewegung stattfindet, kontrahiert die Rumpfmuskulatur (Richardson, Hodge, 2009). Hierbei argumentieren Reiterer (2012), dass lokale Stabilisatoren bereits aktiv sind, bevor die eigentliche Bewegung stattfindet. Im Detail heißt das, dass die lokalen Stabilisatoren bereits innerviert werden, bevor die Bewegung stattfindet. Lokale Stabilisatoren der oberen Extremität sind die gelenksnahen Anteile der Muskel-Sehnen-Kappe (m. supraspinatus, m. infraspinatus, m. teres minor sowie m. subscapularis) (Maier, 2007). Die Stabilisatoren der unteren Extremität im Bereich der Kniegelenke sind die querverlaufenden Anteile des m. vastus medialis obliquus (Mayer, 2006).

Postural control is defined as controlling the center of gravity within the boundaries of the base of support, which requires neuromuscular responses encompassing three principal lower limb joints (ankle, knee and hip). (Pfusterschmied et al., 2013, S. 1)

Pfusterschmied et al. (2013) erläutern, dass posturale Kontrolle verbunden mit einer neuromuskulären Aktivierung einer der Hauptfaktoren für die Grundlage sportlicher Leistung sei.

Nachdem die zentralen Begrifflichkeiten, die dieser Arbeit zugrunde liegen, definiert und theoretisch verortet wurden, fokussiert sich der nächste Abschnitt auf das sensomotorische Training.

5. Grundlagen des sensomotorischen Training

Balance training may lead to task-specific neural adaptations at the spinal and supraspinal levels (Hrysomallis, 2011, S. 230).

Welche neurophysiologischen Adaptionen liegen dieser Aussage zu Grunde? Durch die Einführung in die Grundlagen neurophysiologischer Vorgänge bei sensomotorischem Training wird in diesem Abschnitt zunächst auf sensomotorische Systeme und deren Erklärung eingegangen. Dies stellt die Basis zum Verständnis für Wirkung des Trainings auf den Körper dar. Nicht nur in komplexen Sportarten, wie Akrobatik oder Skateboard, sondern auch im Alltag werden an die auszuführende Personen komplexe Bewegungshandlungen gefordert, die eine möglichst genaue Bewegungsgenauigkeit voraussetzen. Um dies zu gewährleisten ist eine ständige Kontrolle des Bewegungsergebnisses durch das Zusammenspiel von zentralem und peripherem Nervensystem erforderlich (Granacher 2003). Bewegungswahrnehmungen sind auf die Qualität der Informationen über Geschehnisse in der Peripherie angewiesen. Hierfür sind sensomotorische Meldungen an das Gehirn verantwortlich, die bewusst oder unbewusst stattfinden. Das sich Ergänzen von sensorischen Meldungen aus der Peripherie und der Ausführung von motorischen Handlungen kann als zusammenfassender Ausdruck für Sensomotorik bezeichnet werden. Gisler-Hofmann (2008) teilt sensomotorische Systeme in drei Bereiche, nämlich in die Informationsebene, Verarbeitungsebene und Ausführungsebene:

Die *Informationsebene* wird in Propriozeption und Exterosensorik beschrieben (Granacher 2003, Gisler-Hofmann 2008). Die exterozeptive Sensibilität umfasst die neuronalen Strukturen für die Aufnahme, sowie Weiterleitung von Reizinformationen aus der umliegenden Umwelt an das Zentralnervensystem.

Exterozeptive Sensorik wird lt. Gisler-Hofmann (2003) wiederum unterteilt in folgende Bereiche:

- Visuelle Sensorik (Bewegung, Entfernung und Lagebeziehungen von Objekten)
- Vestibulärapparat (Gleichgewichts und Bewegungssinn)
- Akustische Sensorik (Lage und Richtung der Schallquellen)
- Tast- sowie Drucksensoren
- Geruchs- und Geschmackssensoren
- Thermorezeptoren

Exterozeptoren sind Rezeptoren, welche über das visuelle und auditive System Reize aus der Umwelt registrieren und die Information von der Umgebung an das zentrale Nervensystem weiterleiten (Granacher, 2003).

Granacher unterteilt Propriozeption, wie auch schon in Kapitel 4.2. näher erläutert, in

- Gelenksrezeptoren
 - a. Mechanorezeptoren
 - b. Nozizeptoren
- Muskel- und Sehnenrezeptoren
 - a. Muskelspindeln
 - b. Golgi- Sehnenkörperchen
 - d. Mechanorezeptoren
 - e. Nozizeptoren

Propriozeptoren melden Veränderungen der Muskellänge (Muskelspindel), der Sehnen-
dehnung (Golgi- Sehnenkörperchen), der Gelenksstellung (Ruffini-, Pacinikörperchen)
und des Gleichgewichtszustandes (Vestibularorgan) an das zentrale Nervensystem (Gra-
nacher 2003). Mechanorezeptoren sind Sinnesrezeptoren für die Informationsaufnahme
von mechanischen Reizen (Klinke, Papa & Silbernagl, 2005).

Die *Verarbeitungsebene* umfasst zentralnervöse Leistungen. Sensorische Informationen
werden gefiltert, segmentiv analysiert und so gut als möglich präzise moduliert, um als
Signale und Handlungen, efferente Antworten, in der Peripherie wirksam zu werden. Dies
umfasst kortikale willkürliche Verarbeitung, Modulierung, Modifikationen und supraspinale,
sowie spinale Verarbeitung, Modulierung, Regulation von Automatismen und Reflexen.

Die *Ausführungsebene*, auch Efferenz, umfasst das Zusammenspiel der Muskulatur. Hier
wird unterschieden zwischen Haltungs- und Stützmotorik (Kinästhesie) und der Zielmoto-
rik für Bewegungen (Kinesie).

Die Summe der Einzelsysteme (Ebenen) interagieren bzw. überlagern sich, um eine ge-
wünschte Zielansteuerung zu erreichen. Gisler-Hofmann (2008) spricht dabei von der
Leistung der gesamten Sensomotorik. Unter die spinalen und supraspinalen Reflexant-
worten zählen Gelenksführungsaufgaben, der Bewegungs- und Lagesinn im Raum, moto-
rische Programme wie Bewegungsautomatismen und Feinmotorik und die Kontrolle von
motorischen Kommandos über Feedback von interneuronaler, multisensorischer Konver-
genz. Unter die kortikale Verarbeitung fallen die Kontrolle und Modifizierung von Bewe-
gungen während der Aktivität, Modulierung von neu zu erlernenden Bewegungsaufgaben
und die willkürliche Ausführung von Bewegung zugeteilt werden kann.

5.1. Motorische Zentren der Reizverarbeitung

In welchen Zentren des zentralen Nervensystems und in welcher Reihenfolge werden die externen Reize verarbeitet, um als motorische Befehle an die verschiedenen Extremitäten zu enden? Diese Frage soll im nächsten Abschnitt als weitere Grundlage des neurophysiologischen Systems erklärt werden.

Schnelle vereinfachte, afferente Informationen werden im Rückenmark verarbeitet. Beim Ausrutschen auf glatten Untergrund erfolgt die Information der Längenveränderung der Muskulatur über 1a Afferenzen (Dehnreflex). Dabei findet eine Verschaltung mit α -Motoneuron des Muskels statt, sodass eine muskuläre Reaktion nach ca. 40 bis 50 Millisekunden stattfindet. Neben der Reflexantwort nehmen auch höhere Zentren des zentralen Nervensystems einen Einfluss. In postural anspruchsvollen Situationen ist eine Reduktion der Reflexamplitude zu beobachten, dies dazu führt, dass die präsynaptische Inhibition durch Transmitterausschüttung in den synaptischen Spalt gehemmt wird. Der Vorteil dadurch ist, dass das postsynaptische Neuron (α -Motoneuron) in der Erregung unbeeinflusst bleibt und für andere Reize herangezogen werden kann. Dies führt dazu, dass Bewegungen nicht nur aus Reflexen bestehen, sondern dass höhere Zentren des Gehirns den muskulären Output steuern. Im Motorkortex, genauer im sensorischen Kortex trifft die Information der Lageveränderung des Körpers nach etwa 50 Millisekunden ein. Nach einer kurzen Zeitdauer von rund 10 Millisekunden von Informationsverarbeitung im Motorkortex wird eine motorische Erregung an die Muskulatur gesendet. Die kortikale Antwort kommt später in die Peripherie als Reflexantworten. Sie ist aber differenzierter und genauer auf die jeweilige Situation abgestimmt. In den Basalganglien wird die postuläre Flexibilität beschrieben. Unter postulärer Flexibilität wird verstanden, sich ständig an variierende Umweltbedingungen anzupassen (Taube, 2012). Nach Schmidt & Schaible (2006) führen der Handlungsantrieb, die Entschlussphase und Programmierungsphase einer Zielbewegung zur Durchführung einer Bewegung. Dabei werden sequentiell, sowie parallel kortikale und subkortikale Neuronensysteme aktiviert, die zu einer Hemmung oder Erregung der Motorneuronen führen.

Taube (2012) fasst die Erkenntnisse von Magnus (1924) und Sherrington (1906), die bereits zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts argumentierten, dass Säugetiere in der Lage sind, nur mit der Einflussnahme des Rückenmarks und des Hirnstamms stehende Positionen einzunehmen und Gleichgewichtsstörungen entgegenzuwirken, zusammen.

Im Bereich des Kleinhirns werden Koordinationsbewegungen, sowie Agonisten- und Antagonistenaktivität des Muskels abgestimmt. Das Kleinhirn ist ebenso in der Lage posturale Kontrolle kontextspezifisch an die Störsituation des Körpers anzupassen und dabei sich

die korrekte Situation und Antwortreaktion zu speichern (Taube, 2012). Durch die Hemmung des Muskeldehnreflexes kann es zu einer verbesserten agonistischen und antagonistischen Kokontraktion der Muskulatur, erhöhten Gelenksteifigkeit und einer verbesserten Stabilisierung der Gelenke kommen (Hrysomallis, 2011).

Nach Beobachtungen von Bastian und Morton (2007) ist zu dokumentieren, dass das Kleinhirn aus Fehlern der Zielbewegung lernt und sich dabei eine differenzierte Feed-Forward-Kontrolle posturaler Reaktionen aneignet.

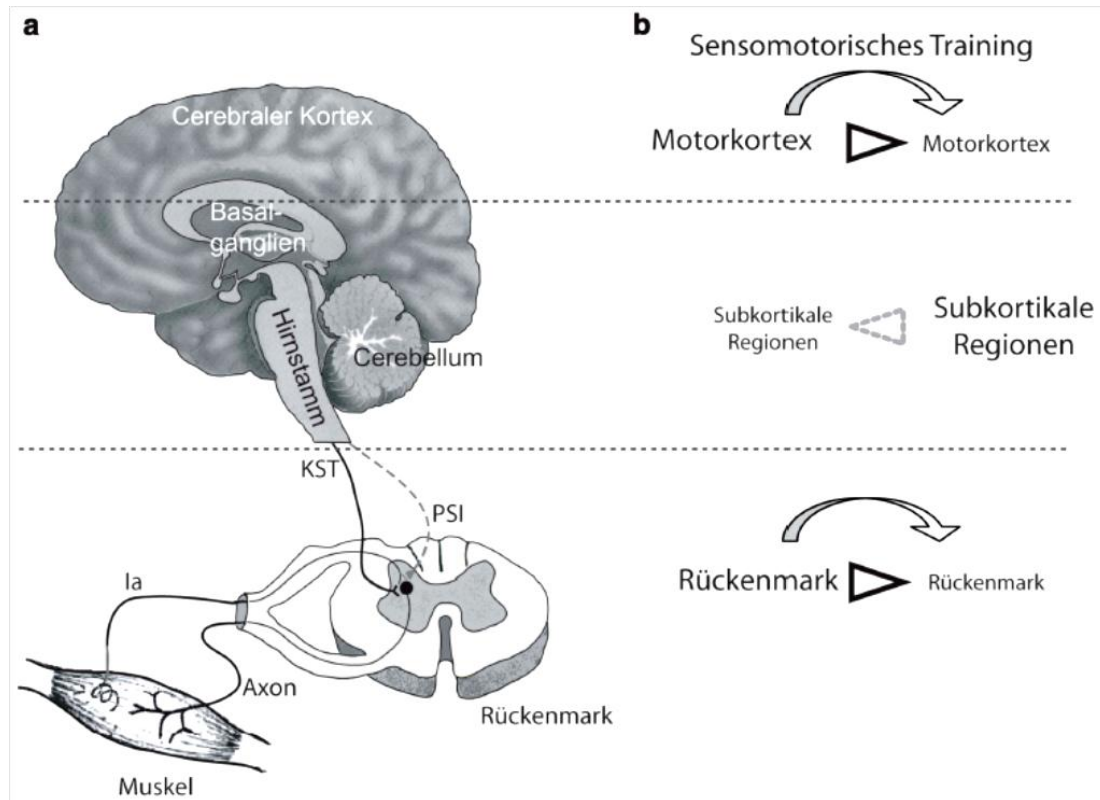


Abb. 5: Vereinfacht dargestellte neuronale Anpassungsreaktionen nach Gleichgewichtstraining (Taube, 2012, S 8)

Unter Punkt (a) in Abb. 5 werden Strukturen abgebildet, die für die Aufrechterhaltung des Gleichgewichts relevant sind. In die posturale Kontrolle werden über visuelle, vestibuläre, kutanen sowie propriozeptive Rezeptoren sensorisch Information beigefügt. Durch Ia und II-Afferenzen bekommen Muskelspindel Änderungen signalisiert, diese Informationen gelangen zu spinalen und supraspinalen Zentren. Frühe Anteile der Gleichgewichtsreaktion werden auf spinaler Ebene verarbeitet. Langsamere Muskelantworten, sog. „Longloop Reflexe“, die nach etwa 90 – 100 ms auftreten, stammen von kortikalen Zentren und werden über den Kortikospinaltrakt (KST) zum Motoneuron signalisiert.

Punkt (b) in Abb. 5 soll vermitteln, dass Erfahrungen des Bewegungsschatzes, durch Training des Gleichgewichtes, Antizipation und der jeweilige situative Kontext Einfluss auf die posturale Antwort nehmen. Es wird vermutet, dass durch eine erhöhte präsynaptische Inhibition (PSI) die spinale Erregbarkeit über Gleichgewichtstraining verringert wird. Diese Hemmung wird durch einen Pfeil in der untersten Zeile symbolisiert. Ebenfalls verringert wird die kortikale Erregbarkeit. Eine Verbesserung des Gleichgewichtes und der Kontrolle von Bewegungen wird daher vermutlich durch subkortikale Strukturen ermöglicht (durch Pfeil mittlere Zeile dargestellt).

5.2. Neuropsychologische Adaptation

Eine geringere Erregung des Kortex wird mit einer verbesserten Gleichgewichtsfähigkeit in Verbindung gebracht, dies geschieht durch eine Verschiebung der Bewegungssteuerung vom Kortex zur Subkortikalen- und Kleinhirnbereichen (Hrysomallis, 2011; vgl. Abb. 5). Eine Verbesserung der neuromuskulären Steuerung zeigt sich in Form einer rascheren, präziseren Bewegungsansteuerung bei zyklischen und azyklischen Bewegungen (Hottenrot, Gronwald & Neumann, 2011). Hottenrot et al. (2011) argumentieren hinzu, dass

[...] im Gegensatz zu morphologischen Anpassungen, die primär auf zellulärer Ebene ablaufen, erscheint es wahrscheinlicher, dass koordinative Verbesserungen durch eine optimierte Selektion und Gewichtung unterschiedlicher afferenter Signale (z.B. exterozeptiv, propriozeptiv, vestibulär, visuell) erklärt werden können (Hottenrot et al., 2011, S. 277).

Bei Belastungen, z.B. durch Training auf instabilen Untergrund, wird immer das Gesamtsystem herangezogen. Damit argumentiert Laube (2004), dass bei sensomotorischem Training ein Koordinations- und Lerntraining stattfindet. Für das Erreichen des Bewegungsziels sind eine ständige Anpassung des Gleichgewichtes, der Körperhaltung und Körperstellung durch das muskuläre System erforderlich. Es sind nicht die Rezeptoren trainierbar, sondern die Muskelspindel, denn diese Empfindlichkeit wird entsprechend der Innervation der γ -Motoneurone mittels Kontraktion der intrafusalen Muskelfaser eingestellt. Muskelfasern sind trainierbar, aufgrund einer Inaktivität oder mangelnder Bewegung können diese atrophieren. Eine Muskelatrophie führt gleichzeitig zu einer Veränderung des sensomotorischen Systems, verursacht durch fehlende Spannungsentwicklungen in den Muskel- und Sehnenübergänge. Ein Training der Beanspruchungsform Kraft

und Ausdauer ist daher ebenso als wichtig anzusehen, die diese Form eine Zubringerleistung für das sensomotorische System erfüllen (Laube 2004).

5.2.1. Reflektorische, neuronale Anpassungen

Die Anpassung von Reflexen ist in der Vergangenheit bereits zahlreich untersucht worden. Nielson et al. (1993; zit. nach Brand 2007) schließen aus einer Studie mit 17 untrainierten Probanden, 46 trainierten Probanden und 7 Balletttänzer/innen, dass die Intensität und jeweilige Art der sportlichen Aktivität die Erregbarkeit spinaler Reflexe beeinflussen. Sportarten, die nicht maßgeblich durch Balancieraufgaben gekennzeichnet sind, scheinen daher zu einer höheren neuromuskulären Erregbarkeit zu führen. Sportarten, die sehr hohe Anforderungen an die Gleichgewichtsfähigkeit stellen, damit verbunden eine häufig, gekennzeichnete Kokontraktion der Muskulatur, führen zu einer gesenkten neuromuskulären Erregbarkeit. Liewellyn et al. (1990; zit. nach Brand 2007) begründen ebenfalls, dass bei instabilen Bedingungen die Reflexübertragung gedämpft wird. Die Kombination von gedämpften efferenten Reizen und erhöhte Sensibilität für periphere Rückmeldung (Affferenz) ermöglicht eine differenzierte Bewältigung anspruchsvoller Aufgaben. Ein möglicher physiologischer Erklärungsansatz für das reduzierte Reflexniveau könnte auf Grund des höheren Grades an Kokontraktion reziproke Inhibition des M. tibialis anterior sein, die präsynaptisch auf Motoneuronen des M. soleus wirken. Die präsynaptische Inhibition kann für ein niedrigeres Reflexniveau über absteigende Bahnen argumentiert werden. Reflexe sind durch Training in Form von unterschiedlicher Anforderung der Balancefähigkeit trainierbar. Dies begründet Brand (2007) dadurch, dass Sportler/innen deren Sportart eine hohe Anforderung an das Balancevermögen stellen, ein geringeres Reflexniveau als andere Sportler/innen aufweisen.

5.2.2. Unwillkürliche, neuronale Anpassungen

Unterschiedliche, komplexe motorische Leistungen sind an die Mitwirkung von supraspinalen Strukturen gebunden, wohin gegen einfache Haltungs- und gelernte Bewegungsmuster unbewusst, automatisiert auf Rückenmarksebene verarbeitet werden (Granacher 2003).

Ein einfacher Überblick ist aus Abb. 5 zu ersehen, wobei Hottenrot et al. (2011) auf eine ständige Wechselwirkung aus Umwelt und Organismus in dem Modell hinweisen. Neben der Erklärung des Ablaufes der Verarbeitung von Informationen aus der Umwelt (vgl. Pkt. 5) wird in diesem Modell die Reafferenz erwähnt. Die Reafferenz kontrolliert im ZNS bereits ausgeführte Bewegungen und korrigiert diese. Im Sport, ob mit koordinativen oder sportsportorientierten Anteilen spielt eine antizipative Bewegungsvorstellung eine wichtige

Rolle. Je größer das motorische Gedächtnis, mit Sitz im Kleinhirn, umso effizienter erfolgt die Bewegungsausführung. Die Reafferenzen werden dabei mit den erwarteten Afferenzen verglichen. Es erfolgt ein Soll-Ist Abgleich der vorzustellenden Bewegung und der realen Bewegung. Wenn nötig wird die Bewegung angepasst oder abgebrochen. Eine Korrektur ist bei ballistischen Bewegungen, wie z.B. in der Schlagbewegung nicht möglich. Die Codierung der neuronalen Information und das motorischen Gedächtnis stehen daher in einer Wechselbeziehung. Nicht antizipierbare Einflüsse, in Abb. 6 als Exafferenzen benannt, führen zu nicht kontrollierbaren Bewegungen und stellen unter anderem ein Verletzungsrisiko dar.

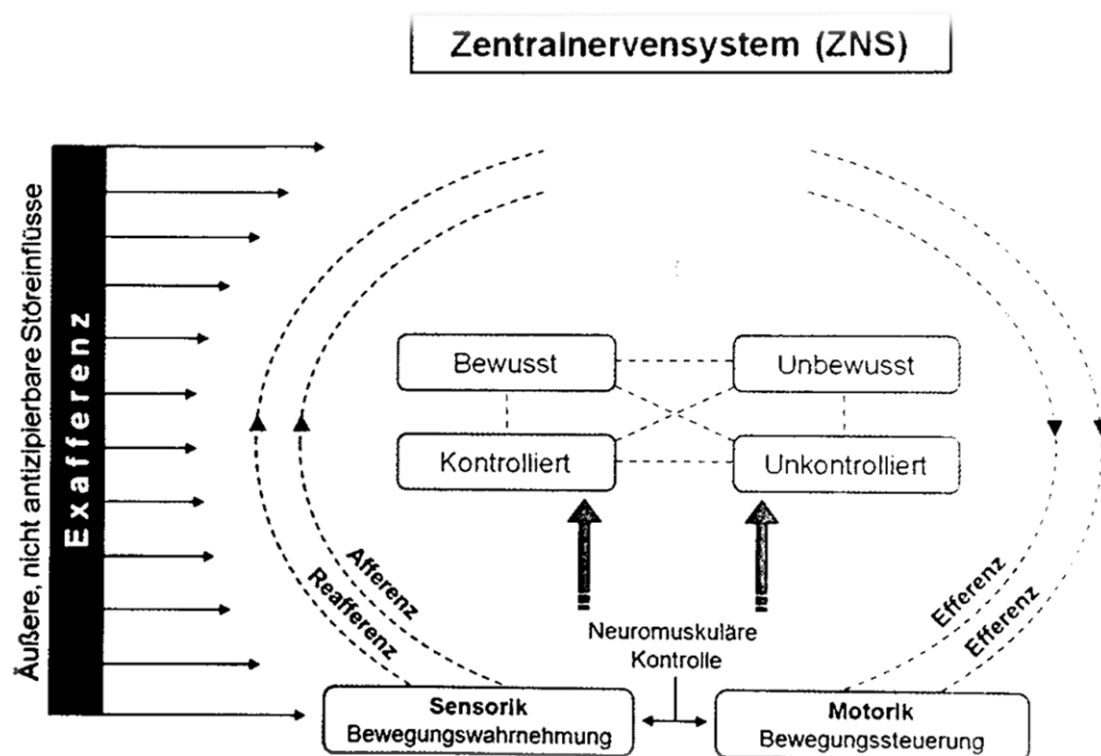


Abb. 6: Regelkreismodell der neuromuskulären Bewegungssteuerung über das sensomotorische System. (Hottenrot et al., 2011, S. 277)

Neuronale Strukturen des ZNS verarbeiten afferenten Informationen und erhalten dadurch die Information über Haltung, Stellung und Funktionszustand des Körpers und seiner Rezeptoren. Die zentrale Informationsverarbeitung im nervalen System wird in Verbindung mit dem sensomotorischen Gedächtnis erbracht, wobei ein Teil unbewusst abläuft. Das Gedächtnis hilft dabei mittels angepasster Hemmung und Bahnung die wichtigen Informationen zu filtern (Laube, 2004).

Zusammenfassend wird je nach Schwierigkeitsgrad der Bewegungs- und Situationsaufgabe, bei komplexer Motorik supraspinale Strukturen und bei bereits erlerntem, wie Hal-

tungs- und einfache Bewegungsmuster auf Rückenmarksebene, die efferente Antwort erfolgen. Gleich argumentieren die Autoren Hottenrot et al. (2011), die verweisen, dass das Erlernen von neuartigen Bewegungen einen hohen zentralnervösen Aktivierungsgrad benötigt. Je einfacher und automatisierter die Zielaufgabe, umso eher erfolgt die Reaktion unbewusst. Training auf wackeligen, instabilen Untergrund scheint zu einer Verbesserung der Reizantwort des Nervensystems auf die Muskelspindel zu führen (Brand 2007, Granacher 2003, Taube 2010, Hrysomallis, 2011).

6. Arten der Gleichgewichtsfähigkeit

Gleichgewicht wird nach den Autoren Fetz (1990) und ergänzend Teipel (1995) in vier Analyseebenen differenziert.

Erstens wird unterschieden, ob die Gleichgewichtsfähigkeit *personenbezogen oder person- objektbezogen* zu beurteilen ist. Unter personenbezogener Gleichgewichtsfähigkeit wird angenommen, dass die Person ohne Einflüsse von Objekten aus der Umwelt Gleichgewichtsanforderungen ausgesetzt ist. Wird bei der Gleichgewichtsaufgabe ein oder mehrere Gegenstände, wie zB. ein Wackelbrett verwendet, spricht man von einer person- objektbezogenen Gleichgewichtsfähigkeit.

In der zweiten Analyseebene werden die personenbezogenen und person- und objektbezogene Ebenen nochmals unterteilt in *statisch und dynamisch*. Unter statisch wird verstanden, dass die jeweilige Person Gleichgewichtsaufgaben auf einer ortsgebundenen Fläche ohne einer größeren Bewegung der oberen oder unteren Extremität ausübt (Teipel, 1995). Zu beachten ist jedoch, dass ein statisches Gleichgewicht im physikalischen Sinne beim Menschen nicht existiert, da im ruhigen Stand organische Schwankungen, feine Vibrationen, wechselnde Muskelspannungen sowie die Verschiebung von Körperflüssigkeiten stattfinden (Fetz, 1990). Die dynamische Gleichgewichtsfähigkeit bedeutet, dass der Körper unter einer ständigen Wechselbeziehung von einwirkenden, sich verändernden Kräften und der daraus wirkenden Kraft ausgesetzt ist. Der Körper stimmt die unterschiedlichen Standflächen, sowie Standwinkel über den Einsatz der Muskulatur auf die einwirkenden Kräfte ab (Teipel, 1995; Fetz, 1990).

In der dritten Ebene wird nochmals unterschieden in *translatorische und rotatorische Bewegungsausführungen*. Die Bewegungsausführungen werden letztlich in der vierten Analyseebene klassifiziert (Teipel, 1995).

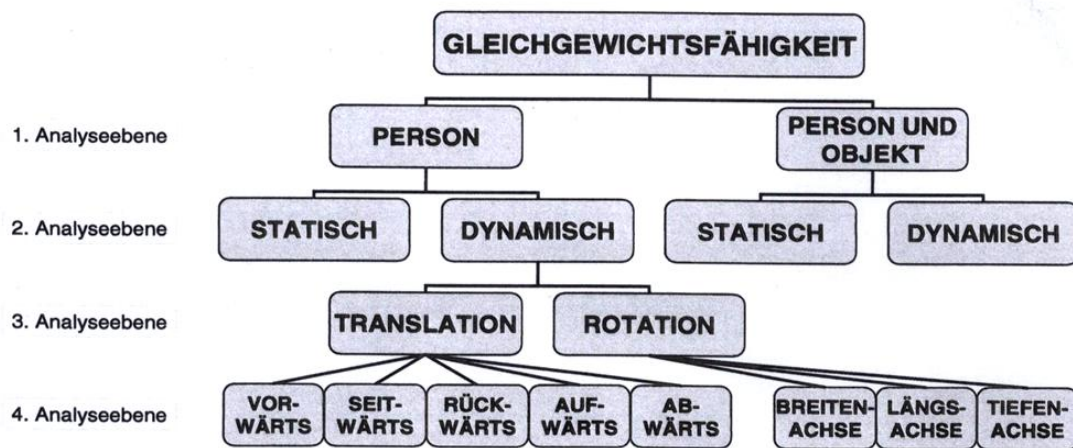


Abb. 7: Formen der Gleichgewichtsfähigkeit (Rainer, 2004, S. 55 zit. nach Teipel, 1995)

6.1. Physikalische Bedingungen der Gleichgewichtsfähigkeit

Es gibt verschiedene physikalische Bedingungen die gemeinsam mit unterschiedlichen Faktoren die Gleichgewichtsfähigkeit beeinflussen können. Die Erkenntnis stützt sich auf die Diskussion der physikalischen Bedingungen von Rainer (2006). Einerseits bildet die Größe der Standfläche ein zentrales Kriterium der Gleichgewichtsfähigkeit. Hier gilt, dass je kleiner die Standfläche beim Gehen oder Stehen ist, desto mehr ist das Gleichgewicht gefordert. Andererseits können unterschiedliche Bewegungsrichtungen der Standfläche unterschieden werden. Diese werden in folgender Tabelle zusammengefasst.

Tab.4: Bewegungsrichtungen der Standfläche

Bewegungsrichtung	Definition
<i>Kippen</i>	Die Veränderungen des Standwinkels durch Kippen um eine Achse, wie zB. beim einfachen Kippbrett. Die Aufgabe kann erschwert werden, in dem die Kippkante verkleinert und die Unterlage ein Kippen in alle Bewegungsrichtungen zulässt.
<i>Rollen</i>	Beim Rollen in eine Bewegungsrichtung ist der Körper gefordert, das Gleichgewicht auf dem zu rollenden Gerät, zB. Skateboard, aufrecht zu halten.

<i>Gleiten</i>	Je geringer die Reibung der Flächen, desto besser kann das Gleiten in alle Richtungen erfolgen.
<i>Federn</i>	Auf einer federnden Unterlage ist der Körper senkrechter Richtungen in Form einer Auf- und Abbewegung ausgesetzt.
<i>Schaukeln</i>	Mit einer schwankenden, schaukelnden Standfläche entlang einer Kreisbahn passieren horizontale und vertikale Ortsveränderungen.
<i>Rauigkeit der Standfläche</i>	Je rutschiger und glatter die Standfläche ist, desto vermehrt ist die Gleichgewichtsfähigkeit gefordert. Bewegungen oder ein statisches Stehen auf einer geneigten Standfläche ist bei griffigen, bzw. rauen Untergrund möglich.
<i>Balancierhilfen</i>	Stöcke beim Skifahren können als „künstliche“ Balancierhilfen dienen, Arme und Beine der Extremitäten dienen als „natürliche“ Balancierhilfen beim halten des Gleichgewichts.
<i>Ausgesetztheit der Standfläche</i>	Standflächen können ebenerdig oder verschiedenartig geneigt sein, wobei der Untergrund eben oder uneben sein kann. Ist eine Standfläche individuell in einer Höhe, so kann Angst bei der jeweiligen Person auftreten diese die Gleichgewichtsfähigkeit in der Situation verringert (Rainer, 2006).

Quelle: Mod. n. Rainer (2006, S. 56)

6.1.1. Größe der Standfläche

Je kleiner die Standfläche beim Gehen oder Stehen ist, desto mehr ist das Gleichgewicht gefordert.

6.1.2. Unterschiedliche Bewegungsrichtungen der Standfläche

Kippen

Die Veränderungen des Standwinkels durch Kippen um eine Achse, wie zB. beim einfachen Kippbrett. Die Aufgabe kann erschwert werden, in dem die Kippkante verkleinert und die Unterlage ein Kippen in alle Bewegungsrichtungen zulässt.

Rollen

Beim Rollen in eine Bewegungsrichtung ist der Körper gefordert, das Gleichgewicht auf dem zu rollenden Gerät, zB. Skateboard, aufrecht zu halten.

Gleiten

Je geringer die Reibung der Flächen, desto besser kann das Gleiten in alle Richtungen erfolgen.

Federn

Auf einer federnden Unterlage ist der Körper senkrechter Richtungen in Form einer Auf- und Abbewegung ausgesetzt.

Schaukeln

Mit einer schwankenden, schaukelnden Standfläche entlang einer Kreisbahn passieren horizontale und vertikale Ortsveränderungen.

Rauigkeit der Standfläche

Je rutschiger und glatter die Standfläche ist, desto vermehrt ist die Gleichgewichtsfähigkeit gefordert. Bewegungen oder ein statisches Stehen auf einer geneigten Standfläche ist bei griffigen, bzw. rauen Untergrund möglich.

Balancierhilfen

Stöcke beim Skifahren können als „künstliche“ Balancierhilfen dienen, Arme und Beine der Extremitäten dienen als „natürliche“ Balancierhilfen beim halten des Gleichgewichts.

Ausgesetztheit der Standfläche

Standflächen können ebenerdig oder verschiedenartig geneigt sein, wobei der Untergrund eben oder uneben sein kann. Ist eine Standfläche individuell in einer Höhe, so kann Angst

bei der jeweiligen Person auftreten diese die Gleichgewichtsfähigkeit in der Situation verringert (Rainer, 2006).

6.2. Leistungsbestimmende Faktoren

Um bei individuellen Situationen im Alltag und Sport den Körper in Gleichgewicht zu halten gibt es unterschiedliche beeinflussende Faktoren. Im Folgenden wird im Überblick auf diese eingegangen und im Kapitel 10 werden Adaptionsvorgänge des Organismus erklärt.

Im Gegensatz zu den konditionellen Fähigkeiten, wo energetische Faktoren limitieren, sind die einschränkenden Faktoren der koordinativen Fähigkeiten die Signalverarbeitungen im sensomotorischen System. Unterschiede bei Testverfahren der Gleichgewichtsfähigkeit zeigen, dass bei Athlet/innen eine verbesserte feinmotorische Ansteuerung der Sprung- und Kniegelenkspropriozeptoren vorkommt, als bei gleichaltrigen Kontrollgruppen. Diese Erkenntnisse lassen darauf schließen, dass die Beanspruchung des sensomotorischen Systems die Gleichgewichtsfähigkeit beeinflussen kann (Rascher et al., 2008). Aber nicht nur die Feinmotorik isoliert betrachtet, sondern ein interagieren der verschiedenen Systeme ist zur Bewegungsausführung verantwortlich.

Tab. 5: Adaptierte, leistungsbestimmende Faktoren der Gleichgewichtsfähigkeit

Motorische Lernfähigkeit		Gleichgewichtsfähigkeit
Bewegungsschatz		
Inter- und intramuskuläre Koordination		
Ermüdung		
Analysatorische Signalerfassung		
Segmentale Stabilität		

Quelle: Mod. und erweitert nach Rainer (2007, S. 57-60)

Die Faktoren fließen in die Leistung der Gleichgewichtsfähigkeit mit ein. Die motorische Lernfähigkeit wird von der Aufnahme, Verarbeitung und Speicherung von Reizen und Informationen aus der Umwelt beeinflusst (Gisler-Hofmann, 2008). Je größer die Bewegungserfahrung bzw. der Bewegungsschatz ist, aus desto mehr erfahrenen gespeicherten Situationen kann der Körper auf die geforderte Gleichgewichtssituation reagieren (Wein-

eck, 2004). Für die präzise Durchführung von Bewegung ist ein Zusammenspiel und Kontrolle von Segment- und Gelenkbewegungen verantwortlich, welche als passive Strukturen (Kapsel- Bandapparat, Knorpelstrukturen), aktive Strukturen (globale Stabilisatoren) und neuronales System (lokale Stabilisatoren) klassifiziert werden. Für kontrollierte Bewegungen im Sport ist eine segmentale Stabilität zu empfehlen (Reiterer, 2012). Die intramuskuläre Koordination definiert die Aktivierung der motorischen Einheiten und die intermuskuläre wird als eine Aktivierung von ganzen Muskeln und Muskelschlingen beschrieben. Eine in der Gleichgewichtshaltung geforderte Gelenkstabilität nimmt mit einer Ermüdung der Spannung der Muskulatur ab (Bruhn, 2003). Die Bewegungsökonomie wird verschlechtert, da durch die Ermüdung der primär geforderten Muskulatur, Hilfsmuskeln aktiviert werden, um die Gleichgewichtshaltung aufrecht zu halten. Hier kommen Analysatoren ins Spiel: Analysatoren sind Teilstrukturen der sensorischen Wahrnehmung. Die Qualität der sensorischen Wahrnehmung, die Informationsaufnahme, ist von den analytischen Fähigkeiten abhängig. Es gibt fünf Analysatoren die für die motorische Koordination essentiell sind. Sie interagierend zumeist miteinander.

Tab. 6: Auflistung der Analysatoren

Kinästhetischer Analysator	Information über Geschwindigkeit und Ausmaß von Veränderungen des Längen- und Spannungszustandes der Muskulatur der Gelenksradien und der Sehnen.
Taktiler Analysator	Information über die Flächenbeschaffenheit, Druckverhältnisse und Form über Mechanorezeptoren an der Hand- und Fußfläche.
Statiko-dynamischer Analysator	Information über Richtungs- und Beschleunigungs- und Geschwindigkeitsänderung über den Vestibularapparat.
Optischer Analysator	Information über die Umwelt über Distanz- und Telerezeptoren
Akustischer Analysator	Information über unterschiedliche akustische Signale aus differenzierten Entfernungen

Je nach Sportausübung, werden die Analysatoren unterschiedlich ausgeprägt sein. (Weineck, 2004; Meier, 2007; Rainer, 2007). Sie sensorische Aufnahme, Verarbeitung und Bewegungsantwort kann als eine Basis für optimale Gleichgewichtsfähigkeit im Sport bezeichnet werden. Differenzierte Faktoren nehmen Einfluss auf die Fähigkeit, wobei meist „Balance Training“ und „Sensomotorisches Training“ die als selbe Trainingsintervention, sprich Gleichgewichtstraining, verstanden wird (vgl. Kap. 4.1).

7. Messbarkeit von sensomotorischem Training

Einen Nachweis über die Wirkung einer Intervention wird meist mittels Tests, ob Feld oder Labortests, und je nach Fragestellung dokumentiert. Hierbei stellen Objektivität, Reliabilität und Validität Hauptgütekriterien dar, die die Reproduzierbarkeit der Testergebnisse garantieren sollen.

Objektivität beschreibt den Grad, in dem die Testergebnisse unabhängig vom Forscher bzw. von der Forscherin und den situativen Einflüssen sind. Bei der Beschreibung von bestimmten Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmale eines Tests spricht man von Reliabilität oder Zuverlässigkeit. Die Validität gibt Information darüber, in wie weit der Test die Eigenschaft ermittelt, die er zu messen vorgibt (Bös, 2001).

Seit Jahrzehnten werden Tests zur Beurteilung von statischen und dynamischen Gleichgewicht, im ein- oder beidbeinigem Stand, auf festem oder labilem Untergrund vor allem im Rehabilitationsbereich durchgeführt (Rascher et al., 2008; Brand 2007). Geschichtlich wurde als einer der ersten Tests der Romberg Test im Jahr 1853 dokumentiert. Hierbei wurden Personen mit geschlossenen Beinen, die Hände an der Hüfte und geschlossenen Augen auf die Standstabilität beurteilt (Zemková, 2011). Die aktuellen Tests beziehen sich meist auf die untere Extremität, wo durch Erschwernis oder Erleichterung des Standes das sensomotorische System gefordert wird. Es handelt sich hierbei um Tests, wo die Standstabilität statisch oder dynamisch ermittelt wird. Eine Verbesserung der Standstabilität wird durch die Tests quantifizierbar gemacht, wobei das sensomotorische System mit den jeweiligen Rezeptoren Einfluss auf die Standstabilität hat. Für den Sport ist eine Messung unter sportartspezifischen Konditionen gefragt (Zemková, 2011). Im Folgenden werden Tests für die Messung im Sport und Präventionsbereich vorgestellt.

7.1. Feldtestung

Unter den statischen Tests gibt es den „single-leg test“, wobei mit offenen oder geschlossenen Augen auf einem Bein die Zeit gestoppt wird, wie lange der Einbeinstand gehalten werden kann. Hierbei kann der Untergrund, Parkett, Wiese oder Sand, je nach sportlichem Level variiert werden (Hyrosomallis, 2011). Emery et al. (2005) verwenden im Testprotokoll als Untergrund den Turnboden und ein Airex Balance Pad, auf welchen mit geschlossenen Augen der Einbeinstand protokolliert wird. Ein weiterer statischer Einbeinstandstest ist der Einbeinstand nach Janda. Das nicht getestete Bein wird bei etwa 90 Grad des in Hüft- und Kniegelenk gehalten. Testabbruch bei Beckenabsinken der nicht getesteten Seite, oder Verschiebung des Beckens um 3cm zur Seite, sowie Verlust der Standstabilität kleiner 15 Sekunden. Es gibt eine Testbewertung von 0 bis 4 Punkten und bei diesem Test wird primär auf die Beckenstabilität in der Standstabilität geachtet (Schwesig et al, 2004; Liebenson, 2005). Schwesig et al. (2004) argumentieren, dass im Einbeinstand, der 85% der Schrittphase ausmacht, die muskuläre Beckenstabilität von Bedeutung ist. Der „stork stand balance test“ zählt auch zu den statischen Einbeinstandstests, wobei das kontralaterale Bein an der Innenseite des Standbeins zu positionieren ist. Beide Hände sind an der Spinae iliacae anteriores superiores zu positionieren. Testdurchführung in 3 Durchgängen, mit offenen und geschlossenen Augen, wobei die beste Zeit dokumentiert wird. Testabbruch bei Auflösen der Handposition oder Positionsänderung/abstellen des freien Beines (Daneshjoo et al., 2012; Baljinder, 2012; McCurdy & Langford, 2006).

Die dynamische Standstabilität kann auf labilen Untergrund, wie zB. verschiedene Kippbretter oder instabilen Untergrund, wie zB. Balancekissen, ein- oder beidbeinig, mit offenen oder geschlossenen Augen beurteilt werden. Hierbei wird ebenfalls die absolvierte Zeit gestoppt (Hyrosomallis, 2011).

Der Star Excursion Balance Test ist ein dynamischer Standstabilitätstest (O'Driscoll & Delahunt, 2011; Rasool & George, 2006; Daneshjoo et al., 2012). „The Star Excursion Test requires lower extremity coordination, balance, flexibility, and strength“ (Filipa et al., 2010, S. 551) Filipa et al. (2010) beschreiben den Test als ein funktionelles Screening Tool, das neben der Dokumentation eines Rehafortschrittes auch für Athlet/innen zur Beurteilung der Standstabilität herangezogen werden kann.

Mittels Klebeband werden acht Geraden in einem Winkel von 45 Grad auf dem Boden aufgeklebt. Der Test wird barfuß ausgeführt und die zu testende Person steht in der Mitte des Kreuzungspunktes. Die Startstandfläche sollte mittels Linie markiert werden, damit immer der gleiche Ausgangspunkt gewährleistet werden kann. Sechs Probeversuche und

drei gewertete Versuche pro Bein werden aufeinander durchgeführt. Nach einer zwei minütigen Pause wird das Standbein gewechselt. Es gibt unterschiedliche Testversionen mit der Haltung der Arme, wobei entweder die Arme auf den Spinae iliacae anteriores superiores fixiert werden oder die Armposition nicht vorgegeben wird. Während des Tests darf die Ferse des Standbeines den Bodenkontakt nicht verlieren. Die Testausführung erfolgt darin, dass der/die Proband/in das kontralaterale Bein des Standbeines so weit als möglich in die vorgegebene Richtung mit den Zehenspitzen den Boden berührt und in die Ausgangsstellung zurück kehrt. Der Schwerpunkt sollte hierbei nicht auf das kontralaterale Bein verlagert werden, sondern sollte am Standbein bleiben (Robinson & Gribble, 2008).

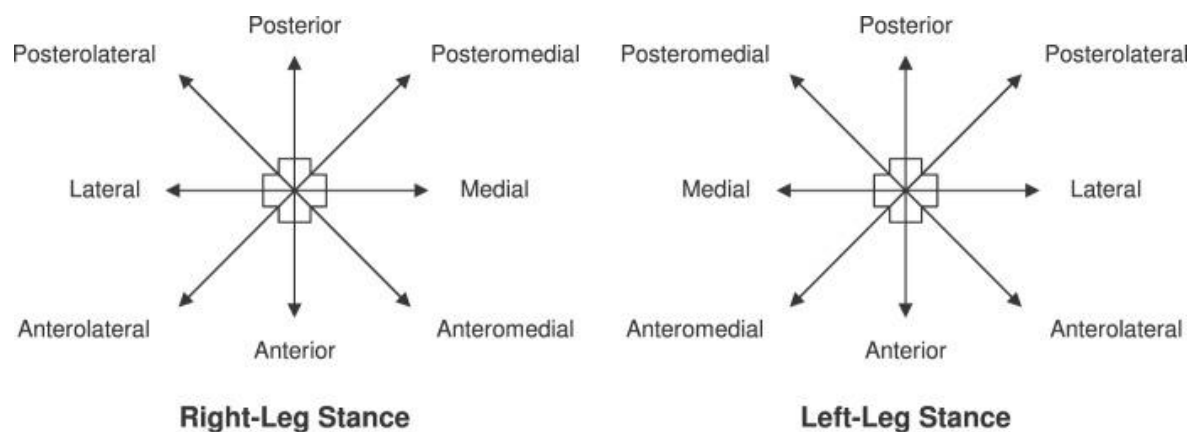


Abb. 8: Bewegungsrichtung beim Star Excursion Test (Gribbel, Hertel & Plisky, 2012, S. 4)

Die Reliabilität des Tests reicht von 0.82 bis 0.87 (Plisky, Rauh, Kaminski & Underwood, 2006). Der Test kann sowohl im Prescreening bei Mannschaften oder im Sport als fortführende Dokumentation der Standstabilität und Beweglichkeit verwendet werden (Robinson & Gribble, 2008). Kraft, Beweglichkeit und Koordination der Testenden Person nehmen ebenfalls Einfluss auf das Ergebnis des Star Excursion Balance Test (Hrysomallis, 2011).

Eine vereinfachte, modifizierte Form des Star Excursion Balance Test ist der Lower Quarter Y-Balance Test. Gorman et al. (2012, S. 149) argumentieren, dass *“The Lower Quarter Y-Balance Test (YBT-LQ) protocol, a validated and reliable derivation of the Star Excursion Balance Test, has been used as a mechanism to screen individuals for limitations in dynamic balance.”* Bei diesem Test gibt es drei vorgegebene Bewegungsrichtungen (anterior, posteromedial und posterolateral), wobei die Aufgabe zu absolvieren ist, dass eine Plattform, fixiert auf einer Stange mit Zentimeterangaben, mit dem kontralateralen Bein so weit als möglich wegzuschieben ist. Als Testmaterial wird ein Y- Balance Kit benötigt. Die Testdurchführung ist dabei, dass man nach drei Probeversuchen pro Bein drei Testversuche in alle Ebenen durchzuführen hat. Der/die Testleiter/in notiert hierbei die höchste

Reichweite pro jeweiliger Bewegungsrichtung. Die durchzuführende Bewegungsrichtung wird aufeinander in der Reihenfolge (rechts anterior, links anterior, rechts posteromedial, links posteromedial, rechts posterolateral) durchgeführt. Das kontralaterale Bein darf nach einer erfolgten Testung abgestellt werden und die Armposition ist frei zu wählen. Die Ausgangsstellung des Standbeines ist auf der fixierten Standfläche des Testgerätes und die Zehenspitze der Großzehe steht auf Höhe der roten Markierung. Bei Standverlust oder einknicken der Beinachse des Standbeines, Verlust des Kontaktes mit dem wegzuschiebenden Kästchen, Gewichtsverlagerung des kontralateralen Beines auf das wegzuschiebende Kästchen ist der Testversuch ungültig.

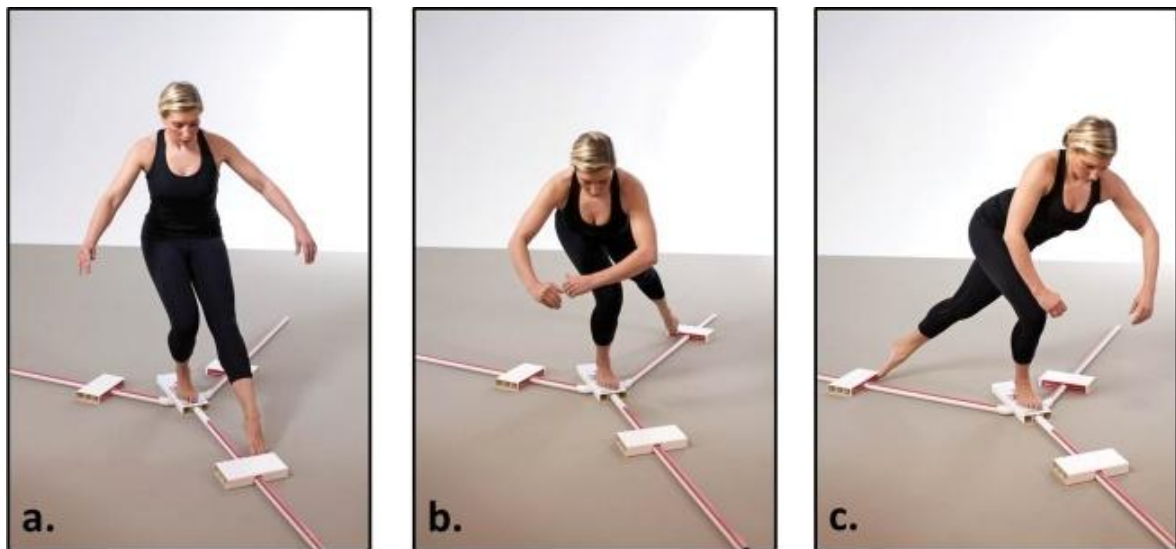


Abb. 9: Die 3 Ebenen des Lower Quarter Y Balance Test (Gorman et al., 2012, S. 149)

Eine dynamische Testung kann auch mittels Wackelbretter absolviert werden. Eine Möglichkeit ist mittels Kontaktschalter, die unter einem Wackelbretter positioniert werden. Es wird die Zeit gemessen, wie lange die zu testende Person im Einbeinstand, über eine vorgegebene Zeit steht, ohne den Boden zu kontaktieren (Hrysomalis, 2007). Knobloch et al. (2005) messen auf einem in alle Richtungen beweglichen Wackelbrett die Standzeit in Sekunden bei einer 90 gradigen Hüft- und Knieflexion des freien Beines. Für diese Testart wurden keine Referenzen oder detaillierten Beschreibungen gefunden, er wurde jedoch in dieser Arbeit dokumentiert, da an Stelle der Kontaktschalter auch ein Mitzählen der Kontakte des Brettes mit dem Boden in die jeweilige Bewegungsrichtung als eine Dokumentation der Standfähigkeit auf instabilen Geräten im Feld herangezogen werden kann.

Gioftsidou et al. (2006) verwendet zur Dokumentation von Gleichgewichtstraining im Fußball neben dem EDV gestützten Messsystem Biodex drei unterschiedliche Wackelbretter. Erstens, beweglich in Richtung anterior und posterior; zweitens, beweglich in Richtung medial und lateral und drittens, in die Richtungen anterior, posterior, medial sowie lateral

gleichzeitig beweglich. Gemessen wurde die Zeit, die die Fußballspieler auf dem jeweiligen Testgerät am längsten das Gleichgewicht im Einbeinstand halten können. Der beste Versuch aus drei Testungen pro Bein wurde vor und nach einer 12-wöchigen Trainingsintervention dokumentiert.

Insgesamt können die angeführten Ergebnisse kritisch betrachtet werden. So konstatiert Zemková (2011, S 128) zu Feldtests, dass „... *many of these tests have failed to quantify balance comprehensively[...]*“. Dies zeigt, dass weiterer Forschungsbedarf in diesem Bereich notwendig ist.

7.2. Computergestützte Messungen der Sensomotorik

Aufbauend auf Testungen mit Wackelbrettern entwickelte die Firma MFT (www.mft-company.com) den S3 Check zur Bewertung der Körperstabilität und der sensomotorischen Regulationsfähigkeit im Stehen. Das System besteht aus einer einachsigen, instabilen Standplatte mit integriertem, sensorgesteuerten Messwertaufnehmer, sowie dazugehöriger Auswertungssoftware. Der Messbereich des Sensors liegt bei $+20^\circ$ bis -20° , bei einer Messgenauigkeit von größer als $0,5^\circ$. Die Werte werden mit einer Abtastrate von 100Hz erfasst und über eine USB-Schnittstelle in eine Software eingelesen. Das Wackelbrett hat einen Durchmesser von 530 mm und ist durch eine Achse mit einer Bodenplatte verbunden. Die Seitneigung der Platte beträgt bis zu 12° . Die Testrichtungen können in der Frontalebene, vor/zurück Messung oder in der Sagittalebene links/rechts Messungen erfolgen. Vor einer Testmessung kann ein standardisiertes, allgemeines Aufwärmen auf einem Fahrradergometer und testspezifisches Aufwärmen auf einer Gleichgewichts-Disc erfolgen. Bei der Testdurchführung sollen die Testpersonen über einen Zeitraum von 30sec die Platte möglichst waagrecht halten. Von zwei Versuchen wird der bessere gewertet. Die Handposition ist frei wählbar und bei Testdurchführung ist auf ein ruhiges Testumfeld zu achten. Die Standposition ist frei wählbar (Raschner et al., 2008; Tilscher et al., 2007)

Der Sensor misst Abweichungen, Bewegungen der Standfläche und errechnet aus deren Anzahl und Größe den Sensomotorikindex.

Abweichungen von der horizontalen Plattenstellung, ob vor/zurück oder links/rechts, werden im Symmetrieindex quantifiziert. Die Bewertung erfolgt in drei Kategorien:

keine Bevorzugung einer Körperseite bei Belastung von	40:60 bis 50:50 %
geringfügige Bevorzugung einer Körperseite bei Belastung von	25:75 bis 39:61 %
deutliche Bevorzugung einer Körperseite bei Belastung unter	24:76 %

Die Ergebnisse der Sensormotorik- und Symmetrieindexe fließen in den Stabilitätsindex ein. Die Messwerte des Sensomotorikindex und Stabilitätsindex werden in einer neunstelligen Skala dokumentiert (Minimalwert 1 = sehr gut, Maximalwert 9 = sehr schwach).

Nach Raschner et al. (2008) gab es bei der Beurteilung der Objektivität und Reliabilität hohe Korrelationen des MFT S3 Testes. Bei der vor/rück Messung des Symmetrieindexes hinsichtlich der Reliabilität und Objektivität gab es keinen Zusammenhang zwischen Vor- und Nachtest. Folgend wird die Aussagekraft des MFT-S3 Checks, nach den Ergebnissen von Raschner et al. (2008) präsentiert.

Tab. 7: Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung des MFT-S3 Checks

	Korrelation nach Pearson	ICC (Intraclass correlation coefficient)
Stabilitätsindex links/rechts	0,926**	0,905**
Sensomotorikindex links/rechts	0,845**	0,827**
Symmetrieindex links/rechts	0,509*	0,511*
Stabilitätsindex vor/rück	0,905**	0,896**
Sensomotorikindex vor/rück	0,690**	0,677**
Symmetrieindex vor/rück	-0,133	-0,095

- * Korrelation signifikant bei $p < 0,05$
- ** Korrelation signifikant bei $p < 0,01$

Quelle: mod. n. Raschner et al. (2008, S. 103)

Tab. 8: Beurteilung Objektivitätskoeffizient

Objektivitätskoeffizient	Beurteilung
0.95 – 0.99	Ausgezeichnet
0.90 – 0.94	Sehr gut
0.80 – 0.89	Annehmbar
0.70 – 0.79	Gering

0.60 – 0.69	Fraglich
-------------	----------

Quelle: Bös (2001, S. 546)

Tab. 9: Beurteilung Objektivitätskoeffizient

	Korrelation nach Pearson	ICC (Intraclass correlation coefficient)
Stabilitätsindex links/rechts	0,975**	0,981**
Sensomotorikindex links/rechts	0,951**	0,985**
Symmetrieindex links/rechts	0,765*	0,859**
Stabilitätsindex vor/rück	0,960**	0,980**
Sensomotorikindex vor/rück	0,906**	0,945**
Symmetrieindex vor/rück	-0,122	-0,268

- * Korrelation signifikant bei $p < 0,05$
- ** Korrelation signifikant bei $p < 0,01$

Quelle: mod. n. Raschner et al. (2008, S. 103)

Tab. 10: Beurteilung Reliabilitätskoeffizient

Reliabilitätskoeffizient	Beurteilung
≥ 0.90	Ausgezeichnet
0.80 – 0.90	Sehr gut
0.70 – 0.80	Annehmbar
0.60 – 0.70	Mäßig
≤ 0.60	Gering

Quelle: Bös (2001, S. 548)

Rainer (2006) vermutet, dass die Position auf dem Testgerät bei Eingangs- und Abschlusstestung nicht die gleiche war. Rainer (2006) verwendete in Ihrer Studie „Zur Trainierbarkeit der Rumpfstabilität und der Gleichgewichtsfähigkeit mit dem Trainingsgerät MFT Mental Disc“ den MFT-S3 Check als Messinstrument. Um eine Reliabilität und Objektivität bei der Symmetriewertung zu gewährleisten, wurde eine Rasterschablone am Testgerät positioniert, sodass die Fußposition reproduzierbar gemacht werden konnte. In der adaptierten Version des MFT-S3 Checks wurde bereits eine Skalierung auf der

Standplatte hinzugefügt (Raschner et al., 2008) Mittels Vorgabe der Blickposition auf einen Punkt auf der Wand in Augenhöhe und Positionierung der Arme in Hüftstütz wurde der Test noch weiter standardisiert (Rainer, 2006).

Mithilfe von Testungen an über 5000 Personen im Alter von 7 bis 70 Jahren wurde eine Normdatenbank für den MFT-S3 Check angefertigt. Anzumerken ist, dass es sich um Personen gehandelt hat, die keine Erfahrung mit Therapiekreisel hatten und Leistungssport ausübten. Für die Anwendung der Diagnostik im Sport ist daher der Vergleich mit der Datenbank kaum aussagekräftig. Eine Validierung des Tests erfolgte im Vergleich der bestehenden Datenbank zu einer Testgruppe von Skirennläufer/innen, da Raschner et al. (2008) davon ausgegangen sind, dass der Skisport eine höhere sensomotorische Regulationsfähigkeit im Vergleich zur Normgruppe des Testes hat. Die Hypothese wurde anhand der Ergebnisse bestätigt. Abb. 10 zeigt den Vergleich des S3-Sensomotorikindex bei links/rechts Messungen zwischen den Gruppen Ski und Normwertegruppe (n.s.= nicht signifikant, *= signifikant, **= hoch signifikant, ***= höchst signifikant).

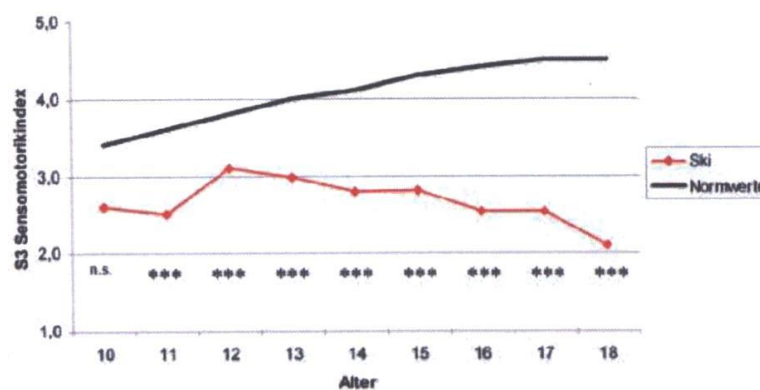


Abb. 10: Vergleich Sensomotorikindex Ski- und Normgruppe

Der MFT-S3 Check kann im Sport als ein Kontrollinstrument für Trainingsfortschritte, einer Erfassung des Ist-Zustandes der sensomotorischen Regulationsfähigkeit und fortlaufenden Dokumentation von Messungen verwendet werden (Raschner et al. 2008; Tilscher et al., 2007). Die Messplatte kann durch PC-Zugang oder Laptop mobil verwendet werden.

Ein weiteres Messgerät ist der Posturomed. Messungen auf diesem Gerät werden im Einbeinstand abgehalten und es werden ebenso die Ausgleichsbewegung anterior, posterior und medial/lateral aufgezeichnet und quantifiziert (Pfusterschmied et al., 2013). Die Messungen im Einbeinstand sind reproduzierbar (Boeer et al., 2010). Der Unterschied zum MFT S3-Check Testgerät ist, dass der Posturomed Messungen im Einbeinstand aufzeichnet. Der Posturomed kann, wie der S3-Check, als Trainingsgerät eingesetzt werden. Eine vermehrte musculus vastus medialis Aktivierung im Einbeinstand wurde mittels EMG-Messung dokumentiert (Dohm-Acker, Spitzenpfeil & Hartmann, 2008).

Ein verbreitetes, internationales Messgerät ist das Biodex-Balance-System (Biodex Medical System, New York). Bei der Eingabe des Begriffes „Biodex Balance System“ findet die Suchmaschine „PubMed“ gesamt 91 Artikel mit Inhalten über und mit dem Testsystem.

Die Biodex Balance System verwendet einen Mikroprozessor basierten Antrieb, um die Stabilität einer kreisförmigen Platte Kraft einzustellen. Die maximale Neigung in alle Richtungen beträgt 20° und die Kraftmessplatte hat eine Abtastrate von 100 Hz. Die Testung kann beidbeinig oder einbeinig durchgeführt werden. Oliver und Brezzo (2009, S. 2126) verweisen, dass „The Biodex Balance System SP is designed to test and train in both static and dynamic formats. The system can assess neuromuscular control by quantifying the ability to maintain bilateral and unilateral postural stability...“ Der Test kann auch im athletischen Sektor herangezogen werden, da es Normwerte aus diesem Bereich gibt (Oliver & Brezzo, 2009). Die Testperson wird durch visuelles Feedback auf einen Bildschirm unterstützt. Testzeit pro Durchgang beträgt 20 Sekunden und der beste Versuch von 3 Durchgängen wird gewertet (Bitterli, Sieben, Hartmann & de Bruin, 2009; Pickerl & Harter, 2011). Die Reliabilität des Tests im Einbeinstand der Messwerte „Overall stability index (OSI), anterior/posterior stability index (APSI) and medial/lateral stability index (MLSI)“ unter statischer oder dynamischen Konditionen betragen 0.85 (ICC) bei statischen und 0.77 (ICC) bei dynamischen Testeinstellungen (Abu Osman & Was Abas, 2013).

Zusätzlich zu oben angeführten Messmöglichkeiten verwenden Pfusterschmied et al. (2013) ein kinematisches 3D Analysetool. In Ihrer Studie, wo Sie die Auswirkung von Slacklinetraining auf die posturale Stabilität untersuchten, verwendeten die Forscher neben dem Einbeinstandtest und Posturmed ein Bewegungsanalyseprotokoll. Mithilfe von 8 Kameras und 39 Marker wurde der „Whole-Body Centre of Gravity“ (Ganzkörperschwerpunkt) in der Slacklineposition errechnet.

Messungen der Druckübertragung (Center of Pressure = CoP) der Beine auf eine Kraftmessplatte bezeichnet der Author Hrysomallis (2011) als goldenen Standard der Messung des Gleichgewichtes (Balance). Es wird die Druckverteilung im statischen ein- oder beidbeinigem Stand, Augen offen oder geschlossen, auf einer Kraftmessplatte übertragen. „while it is acknowledged that CoP motion is not identical to centre of gravity motion, minimal CoP motion is indicative of good balance“ (Hrysomallis, 2011, S. 222). In dem Artikel des Authors Hrysomallis (2011) *“Balance Ability and Athletic Performance”* werden 17 Studien gelistet, die als Testung der Studien die „CoP Motion“ in verschiedenen Sportarten ermittelt haben.

Zusätzlich zu den unterschiedlichen Messverfahren werden EMG-Muskelmessungen zur Quantifizierung von Muskelreflexen oder Muskelaktivitäten der unteren Extremität in der Testung der Gleichgewichtsfähigkeit herangezogen (Granacher, 2012).

Die optimale postulare Stabilität in der jeweiligen Sportart ist komplex zu messen. Die beschriebenen Testmöglichkeiten sind Tests in der statischen oder dynamischen Position. Jedoch unterscheidet sich die Testposition zur optimalen Gleichgewichtsposition in der jeweiligen Sportart „the goal is to control balance in sports specific positions, which can vary in difficulty depending on specialization“ (Zemková, 2011, S. 127). Zemková's Empfehlung zu Messungen ist unter verschiedenen Testkonditionen zu testen, denn dabei ist die postulare Stabilität erhöht gefordert. Die Empfehlungen sind:

- Different surfaces (firm and foam)
 - Stances bipedal or unipedal
 - Feet position (semi tandem or tandem)
 - Visual inputs (eyes open or closed, fixed on stationary target)
 - Arms position (at the side, crossed over the chest, fixed on the hips)
 - Weight bearing leg (knee fully extended, knee flexed 10-20°)
 - Non-weight bearing leg (knee flexed 90°, hip flexed 0° or 45°)
- (Zemková, 2011)

Zusammenfassend zu diesem Kapitel lässt sich ableiten, dass die Literatur (Granacher, 2012; Oddsen et al., 2007; Gioftsidou, 2005; Daneshjoo, 2012; Granacher, Gollhofer & Kriemler, 2010; Mühlbauer, Roth, Bopp & Granacher, 2012; Zech et al., 2010) , die Basis ist für eine Empfehlung von sensomotorischen Training im Sport, verschiedene Messverfahren zur Überprüfung der Wirksamkeit der Trainingsintervention verwendet und sich daher mit der Empfehlung von Zemková (2011), unterschiedliche Testverfahren und Bedingungen heranzuziehen, deckt.

8. Trainingswissenschaft Grundprinzipien

In diesem Kapitel wird auf den Bereich „*Training*“ allgemein und auf die Belastungsprinzipien im Training im Speziellen eingegangen. Hierbei wird auf die wichtigsten Faktoren der Trainingslehre eingegangen, die für eine Ableitung von Belastungsnormative relevant erscheinen.

Unter Trainingswissenschaft wird das realistische Training verstanden, das durch zielgerechte, systematische Steuerung eine Steigerung der körperlichen, sowie motorischen

Leistungsfähigkeit erreichen soll (Schnabel et al., 2011). Training kann als Prozess beschrieben werden, der eine Zustandsveränderung des Organismus, auf psychischer, motorischer, kognitiver oder affektiver Ebene auslöst (Weineck, 2004). Damit sportliche Leistungen erbracht werden können, bedingt es mehrerer, ineinander verknüpfter Bedingungen. Schnabel et al. (2011) unterscheiden unter „inneren“ und „äußeren“ Leistungsvoraussetzungen. Die „äußeren“ beziehen sich auf Trainingsstätten, Ausrüstungen und meteorologischen Bedingungen wie z.B. Temperatur und Bodenbeschaffenheiten. Bei den „inneren“ Leistungsvoraussetzungen wird unter einer handlungsbezogener Ebene und einer Basisebene unterschieden.

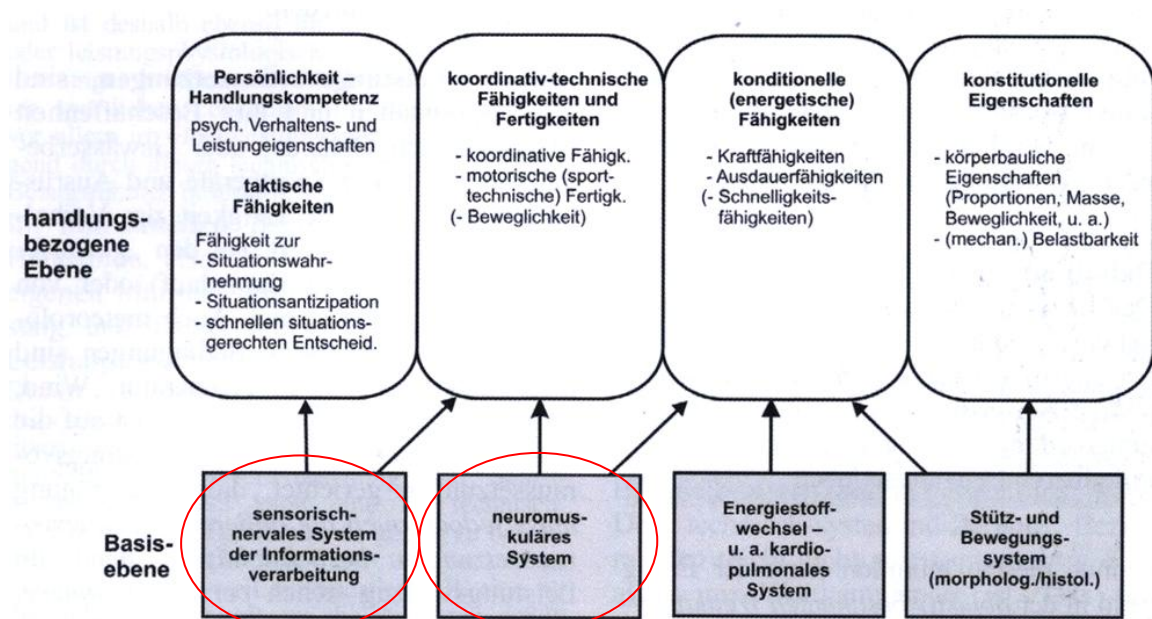


Abb. 11: Leistungsvoraussetzungen (Schnabel et al., 2011, S 42)

Beide Ebenen interagieren in einer Wechselbeziehung. Aus Abb. 11 kann abgeleitet werden, dass sich das Thema sensomotorisches Training in der Basisebene „*sensorisch, nervales System der Informationsverarbeitung*“ und „*Neuromuskuläres System*“ wieder findet, denn bei den anderen Ebenen wird auf energetische bzw. anthropometrische Faktoren eingegangen.

Die Zielstellung der Trainingswissenschaft und damit die angestrebten Ergebnisse sind letztendlich Erkenntnisgrundlagen für wissenschaftlich fundiertes Handeln, sind wissenschaftlich begründete Trainingssysteme, die Handlungsregulative für Trainierende und die das Training Führenden und Leitenden sowohl hinsichtlich des Gesamtaufbaus des Trainings als auch für die einzelnen Teilaufgaben (Leistungskomponenten usw.) vorgeben (Schnabel et al., 2011) .

Im Hinblick auf die Aussage von Schnabel, Harre & Krug (2011) lässt sich ableiten, dass ein systematisches Handeln, basierend auf wissenschaftlich gestärkten Studien, für eine erfolgsorientierte Zielstellung notwendig sei. Damit eine systematische Trainingssteuerung des sensomotorischen Trainings empfohlen werden kann, wird in den nächsten Punkten zunächst auf Belastungsprinzipien des sportlichen Trainings eingegangen. Um einen guten Überblick zu erhalten, wird rein auf biologische Aspekte des Trainings eingegangen, pädagogisch-didaktische Grundlagen werden nicht näher erläutert. Da es verschiedene Anzahlen und Definitionen von Trainingsprinzipien gibt, beschränkt sich der Verfasser auf einen Überblick aus Weineck (2004) und Schnabel et al. (2011).

Trainingsprinzipien zur Auslösung von Anpassungseffekten

Trainingsprinzipien umfassen Handlungsorientierungen für die Gestaltung von Training. Sie resultieren aus dem Zusammenhang zwischen Bedingungen, Handlung und Resultat, also Anweisungen für sportliche Leistung Leistungsfähigkeit und die Wirkung trainingsmethodischer Maßnahmen. Eine überschaubare Anzahl von Prinzipien ist lt. Schnabel et al. (2011) anzuraten, sodass differenziertes Wissen der Wissenschaft sowie die jeweilige Erfahrung aus der Praxis eine strukturierte Zuordnung haben.

Der trainingswirksame Reiz

Der Trainingsreiz muss eine bestimmte Schwelle überschreiten, damit ein Leistungszuwachs dokumentiert werden kann. Die Dosierung des jeweiligen Reizes ist auf den Leistungszustand des Individuums abzustimmen.

Die individualisierte Belastung

Die psychophysische Belastbarkeit von Personen ist individuell. Es ist die individuelle Belastbarkeit des Knochen-, Sehnen-, Knorpel- und Bänderapparates, die muskuläre Typologie und die mentale Stabilität der Person zu berücksichtigen.

Das Prinzip der ansteigenden Belastung

Durch die Wechselbeziehung von Belastung, Anpassung und Leistungssteigerung sollten Trainingsinterventionen systematisch gesteigert werden. Bleiben Belastungen über einen Zeitraum gleich, führen diese zu einem Erhalt der Leistungsfähigkeit. Unter Berücksichtigung des biologischen und kalendarischen Alters, sowie der Trainingsalters und das Niveau der sportlichen Leistungsfähigkeit soll in vordefinierten Abständen eine Belastungserhöhung erfolgen. Dies kann durch Steigerung des Belastungsumfangs oder Belastungsintensität erfolgen, wobei die Erhöhung des Umfangs vor der Erhöhung der Intensität voraus geht. Weiters kann auch die Anforderung der Bewegungskoordination durch

eine Veränderung der Übungsvariation oder durch komplexe Übungskombinationen zu einer ansteigenden Belastung führen. Die Belastungssteigerungen können allmählich, sprunghaft oder variierend erfolgen (vgl. Weineck, 2004; Schnabel et al., 2011).

Prinzip der optimalen psychophysischen Aktivierung

Sodass eine effektive Trainingswirkung erreicht werden kann, sollte die Bewegungsausführung mit einer hohen Aktivierung des Organismus und der Psyche stattfinden. Dies beinhaltet ausreichende physische Erwärmung und mentale Vorbereitung zu Beginn einer Trainingseinheit. Diese Maßnahmen wirken sich auf die Ausführungsqualität sowie der Trainingswirksamkeit aus (Schnabel et al., 2011).

Prinzip der Einheit von Belastung und Erholung

Die kurz-, mittel- und langfristige Belastungsgestaltung sollte in Abstimmung auf die passiven und aktiven Prozesse der Erholung und Wiederherstellung erfolgen. Die Erholung sollte hierbei möglichst mit aktiven Maßnahmen erfolgen. Damit die aktuelle konditionell-energetische Leistungsfähigkeit verbessert werden kann, ist eine Erholung unumgänglich. Die erforderliche Zeit bis zur völligen Wiederherstellung ist von der Art der Beanspruchung und deren Ermüdung abhängig und daher unterschiedlich. (Schnabel et al., 2011) Weineck (2004) beschreibt den Begriff der Superkompensation, wobei angenommen wird, dass nach einer Belastung es zu einer vorübergehenden Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit kommt. Eine Adaptierung des energetischen Potentials über dem Ausgangswert vor der Belastung sollte demnach nach einer Wiederherstellungsphase (Erholung) des vorangehenden Trainings stattfinden. Durch Maßnahmen wie Auslaufen, Massagen, Dehnungs- und Lockerungsgymnastik kann die Wiederherstellungszeit zeitlich verringert werden.

Prinzip der kontinuierlichen Belastung (periodisiert)

Eine nachhaltige Trainingsabfolge, im Sinne einer Trainingsregelmäßigkeit, führt zu einem Anstieg der sportlichen Leistungsfähigkeit (Weineck, 2004; Schnabel et al., 2011)

Prinzip der Zyklisierung

Die Trainingsinhalte sollten nicht immer die gleichen Trainingsziele und Übungszusammenstellung haben, denn hier besteht die Gefahr, dass die sportliche Leistungsfähigkeit stagniert bzw. sich verringert. Unterschiedliche Belastungszyklen, von kürzeren zu längeren Abschnitten, sind in der Trainingsplanung zu berücksichtigen (Schnabel et al., 2011).

Bei Bewegungsleistungen ist das sensomotorische System mit all seinen Strukturen aktiv. Differenzierte Wirkungen des Trainings sind Ausdruck für unterschiedliche Belastungsprotokolle der Trainingsart, -intensität und –umfang (Laube, 2004).

An dieser Stelle bleibt anzumerken, dass in Kapitel 11. Empfehlungen für Belastungsnormative im sensomotorischen Training abgeleitet werden. Die Normative sind individuell und unabdingbar miteinander verknüpft, dh. sie beeinflussen sich gegenseitig. Basierend auf den Belastungsprinzipien sollte ein optimales, zielorientiertes Training die Belastungsprinzipien berücksichtigen. Welche Belastungsform bei sensomotorischem Training gewählt werden soll wird im nachfolgenden Kapitel von Expert/innen beschrieben.

TEIL III: Erkenntnisse aus den Expert/innenmeinungen im Bereich sensomotorischen Trainings

9. Leitfadengestützte Expert/inneninterviews

Wie zu Beginn der vorliegenden Arbeit diskutiert, wird qualitative Sozialforschung durch den Versuch, die Wirklichkeit zu konstruieren, zu erfassen und aufzubereiten wissenschaftstheoretisch dem Konstruktivismus zugeordnet (Kuhlmann/Balz, 2005). Dabei gelten vor allem lebendige Erfahrungen als Startpunkt bzw. Indikator für eine schrittweise empiriebasierte Theoriebildung. Expert/inneninterviews gelten hier als Spezialfall in der qualitativen Forschung, die zum Ziel haben, ein „Gespräch auf gleicher Augenhöhe“ zu ermöglichen (Pfadenhauer, 2009). Dabei wird davon ausgegangen, dass Expert/innen als Spezialisten in ihrem Fach gelten und ihr Wissen explizieren, also ausdrücken können.

Mithilfe von leitfadengestützten Expert/inneninterviews sollen die Ergebnisse der systematischen Literaturanalyse vertieft werden, Konfliktfelder angesprochen werden und mögliche Implikationen für die Praxis abgeleitet werden. Insgesamt können die Ergebnisse außerdem dazu beitragen, neues theoretisches Wissen zu generieren und weitere empirisch, quantitative Forschung zu unterstützen.

Flick (2002) verweist auf eine Checkliste, wie die Herangehensweise an qualitative Interviews diskutiert wird. Nicht nur die Expert/innenmeinung zu den gestellten Fragen sondern auch auf die Person an sich nimmt im Leitfaden Interview eine zentrale Rolle ein.

Tab. 11: Interviewcheckliste

Was ist ein gutes Interview? Wovon hängt es ab? Checkliste zur Auswahl eines Interviewtyps und zur Bewertung seiner Anwendung	
1. Fragestellung	Kann der Interviewtyp und seine Anwendung die wesentlichen Aspekte der Fragestellung erfassen
2. Interviewtyp	Muss entsprechend der methodischen Vorgaben und Zielsetzungen angewendet werden; kein Springen zwischen Interview Typen (Stimulussalat), außer wenn es in der Fragestellung und/oder theoretisch begründet ist
3. Interviewer	Kann der Interviewer den Interviewtyp anwenden? Welche Rolle spielen seine eigenen Ängste und Unsicherheiten in der Situation?
4. Befragter	Ist der Interviewtyp für die Zielgruppe der Anwendung geeignet? Wie können Ängste, Unsicherheiten und Erwartungen von (potenziellen) Interviewpartnern berücksichtig

	sichtigt werden?
5. Spielraum für den Befragten	Kann der Befragte seine Sichtweise im Rahmen der Fragen präsentieren? Kann er seine Sichtweise auch gegen den Rahmen der Fragen durchsetzen?
6. Interaktionsverlauf	Hat der Interviewer den Interviewtyp realisiert? Hat er dem Befragten genügend Spielraum gelassen? Ist er mit seiner Rolle klargekommen?
7. Auswertungsziel	Umgrenzte und eindeutige Antworten oder komplexe, vielschichtige Muster, Kontexte, etc.
8. Anspruch und Verallgemeinerung	Auf welcher Ebene sollen Aussagen gemacht werden? Über den Einzelfall (z.B. das befragte Subjekt und seine Biographie, eine Institution und ihre Wirkungsweise etc.)? Gruppenbezogen über eine Berufsgruppe, einen Typ von Institutionen etc.? Allgemein gültige Aussagen

Quelle: mod. nach Flick (2002, S. 195)

9.1. Instrumente und Ablauf der Studie

Mit Berücksichtigung einzelner Teile der Checkliste wurde der Interviewleitfaden für die vorliegende Fragestellung wie folgt konstruiert.

Tab. 12: Erstellter Interviewleitfaden

Makroebene	Struktur	Mikroebene	Mögliche Unterfragen
Relevante Personen- daten	Zur Person	Welche schulische/hochschulische Ausbildung haben Sie absolviert? Beschreiben Sie kurz Ihren beruflichen Werdegang?	
	Sporter- fahrung	Welche Sportarten haben Sie bisher ausgeübt?	Mit welcher Professional- isierung?

			Teilnahme an nationalen oder internationalen Wettkämpfen? Welche Sportart ist derzeit aktuell?
Allgemeine, sowie Fachfragen		Wann hatten Sie das erste Mal Kontakt mit dem Thema Sensomotorik?	
		Welchen Stellenwert hat sensomotorisches Training fürs Training, die Prävention und die Rehabilitation?	Ist diese Trainingsmethode ein wichtiges Thema für den Hobby- und Gesundheitssport?
		Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf instabilem Untergrund erfolgt?	Wenn ja, welche Muskulatur ist betroffen? Wie wirkt sensomotorisches Training auf die Rumpfmuskulatur?
		Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteuerungseffekt als auf stabilem Boden?	Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie ist dies physiologisch erklärbar? Findet eine gleichzeitige Steigerung der Maximalkraft statt? Wenn ja, in welchem mind. Trainingszeitrahmen findet die Adaptierung statt?
		Wird die posturale Stabilität durch Gleichgewichtstraining verbessert?	
		Welche Strukturierung wenden Sie im sensomotorischen Training an?	Trainingsumfang, - Dauer, - Häufigkeit pro Woche? Wann findet eine muskuläre Steigerung statt?

			Wann findet eine neuronale Steigerung statt?
		Wie kann man eine muskuläre und neuronale Verbesserung in der Praxis testen?	
		Welche Materialien verwenden Sie beim Gleichgewichtstraining?	
		Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem Training an geführten Gerätschaften im Sport, sowie Hobby/Gesundheitssport vorzuziehen/effizienter?	
		Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse und Ergebnisse sind noch offen zu diesem Thema?	

Die gewählte Stichprobe orientierte sich an Personen, deren Perspektiven auf den Gegenstand seiner Analyse besonders aufschlussreich erscheinen (Flick, 2002). Aufgrund dieser Erfordernisse der Literatur wurden Personen mit Bekanntheitsgrad der Wissenschafts- und Praxisparte gesucht.

Die Expert/innen müssen folgende Kriterien erfüllen:

- Erfahrungen mit Gleichgewichtstraining (mind. 5 Jahre)
- Fachwissen zum Thema
- Lehrbeauftragte, Multiplikatoren/innen zum Thema
- Erfahrungen mit Sportler/innen

Als Interviewpartner wurden Mag. Erwin Reiter und Gerald Mitterbauer ausgewählt. Als Interviewpartnerin stand Dr. Christiane Wilkens Rede und Antwort. Die Expert/innenrunde erfüllt alle vorgegebenen Kriterien und die Personen kommen aus unterschiedlichen Sportarten und Erfahrungen. Anzumerken ist, dass n=3 eine geringe Anzahl an Interviewpartner ist. Eine Tendenz sollte sich ableiten lassen und als schwierig hat sich im Vorfeld erwiesen, geeignete Interviewpartner/innen zu finden (vgl. Argumentation Kap. 11).

Eine genaue Personenbeschreibung wird in jedem Interview unter relevante Personendaten vorgestellt.

9.1.1. Durchführung und Ablauf der Expert/inneninterviews

Mit den Expert/innen wurde der erste Kontakt telefonisch oder via E-Mail hergestellt. Die Personen wurden darüber informiert, wie lange das Interview dauern wird. Weiters wurde ein Themenüberblick gegeben. Somit wurden die Befragten im Erstkontakt auf das Interview sensibilisiert.

Auf den Verweis, wie Froschauer (2003) die Kontaktaufnahme im Interview rät, ist im telefonischen Erstkontakt Rücksicht genommen worden.

Diese Orientierungsinformationen beziehen sich unter anderem: auf den Gesprächsgegenstand; den Rahmen, in dem das Gespräch stattfindet (etwa ein universitäres Forschungsvorhaben); warum man die Person ausgewählt hat; wofür dieses Gespräch dient. In dieser ersten Kontaktaufnahme wird die Basis für die soziale Beziehung im Gespräch aufgebaut und es sollten auch die groben Richtlinien für den Gesprächsverlauf abgestimmt werden (Froschauer, 2003, S. 66).

Die Interviews erfolgten entweder telefonisch oder persönlich, in einem Umfeld, das von den befragten Personen gewählt wurde. Vor dem Interview stellte sich der Interviewer persönlich vor, informierte über Qualifikation und Vorhaben dieser Arbeit. Dieser Smalltalk dauerte im Schnitt 3-5 min. Im Anschluss an das Interview bedankte er sich bei den Befragten und man hielt nochmals einen Smalltalk über 2-3 min. Hierdurch wurde der Einstieg in die Thematik erleichtert und gleichzeitig eine natürliche Gesprächssituation generiert und bewusst forciert. Die Fragen nach der schulischen Ausbildung und beruflichen Werdegang wurden in den Smalltalk eingebaut:

Welche schulische/hochschulische Ausbildung haben Sie absolviert?
Beschreiben Sie kurz Ihren beruflichen Werdegang?

Die Audiofiles der Interviews, sowie alle Transkripte liegen beim Verfasser auf.

Die Interviews werden ins Schriftdeutsch transkribiert und die dabei gewonnenen Informationen analysiert, interpretiert und verglichen. Dabei werden die Interviews auf zwei Ebenen, der vertikalen und der horizontalen Analyse, benannt und bearbeitet. Ziel der qualitativen Analyse ist den Inhalt der erhobenen Daten aus den Interviews zu analysieren und gruppenspezifische Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu identifizieren und analysieren (Frick, 2002).

Diese Art der Analyse soll Hinweise zur subjektiven Bedeutung des Forschungsgegenstandes aufzeigen.

9.2. Vertikale Analyse

Die vertikale Analyse soll Aufschluss über die Person als Interviewpartner/in geben. Die Interviews werden zusammengefasst und die wichtigsten Inhalte werden kategorisiert in

- Relevante Personendaten
- Ersterfahrung des Themas Sensomotoriktraining
- Einordnung der Wichtigkeit von Sensomotoriktraining
- Trainingsempfehlungen aus der Praxis
- Messbarkeit von Sensomotorik
- Stellungnahmen zu Fachfragen aus Studien
- Offene Punkte zum Themengebiet

Anhand dieser Kategorisierung werden die Ergebnisse im Folgenden auch aufbereitet. Zusätzlich fließen Stellungnahmen und Einschätzungen, die aus dem Leitfaden abgeleitet werden können, ein. Vor jeder Ergebnisdarstellung des jeweiligen Interviews werden die Personen mit den Parametern vorgestellt, die anhand des Sampling-Erfordernisses maßgebend sind.

9.2.1. Interviewpartnerin Dr. Christiane Wilkens

Das Interview fand am 22. August 2012 zwischen 12.40 und 13.10 Uhr telefonisch statt.

Relevante Personendaten

- WS 1995 bis WS 2000/01 Deutsche Sporthochschule Köln
- Promotionsstudium in den Fächern „Rehabilitation“ und „Sportmedizin“
- 14. Februar 2001: Verleihung des akademischen Grades Doktor der Sportwissenschaften (Dr. sportwiss.)
- Arbeitet mit Gesundheitssportler/innen und Studenten/innen in der Praxis
- Sportlerfahrung in nationalen und internationalen Wettkämpfen Ski Alpin. In der Zeit wo die Sportart betrieben wurde, kam Rumpfttraining nur am Rande im Sinne eines Zirkeltrainings vor.

Wichtige Publikationen zum Thema:

- Froböse, I., Wilke, C.: Koordination/ Gleichgewicht. In: Kiss, T. [Hrsg.]: Physiotherapie im Bild. Forum GesundheitsMedien. Merching Juni 2005, Teil 2 Kapitel 2, Seite 1-24
- Froböse, I., Wilke, C.: Koordination/ Gleichgewicht. In: Kiss, T. [Hrsg.]: Physiotherapie im Bild. Forum GesundheitsMedien. Merching Oktober 2005, Teil 2 Kapitel 2, Seite 25-36
- Froböse, I., Wilke, C.: Sensomotorisches/ koordinatives Training. In: Kiss, T. [Hrsg.]: Physiotherapie im Bild. Forum GesundheitsMedien. Merching Juni 2005, Teil 4 Kapitel 9/ 9.1, Seite 1-20
Froböse, I., Wilke, C.: Sensomotorisches/ koordinatives Training. In: Kiss, T. [Hrsg.]: Physiotherapie im Bild. Forum GesundheitsMedien. Merching Oktober 2005, Teil 4 Kapitel 9/ 9.1, Seite 19-34

Ersterfahrung des Themas Sensomotoriktraining

Ersterfahrung mit dem Thema wurde mit der Jahrtausendwende angeführt (Jahr 2000 oder 2001). In diesem Zeitraum wurde auch das Wissen an den Gesundheitssport und dem Kollektiv von Studierenden weitergegeben. Eine bessere Haltung und Bewegungskontrolle, zunächst eine bewusste verbesserte Haltungs- und Bewegungskontrolle, bewusst und weiter unbewusst war die Erwartung an das Training. In Bezug auf die Muskeladaptierung gab es eine positive Einstellung aus der Theorie, in der Praxis hat sich dies als schwierig erwiesen.

Einordnung der Wichtigkeit von Sensomotoriktraining

Sensomotorik wird neben der allgemeinen Kräftigung, Ausdauer, Beweglichkeit höchste Priorität beigemessen.

Welche Strukturierung wenden Sie im sensomotorischen Training an, Trainingsumfang, Dauer und Häufigkeit pro Woche?

Maximal zweimal pro Woche, weil das neuromuskuläre System eine entsprechende Regenerationszeit benötigt. Die Dauer einer Einheit ist abhängig von der Leistungsfähigkeit des Klientels, wichtig ist eine hohe Bewegungsqualität und Bewegungskontrolle. Die Dauer einer Übung ist ca. 10 bis 20 sec bei Gesundheitssportler/innen, bei Leistungssportler/innen und gut trainierten Personen bis zu 45 sec. Die Übungsausführung sollte immer unter einer Minute bleiben, denn ab einer Minute laufen kontraproduktive energeti-

sche Stoffwechselprozesse im Körper ab. Ist das Ziel eine Sturztraining oder Verletzungsprophylaxe sollte auch im ermüdeten Zustand trainiert werden.

Trainingsempfehlungen aus der Praxis

Eine Mischung ist letztendlich zu bevorzugen, beginnend auf alle Fälle auf stabilen Untergrund, um da auch eine gute Basis zu legen und dann übergehend auf instabilen Untergrund und dann mit komplexen Aufgaben oder je nachdem was oder wie trainiert wird auch für die Extremitäten, sodass der Körper also der Rumpf auch reaktiv reagiert.

Hinsichtlich der Häufigkeit pro Woche, gab die Expertin eine Regelmäßigkeit von zwei bis maximal dreimal pro Woche an. Insgesamt empfiehlt sie, die Trainingseinheit mit ausschließlich dieser Inhalte auf 30 bis 45 Minuten zu beschränken.

Messbarkeit von Sensomotorik

Muskuläre Verbesserung und Ansteuerungsfähigkeit mit Isokinetik, EMG in Verbindung mit Isokinetik, EMG mit Stabilometrie in Verbindung mit der Messung von Bodenreaktionskräften und Bewegungsanalysesysteme. In der Praxis ohne hochwissenschaftliches Instrumentarium gingen Einbeinstandtests oder Einbeinsprungtests um zu sehen, ob eine Funktion nach einer Verletzung stabil ist, zB. nach einer Knie-Tap.

Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf instabilem Untergrund erfolgt?

Muskulär bedingt bis zu ein geringer Effekt, auf neuronaler Ebene ist ein Effekt zu sehen.

Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteuerungseffekt als auf stabilem Boden?

Im Hinblick auf die die postulare Energie und postulare Balance ist ein Effekt gegeben, wobei die Expertin auf die Pauschalität dieser Aussage verweist.

Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie ist dies physiologisch erklärbar?

Ein Trainingseffekt für die Reaktivität und Explosivkraft orientiert sich an der Art der Durchführung. Bei einem harten instabilen Untergrund, wo auch Reaktivkräfte auftreten,

ist eine Adaptierung gegeben, verwendet man hingegen eine Weichbodenmatte ist kein Effekt ersichtlich.

Findet auch eine Steigerung der Maximalkraft statt?

Im Sinne der intramuskulären Koordination, also der Rekrutierungsfähigkeit stimmt die Expertin zu, wobei es aber nicht mit der Effektivität zu vergleichen ist, wenn ein gezieltes, hochintensives Muskeltraining absolviert wird.

Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuziehen/effizienter?

Wenn das Ziel ein morphologischer Muskelaufbau ist, dann ist ein geführtes Training an Geräten am effizientesten. Training mit großen Bewegungsradien ist gut für die Bewegungsansteuerung. Möchte man die Rumpfkraft erhöhen, sind Geräte vorzuziehen.

Welche Fragen sind zum Thema noch offen?

Die Praxis beruht bisher nur auf theoretischen Konzepten bzw. Hypothesen. Dabei kritisiert die Expertin, dass es keine Klassifizierung mit welcher Methodik, Dauer, Umfang sensomotorisches Training abgehalten werden soll, gibt und verweist auf die Sinnhaftigkeit von weiteren Forschungsergebnissen in diesem Bereich. Diese Aussage unterstreicht die Relevanz der vorliegenden Arbeit.

9.2.2. Interviewpartner Mag. Erwin Reiterer

Das Interview fand am 04. September 2012 zwischen 15:00 und 15:23 Uhr telefonisch statt.

Relevante Personendaten

- 1990 – 1998 Lehramtsstudium für Leibeserziehung, Psychologie, Philosophie und Pädagogik
- Staatlich geprüfter Trainer für Leichtathletik

- Arbeitet vor allem mit Leistungssportler/innen und über die Ausbildungsstelle der BAFL mit Hobbysportler/Innen in der Praxis
- Sporterfahrung in nationalen und internationalen Wettkämpfen Leichtathletik.

Publikationen zum Thema:

- Reiterer, R., (1998), Erlernen, sequenzieren und stabilisieren von Bewegungen auf der Basis direkt-umsetzbarer und metaphorischer Information, Diplomarbeit, Universität Wien
- Reiterer, R., (2012), Das Belastungsverträglichkeitskonzept: Die Bedeutung von Kraft- und Koordinationstraining aus verletzungsprophylaktischer und leistungsoptimierter Sicht, Dissertation, Universität Wien

Ersterfahrung des Themas Sensomotoriktraining

Der Experte befasste sich erstmalig im Jahr 2004 mit dem Thema. 2005 erfolgte die Informationsweitergabe im Lehrunterricht an der Bafl Wien. Man wusste bereits, dass Training einen Einfluss auf die Stabilisationsprozess im Zusammenspiel lokaler und globaler Muskulatur nimmt.

Einordnung der Wichtigkeit von Sensomotoriktraining

In der Prävention wird Training als eine „Muskelzusammenspieloptimierungsmaßnahme“ gesehen. Dies kann aber nur in Verbindung mit Krafttraining gesehen werden. Die Wichtigkeit des Trainings wird als sehr hoch angesehen und der Experte verweist darauf, dass die alljährliche Statistik von Personen mit Rückenbeschwerden stetig steigt und sensomotorisches Training die Basis ist, um ein Segment der Wirbelsäule primär zu stabilisieren.

Welche Strukturierung wenden Sie im sensomotorischen Training an, Trainingsumfang, Dauer und Häufigkeit pro Woche?

Es geht um das Erlernen neuer Bewegungsmuster, daher sollte eine Übung nicht länger als 15 bis 20 Sekunden dauern. Man sollte aber 25 Sekunden nicht überschreiten, da es hier zu einer kortikalen Ermüdung kommen würde. Eine bis eineinhalb Minuten Pause zwischen den Übungen, eine Einheit sollte ca. 20 bis 25 Minuten dauern und dies zwei bis dreimal die Woche.

Trainingsempfehlungen aus der Praxis

Bei Hobbysportler/innen sollte über Sensomotorik zuerst das Zusammenspiel von lokaler und globaler Muskulatur optimiert werden. Weiters ist anschließend die Grundkraft zu erhöhen, damit anschließend in Muskelketten trainiert werden kann. Als vierte Maßnahme sollte weiterführend die konditionelle Rumpf- und Stützkraft erhöht werden. Im Leistungssportbereich würde dann noch die exzentrische Rumpf- und Stützkraft entwickelt werden. Training dreimal die Woche über 20 Minuten, jeweilige Übungsbelastung 15 bis 20 Sekunden und bis zu einer Minute Pause.

Messbarkeit von Sensomotorik

Eine Messbarkeit kann nur über den Kernspintopografen dokumentiert werden. In der Praxis wird beobachtet, dass am Slingtrainer im Unterarmstütz zu sehen ist, ob ein Wirbelsegment stabil ist und die neutrale Position statisch gehalten werden kann. Dieses Tool gibt Feedback basierend auf Informationen von bekannten Physiotherapeuten des Experten. Wenn die neutrale Position nicht gehalten werden kann, wird davon ausgegangen, dass die lokalen Stabilisatoren nicht wirksam sind.

Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf instabilem Untergrund erfolgt?

Im Sinne einer morphologischen Adaptierung der Muskulatur ist ein Training auf instabilem Untergrund nicht möglich.

Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskulansteuerungseffekt als auf stabilem Boden?

Botanski und Kollos (Expert/in aus der Physiotherapie) argumentieren, dass, wenn die Zeit und die einwirkende Größe, die auf den Körper einwirkt, eine Unbekannte ist, werden in einem hohen Maß die lokalen Stabilisatoren aktiviert. Über das Bewegungszittern wird signalisiert, dass sich der Körper mit der Situation nicht auskennt und die lokale Muskulatur aktiviert wird. Diese Reaktion wird auf stabilen Boden nicht stattfinden, da hier die Situation und der Untergrund bekannt sind, das heißt der Stimulus zu gering ist für eine Aktivierung der lokalen Muskulatur. Eventuell findet auch beim Maximalkrafttraining eine erhöhte Aktivierung der lokalen Muskulatur statt.

Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie ist dies physiologisch erklärbar?

Der Experte erinnert sich in diesem Zusammenhang an eine Schweizer Studie, kann jedoch keine Antwort zu dieser Frage geben.

Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuziehen/effizienter?

Training an geführten Geräten lässt feindosierte Bewegungsradien qualitativ zu, die im freien Bewegungsradius schwierig zu erreichen sind. Das heißt anfänglich ist ein Krafttraining ohne Geräte nicht vorstellbar.

Welche Fragen sind zum Thema noch offen?

Keine Idee, Anregung zur Frage.

9.2.3. Interviewpartner Gerald Mitterbauer

Das Interview fand am 10. Juli 2012 zwischen 13:00 und 13:32 Uhr im Olympiazentrum Rif Salzburg statt.

Relevante Personendaten

- Diplom Physiotherapie
- Sportphysiotherapeut
- Arbeitet vor allem mit Leistungssportler/innen (Skisport) und Hobbysportler/innen am Olympiastützpunkt Salzburg
- Sporterfahrung im Skisport

Publikationen zum Thema:

- Jonda, R., Mitterbauer, G.,(2009), Complex Core, Rumpfstabilisation in Training und Therapie, Sportunion

Ersterfahrung des Themas Sensomotoriktraining

Zeitgleich mit Physio- und Sportphysioausbildung Mitte bis Ende der 1990iger Jahre wurde das erste Mal die Thematik bekannt. Der Experte setzte die Erkenntnisse im Leistungssport Skifahren als Konditionstrainer im Rahmen des Rumpfttrainings ein.

Einordnung der Wichtigkeit von Sensomotoriktraining

Ein Teil des Sensomotoriktrainings dürfte falsch angewendet werden, denn bei zu hoher Anwendung sind Personen so überfordert, dass es zu einer tetanischen Muskelkontraktion kommt, zu einer maximalen Spannung der Muskulatur führt. Sensomotoriktraining ist sehr wichtig für das Ansteuern komplexer Bewegungen und segmentaler Stabilisierung, jedoch sollte Sensomotoriktraining immer als Transfer in die jeweilige Sportart gesehen werden, um hier komplexe Situationen zu trainieren. Das Thema hat einen hohen Stellenwert für die Prävention, als auch für die Physiotherapie. Wenn man sich die Studienlage zu Back Pain anschaut, wird klar, dass diese Trainingsintervention als essentiell einzuordnen ist.

Welche Strukturierung wenden Sie im sensomotorischen Training an, Trainingsumfang, Dauer und Häufigkeit pro Woche?

Sensomotorisches Training wird im Sinne von motorischem Lernen verstanden. Viele verschiedene Übungssituationen mit individuellen Abwandlungen sollen zur Verfügung gestellt werden, wobei der Grundsatz vom Leichten zum Schweren gilt. Als Empfehlung wird eine Trainingsintervention von 6 bis 8 Wochen abgegeben, um eine Verbesserung sichtbar zu sehen, sollte drei- bis viermal die Woche trainiert werden, wobei das Training entweder explizit im ermüdungsfreien Zustand oder zu Beginn einer Trainingseinheit der jeweiligen Sportart mit einer Dauer von ca. 30 bis 45 Minuten angesetzt wird. Der Experte gibt keinen Zeitumfang pro Übung an, da er selbst auf die Übungsqualität achtet. Ist diese nicht mehr vorhanden, wird die Übung abgebrochen.

Trainingsempfehlungen aus der Praxis

Die Trainingsempfehlungen sind (1) auf die qualitative Werte in der Übungsausführung achten, (2) verschiedene Übungsmaterialien verwenden und (3) immer einen sportartspezifischen Transfer im Fokus haben. Zum Beispiel beim Training mit Skifahrer/innen findet der Transfer mit Training der Skischuhe auf Wackelbretter als Beispiel statt. Man muss aber immer das Ziel definieren: Meist wird sensomotorisches Training falsch verwendet

und es findet eher eine Form von Kraftausdauertraining statt, den die Personen spannen zu viel ihrer Gesamtmuskulatur an. Weiters sind die Übungen als zu schwierig eingestuft, um segmental das System stabilisieren.

Messbarkeit von Sensomotorik

Eine neuronale Verbesserung ist mit Einbeinstandtests oder mit instabilen Messverfahren schwierig messbar. Über Schnellkrafttests erhält man eine gewisse Aussage, da man so dokumentieren kann, ob eine Verbesserung stattfindet. Diese geht mit einer neuronalen Adaption einher. Eine Krafterhöhung ist eindeutig über Maximalkrafttests dokumentierbar.

Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf instabilem Untergrund erfolgt?

Der Experte gibt eine positive Einschätzung zu dieser Frage unter der Annahme ab, dass bei einer Übung auf dem Wackelbrett ein bestimmter Reflexbogen aktiv wird, in der Übung Sensoren des Sprunggelenks gereizt werden, über eine Weiterleitung die Beinstreckerkette, Lumbalbecken, Hüfte und Wirbelsäule das System stabilisiert werden, sollte eine Anpassung passieren. Dabei stellt sich die Frage, welche Anpassung die Zielsetzung ist? Möchte ich die Kraft erhöhen, ist dies die falsche Methode. Ist hingegen das erklärte Ziel die Verbesserung der Sensorik bzw. Reizweiterleitung, ist ein Training auf instabilem Untergrund eine Möglichkeit.

Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteuerungseffekt als auf stabilem Boden?

In Situationen die neu und herausfordernd für zu trainierende Person sind, wird eine hohe Aktivität abgerufen. Hier sollte darauf geachtet werden, dass Sensomotoriktraining mit motorischem Lernen einhergeht. Wird eine Übung fünfhundertmal absolviert, wird diese Übung ökonomisiert, im Sinne der Muskelansteuerung, durchgeführt, Sensomotorik sollte immer ein Methodiktraining sein und immer verschiedene gerade zu schaffende Aufgaben haben, sodass das neurale System gefordert ist.

Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie ist dies physiologisch erklärbar?

Ja, wenn das System hoch gefordert wird, innerhalb von wenigen 100 Millisekunden das System im Sinne von einem unerwartetem Impuls zu stabilisieren. Dies ist eine Reaktivkraftleistung, denn es kommt zu einem Dehnungs-Verkürzungszyklus.

Findet auch eine Steigerung der Maximalkraft statt?

Ein Erklärungsmodell ist, wenn eine Übungsform noch nicht bekannt ist, dann ist unter Umständen das Trainieren auf der instabilen Situation effizienter, weil da mehr an maximaler Aktivierung aufgebracht werden muss, um die Situation unter Kontrolle zu halten als in der stabilen Situation wo mit 70% der maximalen Aktivierungsfähigkeit, Muskulatur die Situation lösen muss. Auf der instabilen Seite braucht der Proband aber 85 bis 90% um dies zu lösen. Also es ist logisch, dass dies für die Maximalkraft mehr Output bringen wird.

Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuziehen/effizienter?

Wenn die Faktoren gleiche Last und Belastung von außen auf das System des Körpers einwirken und ich die Bewegung qualitativ durchführen kann, ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien effizienter (Training in kinetischen Ketten). Möchte ich meine Maximalkraft erhöhen ist ein Training an geführten Geräten unumgänglich.

Welche Fragen sind zum Thema noch offen?

Eine Antwort auf die Frage, ab wann Sensomotoriktraining, eine Einteilung und Abgrenzung von Kraft- und Koordinationsformen wirkt, fehlt bisher. Ab welchem Zeitpunkt findet eine Aktivierung statt? Eine solche Klassifizierung wäre sinnvoll und vermittelbar für die landläufige Trainersprache.

9.3. Horizontale Analyse

Nach der vertikalen Analyse, also der Aufbereitung der Aussagen jedes einzelnen Interviewten, erfolgt nun ein Vergleich auf Zusammenhang der einzelnen Aussagen über alle Interviewteilnehmer/innen hinweg. Gestützt werden die Erkenntnisse anhand von zentra-

len Statements, die während des Interviews getätigt wurden. Die Horizontalanalyse wird wie folgt kategorisiert.

- Welche Meinungen gibt es zum Training auf labilem Untergrund und dessen Wirkung auf die Rumpfmuskulatur?
- Welchen Stellenwert hat diese Trainingsintervention für den Sport?
- Ist ein Training auf labilem Untergrund effektiver, als ein Training auf stabilem Untergrund in Bezug auf die Rumpfmuskulatur?

Welche Meinungen gibt es zum Training auf labilem Untergrund und dessen Wirkung auf die Rumpfmuskulatur?

Die Rumpfmuskulatur wird trainiert.

...wenn die Zeit und die einwirkende Größe die auf den Körper einwirkt unbekannt ist, werden in einem hohen Maß die lokalen Stabilisatoren aktiviert werden...(Reiterer 460 - 461).

...ein Erklärungsmodell sein wenn es jemand ist, der diese Übungsform noch nicht kennt, dann ist unter Umständen das Trainieren auf der instabilen Situation effizienter, weil er da mehr an maximaler Aktivierung aufbringen muss um die Situation unter Kontrolle zu haben als wie in der stabilen Situation kann man sagen der ist mit 70% der maximalen Aktivierungsfähigkeit, Muskulatur kann die Situation lösen, auf der instabilen braucht er aber 85 bis 90% um dies zu lösen. Also es ist logisch, dass dies für die Maximalkraft mehr Output bringen wird... (Mitterbauer 333 - 339)

Frau Dr. Christiane Wilkens argumentiert in Richtung einer neuronalen Adaption und geht davon aus, dass muskulär nur eine bedingte Steigerung stattfindet.

...Bedingt, ich würde sagen eher einen geringeren Effekt. Ich würd den Effekt eher auf der neuronalen Ebene sehen....(Wilkens 45 - 46)

Welchen Stellenwert hat diese Trainingsintervention für den Sport?

...würde man das einordnen in Zusammenhang mit, ich nenne es mal allgemeine Kräftigung, Ausdauer, Beweglichkeit usw. und Sensomotorik umfasst gewisser Weise alles und dann doch eigentlich die höchste Priorität. Oder die höchste... (Wilkens, 33 - 36)

...mit Sicherheit, wenn man verschiedenste Studien anschaut, Low Back Pain, gehen wir auf dieses Stichwort ein, dann gibt es hier eine ganz große Anzahl an Problemen die hier sind im Alltag... (Mitterbauer 240 – 242)

...auf alle Fälle vor allem noch dazu wenn man sich die alljährliche Statistiken des Arbeitsmarktes und auftretender Haltungsschäden ansieht, denn ich glaube die größten Ausfälle am Arbeitsplatz beziehen sich auf Probleme mit dem Bewegungsapparat, auf die Wirbelsäule und das Thema Back Pain.. (Reiterer 448 – 451)

Ist ein Training auf labilem Untergrund effektiver als ein Training auf stabilem Untergrund in Bezug auf die Rumpfmuskulatur?

Im Grundsatz zum Kontext Sensomotoriktraining von Erkenntnissen von Botanski und Silvia Kollos wenn die Zeit und die einwirkende Größe die auf den Körper einwirkt unbekannt ist wird in einem hohen Maß die lokalen Stabilisatoren aktiviert werden und dh. übers Bewegungszittern, der Körper kennt sich nicht aus, dadurch kommt es zur Ansteuerung der lokalen Stabilisation. Das habe ich halt bei Übungen am Boden, wo ich Bewegung führe und kontrolliere, sind die lokalen wenig aktiv und somit die Ansteuerung niedriger... (Reiterer 459 – 464)

Ich glaube einfach das Situationen die neu sind und herausfordernder sind generell mehr Aktivität abgerufen wird. Ob diese Differenzierter ist, das ist die Frage. Weil jemand der zB. fünfhundertmal auf einem Wackelbrett steht bei dem wird man nicht die gleiche Muskelaktivität finden wie bei jemanden, der das erste Mal da drauf steht... (Mitterbauer 270 – 273)

In den Aussagen von Reiterer und Mitterbauer ist zu deuten, dass der Grund der mehr Effektivität in der neuen Übungssituation zu erklären ist. Dr. Christiane Wilkens erklärt sich Effekt nicht auf muskulärer Stärkung sondern auf neuronaler Basis.

Das kommt drauf an wie das ausgeführt wird und was die Zielsetzung angeht. Wenn ich das Mal mit dem Hintergrund der posturalen Energie und der posturalen Balance sehe würde ich sagen ja, es ist effektiver. Sonst ist es sehr pauschal...“(Wilkens 50 – 52)

TEIL IV: Zusammenfassende Ergebnisdarstellung aus dem Bereich des sensomotorischen Trainings

10. Beantwortung der Forschungsfragen

Nachdem in einem ersten Schritt die theoretischen Grundlagen in Kapitel 4-9 dargelegt wurden und dieses Vorwissen durch Expert/innenwissen abgerundet wurde, wird im vorliegenden Kapitel der Versuch gestartet, die eingangs formulierten Forschungsfragen anhand dieser Erkenntnisse zu beantworten.

10.1. Einordnung in die Trainingslehre

F4: Wo kann sensomotorisches Training in der Trainingslehre zugeordnet werden?

Im Zuge der Transkription ist aufgefallen, dass das Thema Sensomotorik noch nicht genau klassifiziert wurde. Zwei von drei Expert/innen wünschen oder fordern eine Begriffsdefinition und Kategorisierung von Trainingsempfehlungen. Fragestellungen wie „*Wann trainiere ich Sensomotorik?*“ oder „*Wie lange und wann zeigt sich der Erfolg in welcher Form?*“ sind in diesem Zusammenhang denkbar.

Die Praxis beruht bisher nur auf theoretischen Konzepten, Hypothesen. Ist gibt keine Klassifizierung mit welcher Methodik, Dauer, Umfang sensomotorisches Training abgehalten werden soll, dies fehlt noch ganz... (Wilkens 169 – 171)

...ab wann wirkt ein Sensomotoriktraining so, wie wir es landläufig verstehen wollen“ (Mitterbauer 384).

Klar definiert wird, dass eine muskuläre Adaption im Sinne von morphologischer Querschnittvergrößerung bei Training mit geführten Geräten am effektivsten ist.

Funktionelles Training ist gut für Bewegungsansteuerung, aber Training auf Geräten wesentlich effizienter Betreffend die Muskelkraft. Gleiches gilt für die Rumpfmuskulatur (Wilkens 162 164).

Die Fachleute sehen eine neurologische Adaption im Sinne von motorisches Lernen (Mitterbauer 275).

Zusammenfassend wird Sensomotorik einen hohen Stellenwert im Training gegeben, eine klare Methodikanleitung fehlt zum Thema und ein Training für die Rumpfkraft wird als optimal empfunden, wenn Training auf labilem Untergrund, in Verbindung mit Training an Geräten, methodisch vom Leichten zum Schweren angewendet wird.

In der wissenschaftlichen Literatur wird die Einordnung wie folgt versucht: In Anlehnung an Schnabel et al. (2011) lässt sich sensomotorisches Training in die Persönlichkeit-Handlungskompetenz und koordinativ-technische Fähigkeiten und Fertigkeiten der Sportler/innen einordnen. Die dafür notwendige Zubringerleistung kommt einerseits vom sensorisch – nervalen System der Informationsverarbeitung aus der Situation und weiters aus dem neuromuskulären System. Folglich lässt sich sensomotorisches Training in die Rubrik *Koordinationstraining aus der Trainingslehre einordnen*. Eine Empfehlung und eindeutige Klassifizierung zum Thema Sensomotorik fehlt bisher in den gängigen deutschsprachigen Trainingslehre-Büchern von Weineck (2004) und Schnabel et al. (2011). Zwei von drei der befragten Experten/in fordern eine Einordnung von sensomotorischen Training. Die Expertin Wilke verweist, dass Sensomotorik für alle Bereiche ob Ausdauer, Kraft und Koordination eine wesentliche Basis für die Ausführung dieser ist. Aus den Ergebnissen aus Literatur und der Aussagen der Praxis kann empfohlen werden, dass sensomotorisches Training in der Trainingslehre unter der Kategorie Koordinationstraining eingeordnet werden kann. Eine Eingliederung und einheitliche Definition wäre für die Trainingslehre und Praxis zu empfehlen.

10.2. Effekte des sensomotorischen Trainings

F1: Welche physiologischen Wirkungen hat sensomotorisches Training?

Es wird versucht, dieser Frage im folgenden Kapitel Antwort zu leisten. Bereits nach wenigen Reizsetzungen kommt es durch neuronale Plastizität zu Adaptionsvorgängen. Ein dokumentierter Zuwachs an Maximalkraft und Explosivkraft in den ersten vier Wochen einer Intervention ist durch primäre neuronale Adaptation zu erklären. Granacher et al. (2007) argumentieren die Annahme einer neuronalen Adaption darin, dass es zu einer Reduktion der präsynaptischen Hemmung zu Beginn der Kraftentwicklung kommt. Meier (2011) spricht von einer verbesserten Reflexaktivität und Verbesserung der motorischen Aufgaben. Eine dadurch optimierte Ansteuerung der segmentalen Muskulatur führt zu einer gesteigerten Ganzkörperkoordination.

Laube (2004) unterscheidet die Kraftformen hinsichtlich Ihrer Adaptionen aus dem sensomotorischen Training. „Die“ Kraft gibt es nicht. Der Terminus „Kraft“ als eine Form der sensomotorischen Beanspruchung ist vielmehr in unterschiedliche Dimensionen einzuordnen, nämlich in Maximalkraft, Schnellkraft und Kraftausdauer. Unter dem Aspekt der Ausdauer ist zu erwähnen, dass sie für die Erholungsfähigkeit einer Trainingsintervention im Sinne einer konditionellen Fähigkeit einzuordnen ist. Maximalkraft wird mit dem Wert der maximalen, isometrischen erbrachten Kraft gleichgesetzt. Schnelligkeit, sowie Schnellkraft sind primär von neurophysiologischen Mechanismen geprägt, wobei die Schnellkraft vom Autor als vollständige Nutzung aller Muskelpotentiale in kürzester Zeit zu verstehen ist.

Durch sensomotorisches Training kann die neuronale Ansteuerung der agonistischen Muskulatur verbessert werden. Muskuläre Spannungs- sowie Leistungsdysbalancen werden dadurch ausgeglichen (Gisler, 2007).

Gruber et al. (2003, zit. n. Granacher, 2007, S. 85) untersuchten die Reflexaktivitäten der unteren Extremität. Mittels Posturomed wurde die Standstabilität einbeinig vor und nach vierwöchiger Trainingsintervention auf Kippbrettern, Therapiekreisel und Balancematten getestet. Neben der signifikanten Verbesserung der Standstabilität wurden auch Aktionspotentiale von Muskel der unteren Extremität elektromyographisch abgeleitet. Das Ergebnis war, dass die eine geringe Muskelaktivität nach vierwöchigem Training stattfindet. Granacher (2003) verweist, dass eine reflexinduzierte agonistisch – antagonistische Muskelkontraktion das Ergebnis für eine verbesserte Standstabilität sei. Darunter versteht er eine Steigerung der Reflexaktivität. Damit verbunden ist eine erhöhte intermuskuläre Koordination der unteren Extremität. Eine Reduktion der präsynaptischen Hemmung zu Beginn der Kraftentwicklung bewirkt eine reflektorisch hervorgerufene Antwort im Muskel, die sich auf die Kraftproduktion positiv auswirkt (Granacher et al., 2007). Gruber & Gollhofer (2004) führen einen erhöhten Kraftanstieg in den ersten 100 ms einer Bewegung auf eine gesteigerte neuronale Aktivierung von Muskeln bedingt durch einen abgeschwächten Inhibitionsmechanismus.

In Bezug auf motorisches Lernen dokumentierten Pfeifer et al. (2008) eine Steigerung der Laufökonomie, Schnellkraft und Gleichgewichtsfähigkeit bei sensomotorischer Trainingsinhalten. Es konnten jedoch keine Effekte auf eine Muskelaktivierung spezifischer Muskelgruppen gezeigt werden.

10.2.1. Wirkung von sensomotorischen Training auf die Maximalkraft

„In den Mitochondrien lassen sich durch sensomotorische Reize Alterungsvorgänge verlangsamen“ (Melov, 2007, zit. n. Gisler-Hofmann, 2008, S. 141). Gruber, Gollhofer, Alt, Lohrer & Bruhn (2003) kamen nach einer 4 wöchigen sensomotorischen Trainingsbelastung zu dem Ergebnis, dass das Training Einfluss auf isometrische Maximalkontraktionen der Beinextensoren hat. Abb. 12 zeigt, dass sich das Kraftanstiegsverhalten bei Kraftbeginn 30 bis 50 ms und 50 bis 100 ms vergrößert hat. Der maximale Explosivkraftwert (RFD_{max}) konnte auch eine signifikante Steigerung verzeichnen. Meier (2011) spricht ebenso von einer Steigerung der Maximal- und Explosivkraft durch sensomotorisches Training.

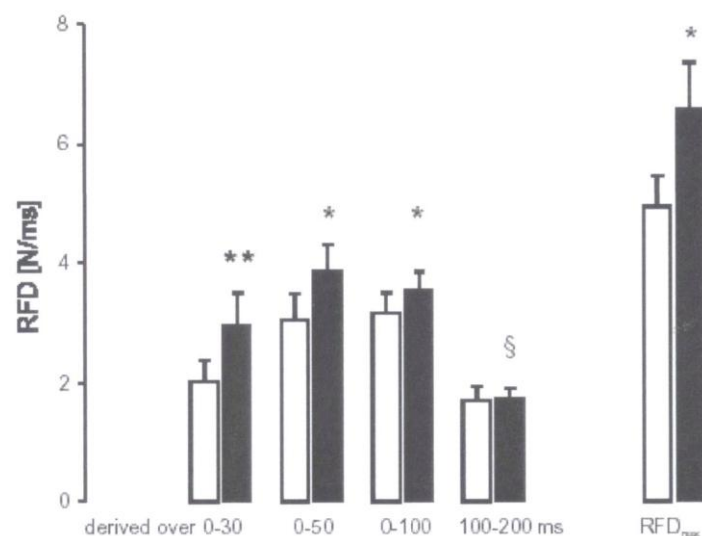


Abb.12.: Wirkung von sensomotorischen Training auf den Kraftanstieg bei isometrischer Maximalkontraktionen der Beinextensoren. Signifikanzniveau * $p < .05$; ** $p < .01$; § $p > .2$ modifiziert nach Gruber et al. (2003, S 87)

Bruhn, Gollmann & Gollhofer (2004) untersuchten mittels Testung der postulären Stabilität, der Messung der maximalen, isometrischen Kontraktionen, Squat und Drop Jump an jungen Probanden die Wirkung von sensomotorischen Training im Unterschied zu klassischem Krafttraining über einen Zeitraum von vier Wochen. Sie konnten ableiten, dass sich bei reinem sensomotorischen Training die Explosivkraft erhöht. Weiters zeigen die Ergebnisse, dass die afferente Reizübertragung an das zentrale Nervensystem verbessert wird. Klassisches Krafttraining mit hohen Lasten verbessert die Rekrutierung der Muskelfasern, sowie die mechanische Effizienz. Die Gruppe mit der klassischen Krafttrainingsintervention konnte verbesserte Squat Jump Leistungen vorweisen, die Gruppe des sensomotorischen Trainings verbesserte Werte mit kurzer Bodenreaktionszeit, dem Drop Jump.

Granacher, Gollhofer & Kriemler (2009) dokumentierten bei einer 4-wöchigen Balanceintervention mit Student/innen eine Verbesserung der postularen Stabilität (statisch und dynamisch), der Sprunghöhe bei der Messung Squat Jump und Counter Movement Jump und der maximalen, isometrischen Kraft der Beinextensoren. Im Vergleich zu Bruhn, Gollmann & Gollhofer (2004) verglich die Forschergruppe die Interventionsgruppe und Kontrollgruppe hinsichtlich langen Dehnungsverkürzungszyklus Squat Jump und Counter Movement Jump. Zusammengefasste Ergebnisse der beiden Studien lassen ableiten, dass sensomotorisches Training Einfluss auf Sprungformen mit kurzer und langer Bodenkontaktzeit hat.

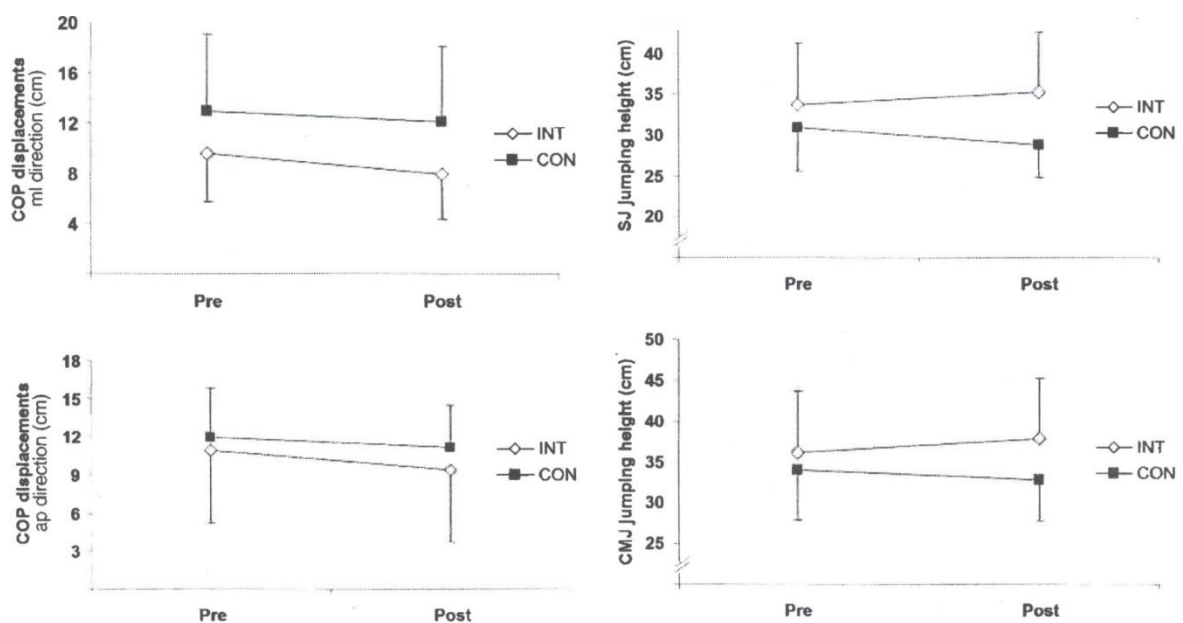


Abb. 13.: Verbesserung der Sprungvarianten Squat – und Counter Movement Jump nach vierwöchigem, sensomotorischen Training. (Links: Druckzentrum Veränderung vor und nach Trainingsintervention in cm; Rechts Sprunghöhenveränderung vor und nach Trainingsintervention in cm, weiße Diamanten=Interventionsgruppe, schwarze=Controllgruppe), Granacher, Gollhofer & Kriemler (2009, S.248)

Ergebnisse von Kean, Behm & Young (2006) und Taube, Kullmann, Leukel, Kurz, Amtage & Gollhofer (2007) zeigen, dass eine sensomotorische Intervention bei sportlich, aktiven Proband/innenkollektiv zu einer signifikanten Verbesserung des Squat Jumps oder Counter Movement Jumps führen kann.

Granacher et al. (2007) untersuchten über einen 13-wöchigen Trainingszeitraum die Auswirkung auf Explosiv- und Maximalkraft bei Männern im Alter von 60 bis 80 Jahren. Sie dokumentierten einen 13 prozentigen Zuwachs der Maximalkraft sowie eine 25 prozentige Erhöhung der Explosivkraft. Sie verweisen jedoch, dass ältere Personen ein um rund 30 Prozent verringertes Maximalkraftniveau besitzen. In Bezug auf ein Sportkollektiv ist da-

her diese Untersuchung in Bezug auf Sport kaum heranzuziehen. Erklärt wird die Zunahme der Beinstrecker M. Soleus und M. Vastus Medialis aufgrund neuronaler Anpassungen, die zu einer verbesserten intramuskulären Koordination führen. Eine signifikante Steigerung der isokinetischen Kraft der Knieflexoren und –extensoren wurde auch von Heitkamp, Horstmann, Mayer, Weller & Dickhuth (2001) durch eine sechswöchige Trainingsintervention mit aktiven Erwachsenen aufgezeigt.

Bruhn, Kullmann & Gohlhofer (2006) untersuchten neuromuskuläre Anpassungen aus kombinierten Trainingsinterventionen aus sensomotorischen und klassischen Krafttrainingselementen. Aus den Ergebnissen wird vermutet, dass klassisches Krafttraining mit hohen Belastungen einen Einfluss auf die mechanische Effizienz der Effektoren hat, während sensomotorisches Training den afferenten Eingang auf das Zentralnervensystem verändert. In Kombination einer Trainingseinheit aus Sensomotorik und klassischem Krafttraining ist die Reihenfolge Sensomotorik vor klassischem Training zu empfehlen. Eine verbesserte Geschwindigkeit der Kraftentwicklung konnte durch einen Mix der Trainingsarten aufgezeigt werden.

Eine Studie von Bruhn, Mau-Möller & Felser (2007) mit Short Track Kaderathleten und Studierenden beschäftigte sich ebenfalls mit der Kombination der Trainingsformen. Die Einteilung erfolgte in eine Athleten- und Studierendentrainingsgruppe, sowie in eine Studierendenkontrollgruppe. Nach einem Trainingszeitraum von 12 Wochen konnten Verbesserungen der isometrischen Maximalkraft, des isokinetischen ermitteltem Drehmoments im Sprunggelenk, sowie die Sprungkraft im reaktiven Drop Jump aufgezeigt werden. Trainingsinhalte waren hochintensive Krafttrainingsformen und sensomotorisches Training. Adaptionen waren in der neuromuskulären Aktivierung in der Frequenzierung in der Athletengruppe zu zeigen, die Studenteninterventionsgruppe war vermehrt von einer Verbesserung der Rekrutierung betroffen. Die Athletengruppe konnte bis zu einer 20 prozentigen Steigerung der isometrischen Maximalkraftwerte aufzeigen, die Studentengruppe mit 10 prozentiger Steigerung aufwarten. Ein reduzierter H-Reflex lässt in der Studierendengruppe auf eine verbesserte Rekrutierung deuten.

10.2.2. Wirkung von sensomotorischen Training auf das neurophysiologische System

Das Nervensystem kann auf sensorische Impulsströme reagieren und adaptieren. Dendritenzellen, die eine plastische Eigenschaft besitzen, können durch Reize im Kortex wachsen. Ein nachhaltiges Fehlen von sensorischen Reizen, wie zB Gleichgewichtsreize führt zu einer Atrophie von Dendriten. Ein Training des sensorischen Systems mittels Gleich-

gewichtsaufgaben führt zu einer Neubildung von Nervenzellen. Bei ausreichender Bewegung werden neurotrophe Faktoren freigesetzt, die einer möglichen Nervendegeneration entgegen wirken und für Nervenzellverknüpfungen von Zellverbänden sorgen. Bei nicht vorhersagenden Situationen reagiert das Gehirn mit der Freisetzung von Neurotransmittern. Neue Bewegungsprozesse bewirken strukturelle und neurologische Veränderungen. Verzweigungen von Nervenfasern sowie eine veränderte Struktur der Neurone lassen sich nachweisen (Gisler, 2007).

Eine verbesserte posturale Stabilität, sowie die Verbesserung von Maximalkraft und der Sprungfähigkeit erklären physiologische Anpassungen näher, als mit Bewegungslerneffekten. Eine vermehrte neurophysiologische Adaption auf spinal und supraspinaler Ebene, sowie verbesserte inter- und intramuskuläre Muskelkoordination sind für die Autoren Gräner, Gollhofer, Kriemler (2010) die Erklärung für die Anpassungserscheinungen.

10.2.3. Empfehlung für das Training - Geringe Antizipation

Aus arthroneuromuskulärer Sicht lässt sich ableiten, dass eine durchgeführte Bewegung nie exakt gleich durchgeführt wird, dies bedingt einer gewissen Varianz und Ungewissheit in der Bewegungsausführung. Im Sport und Alltag ist der Körper gefordert möglichst rasch und präzise über Reflexgrößen in kurzen Zeitspannen auf aus der Umwelt einwirkenden Kräften zu reagieren. Mittels strukturierter, variabler Trainingsinterventionen kann das Reflexverhalten verbessert werden. Bei geringer Antizipation einer Bewegung werden Anforderungen an spinale, supraspinale und kortikale Verarbeitungsareale des Gehirns stimuliert. Durch eine Variation von Übungen, diese kaum oder gering Antizipation möglich machen, wird das neuropsychologische System vermehrt gereizt. Eine in der Übungssituation hervorgerufene neuronale Unruhe führt zu einer erhöhten Signalreizung. Dadurch findet eine erhöhte Adaptionfähigkeit im Zentralnervensystem statt. Gisler-Hofmann (2008) leitet diese Hypothese unter anderem daran ab, dass im Einbeinstand auf einem Therapiekreisel wenig Schwankungsmuster und lange Korrekturzeiträume stattfinden, wodurch das Potenzial reduziert wird. Einfache Bewegungsaufgaben sind meist rasch antizipierbar. Wie aus (Abb. 13) dokumentiert, kommt es beim Stehen auf dem Therapiekreisel zu einem niederfrequenten Peak ($\approx 2,1$ Hz).

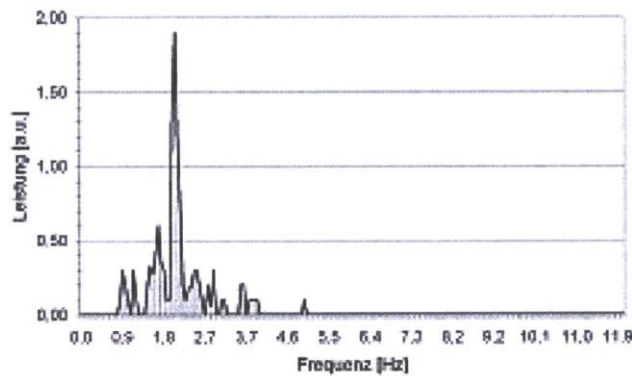


Abb. 14: Power-Spektrum des einbeinigen Stehens auf einem Therapiekreisel (Peak=2,1 Hz), mod. n. Gisler-Hofmann (2008, S. 139)

10.3. Trainingsmittel für sensomotorisches Training

F3: Welche Trainingsmittel können dabei eingesetzt werden?

Die meisten der genannten Studien verweisen auf eine Variation von Trainingsübungen. Im folgenden Kapitel soll ein Überblick über die Materialien und Untergründe verschafft werden, wie sensomotorisches Training trainiert wird. Die Trainingsmittel haben meist eines gemeinsam: sie beeinflussen die Möglichkeit in Ruhe zu stehen, in dem der Untergrund von stabilen, zu labilen und instabilen Variationen reicht. Die Übungen werden meist barfuß absolviert, daher ist auch mit einer hohen neuromuskulären Arbeit der Sprunggelenkmuskulatur zu rechnen (Hottenrot et al., 2011). An Anlehnung an Meier (2011) werden die Trainingsmittel in labile und instabile Gruppen eingeteilt. Alle Geräte, die einen harten Untergrund haben und rasche, aggressive Vibrationen verursachen, werden als instabil definiert. Als labil werden Geräte bezeichnet, die den Probanden fordern, unter einem weichen Untergrund die Gleichgewichtsfähigkeit zu halten. Ausgenommen von beiden Einteilungen, sind Übungen auf dem Boden. Bei allen Trainingsmittel gilt, dass Gleichgewicht während der statischen oder dynamischen Ausführung zu halten.

Als Einstieg in das sensomotorische Training, werden meist Übungen am Boden mit unterschiedlichsten Gegebenheiten durchgeführt (Rasool & George, 2007; Peterson et al., 2005; Daneshjoo et al., 2012; Mühlbauer et al., 2012; Filipa et al., 2011; Pasanen K., Pasanen M., Parkkari & Kannus 2009).

10.3.1. Labile Trainingsmittel

Alle labilen Trainingsmittel stimulieren einen weichen, meist mit Schaumstoff oder Luft befüllten Untergrund. Folgende Trainingsmittel wurden in Studien verwendet:

- Softmatte (Rasool & George, 2007; Granacher et al., 2012)
- Balance Kissen, ein Kissen mit Luft befüllt (Granacher et al., 2012)
- Airex ® Balance Pad (<http://www.bebalanced.net>) , ist eine weiche, aus einem Schaumstoff bestehende Matte (5. Sportspielsymposium Kongressbericht, 2007; Mühlbauer et al., 2012, Muschol & Pieper, 2007).
- Minitrampolin (Schwesig et al., 2003)
- Gymnastikball (Baljinder, 2012; Reiterer, 2012; Meier, 2011)

10.3.2. Instabile Trainingsmittel

Die Form der Trainingsgeräte besteht meist aus einer festen, harten Platte. Auf dem Untergrund ist entweder ein Kreisel, Wippe oder eine Rolle montiert. Es gibt unterschiedliche Hersteller und Varianten von Balance Boards. Folgend werden übersichtlich Unterschiede der verwendeten Literatur aufgezeigt.

Indo-Board® (<http://indoboard.com>) ist ein aus dem amerikanischen Raum stammendes Trainingsgerät. Auf einer harten Rolle, die nicht auf einem Brett montiert ist, steht man auf einem Holzbrett und versucht das Gleichgewicht zu halten. Das Board ist in die medio-laterale Ebene frei beweglich (Oliver & Brezzo, 2009).

MFT ® Disc (www.mft-company.com) ist ein Trainingsgerät mit verschiedenen Schwierigkeitsstufen der freien Bewegungsebenen (Rainer, 2006).

Balancebretter und *Balancekreisel* sind in unterschiedlichen Ebenen frei beweglich und wurden in den Studien (Zemková, 2009; Emery & Meeuwise, 2010; Emery, 2005; Garrick & Requa, 2005, Muschol & Pieper, 2007; Peterson et al., 2005; Granacher et al. 2012, Holm et al., 2005 & Gioftsdiou et al. 2006) verwendet.

Ebenfalls zu den instabilen Untergründen wird der *Sling Trainer ®* (www.slingtraining.at) gezählt, wobei über ein Schlingensystem in Schlaufen instabile Reize erzeugt werden. (Meier, 2011; Reiterer 2012).

Das Trainingsgerät *Slackline* ist eine junge, alternative Trainings- sowie Therapieform für die Schulung der Gleichgewichtsfähigkeit. Granacher, Iten & Gollhofer publizierten (2010), dass diese Trainingsvariante keinen Einfluss auf eine Verbesserung der statischen und dynamischen posturalen Kontrolle, Sprungkraft und Maximalkraft der unteren Extremität

hat. In jüngeren Studien wird auf einen positiven Einfluss verwiesen. Pfusterschmied et al. (2012) kamen nach einer 4- wöchigen Trainingsintervention auf der Slackline (n=24) auf das Ergebnis, dass Slacklinetraining die posturale Stabilität verbessern kann. Eine Erklärung für die Ergebnisse liegt darin, dass die Probanden/innen eine erhöhte M. rectus femoris Aktivität aufweisen konnten. Auf eine Verbesserung der posturalen Stabilität kam abermals Pfusterschmied et al. (2013). In dieser Studie wird erstmals ein Slackline-Trainingsprotokoll präsentiert. Aus diesem ist zu entnehmen, dass vom statischen Stand bis hin zum dynamischen Gang und Drehungen das Kollektiv strukturiert eine Erschwernis der Übungsvariation zu bewältigen hatte. Meier (2011) präsentiert in der Zeitschrift Leistungssport einen Überblicksartikel zum Trainingsmittel Slacktrainer. Bei diesem Gerät sind zwei Slacklines parallel gespannt. Im Unterschied zum klassischen Slacklines steht hier die Person mit beiden Beinen parallel auf Slacklines. Zu dem Trainingsmittel Slackline gibt es derzeit eine geringe Anzahl an Studien.

11. Belastungsprotokoll für den Sport

F2: Wie kann sensomotorisches Training strukturiert werden?

Diese Forschungsfrage wird im folgenden Kapitel basierend auf den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit abschließend beantwortet. Während der systematischen Literatursuche konnten lediglich acht wissenschaftliche Artikel identifiziert werden, die Belastungsintensitäten im Studiendesign bekannt geben. Auffallend war bei der Literatursuche, dass kaum Studien mit genauen Angaben von Belastungen publiziert sind (vgl. Kap. 3.1.). Tabelle 13. zeigt noch einmal alle Studien und deren zentralen Ergebnisse im Überblick.

Autoren	Studienart	Probanden/innen	Intervention	Trainingsdauer	Dauer einer Einheit	Belastungsdauer	Pause	Ergebnis	Quantifiziert
Gioftsiou et al. (2006)	n=39; eingeteilt in je 3 Gruppen zu 13 Personen, Controlgruppe, Intervention vor Fußballtraining (TB), Intervention nach Fußballtraining (TA), randomisiert	Fußballspieler, griechische erste Division, (Alter 16 +-1)	Biodex computer-gestütztes Trainingsprogramm beidbeinig; Balanceboard (1=anterior/posterior; 2 medial/lateral; 3=in alle Richtungen beweglich) - Einbeinstand+kontra laterales Bein spielt geworfenen Ball retour	12 Wochen, 3 mal pro Woche, TB vor regulärem Training, TA nach regulärem Training	20 min	3 Min beidbeinig visuelle Zielverfolgung an einem Biodex Trainingsprogramm; 45 sec je Balanceboard im Einbeinstand	15 sec	Verbesserung der Gleichgewichtsfähigkeit in der TB und TA Gruppe ($p<0.01$). Die Verbesserung in der TA Gruppe war höher ($p>0.05$) als in der TB Gruppe	Biodex Balance System
Rasool & George (2007)	n=30; davon Interventionsgruppe n=16 (Alter 21,5 +- 5,1), Kontrollgruppe n=14 (Alter 21 +-4,2)	Athleten aus unterschiedlichen Sportarten	Statischer und dynamischer Einbeinstand auf Boden oder Softmatte	4 Wochen, 5 Einheiten,	k.A.	12 unterschiedliche Übungsvariation mit offenen oder geschlossenen Augen im statischen oder dynamischen Einbeinstand zu 60 sec	30 sec	Sign. Steigerung in alle Richtungen des Star Excursion Test von 11 bis 36%, Sign. Steigerung bereits nach 2 Wochen Trainingsintervention ($p>0.01$)	Star Excursion Balance Test

Petersen et al. (2005)	n=276; davon Interventionsgruppen n=134, Controllgruppe n=142	Handballspielerinnen Deutsche Regionalliga, Oberliga sowie Kreisliga	Multifaktoriell Sensomotorik + Sprungserien, Dynamischer Einbeinstand auf Boden und 3 verschiedenen Balanceboards mit sportartspezifischer Übungscharakter (zB. Handballwurf am Gerät), zusätzlich Sprungserien	8 Wochen, 3 Einheiten	10 min	30 sec unterschiedliche Variationen an Stationen, Mix aus Sprungübungen und Sensomotorikübungen	k.A.	Verletzungsvorbeugung betreffend Sprunggelenkverletzung (Odds Ratio 0.55) und Kniegelenkverletzung (Odds Ratio 0.17)	Dokumentation über 1 Saison von Sprung- und Kniegelenkverletzungen von 20 unterschiedlichen Vereinen
Daneshjoo et al. (2012)	n=36; Interventionsgruppe 11+ (n=12), Interventionsgruppe HarmoKnee (n=12), Controllgruppe (n=12)	Professionelle Fußballspieler (Alter zwischen 17 und 20 Jahre)	Multifaktorielles fußballorientiertes Programm (11+ und HarmoKnee), im Programm statischer Einbeinstand	8 Wochen, 3 Einheiten	20 -25 min	Gleichgewichtsübung: 30 sec mit unterschiedlichen Schwierigkeitsstufen im statischen Einbeinstand	k.A:	Sign. Verbesserung der Balancefähigkeit bei 45° und 60° Knieflexion, sowie statischer und dynamischer Gleichgewichtsfähigkeit	Biodex Balance System, Star Excursion Test, Stork Balance Test
5. Sportspielsymposium, Kongressbericht (2007)	Fußballvereine Deutschland (n=k.A.)	Sportart Fußball, keine nähere Angaben zum Geschlecht	Statische und dynamische Balanceübungen +- Partner oder +- Ball. Ausführung zwischen 30° bis 60° Flexion im Kniegelenk auf einem Airex Kissen	4-6 Wochen in der Vorbereitungsphase 2 Einheiten pro Woche, sowie in der Meisterschaftssaison 1-2 Einheiten	20-25 min	45 - 60 sec je nach Übungsauswahl	60 sec	Empfehlungen für Balancetrainingsgrundsätze	k.A.

Granacher et al. (2010)	High School Students (n=20), Interventionsgruppe (n=10), Controllgruppe (n=10),	Studenten/innen	Unterschiedliche Gleichgewichtsübungen auf Softmatten, Balance Boards, Sprunggelenkskreisel sowie Luftkissen	4 Wochen, 3 Einheiten	30 min	20 sec	40 sec	Signifikante Steigerung der posturalen Stabilität, der Sprungkraft sowie der Kraftentwicklung der Beinextensoren	Gleichgewichts- und Kraftmessplatte, Beinpresse
Mühlbauer et al. (2012)	Gesunde Personen (Wochensportaktivität größer gleich 5 Stunden) (n=20; 9 Männer, 11 Frauen)	Gesunde Personen (Wochensportaktivität größer gleich 5 Stunden)	Beid- sowie Einbeinstand, Tandemstand auf dem Rasen oder Airex Balance Pad, offene und geschlossene Augen	k.A.	k.A.	30 sec	30 sec (1 Minute Pause zwischen den Übungsstationen)	Bei einer Reduktion der Unterstützungsfläche, sowie hinwegnahme von sensorischen Information entstehen ansteigende Druckpunkte auf dem Gleichgewichtsschwerpunkt	Gleichgewichtsmessplatte
Meier (2011)	Empfehlung aus der Praxis, Artikel aus der Fachzeitschrift Leistungssport	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	30 sec (Wiederholung pro Übung < 7)	30 bis 90 sec	k.A.	k.A.
Zech et al. (2010)	Systematische Review, Empfehlung aus 20 randomisiert, kontrollierten Studien	Gesunde, aktive Personen, sowie Sportler/innen	k.A.	Minimum 6 Wochen	k.A.	k.A.	k.A.	positive Auswirkungen auf statische und dynamische Balancefähigkeit bei Gesunden, als auch bei Sportler/innen	k.A.

Zemková (2009)	Übersichtsartikel aus 4 Studien der Autorin	Fußballspieler, Profibasketball- spieler, Untrai- nierte, Studen- ten/innen	Beidbeinige Positi- on auf Wobblebo- ard	7 Wochen oder > 25 Trai- ningstage, 4 bis 5 Tage die Woche	30 Min (12 Min Belas- tung, 18 Min Ent- lastung)	60 sec explosive Squats mit 25% Zusatzgewicht, abhängig vom Kör- pereigengewicht	90 sec	positive Auswir- kungen auf die Gleichgewichtsfä- higkeit	Posturografi- sches System FitRO
Rainer (2006)	n=36; Interventions- gruppe n=16, Kot- rollgruppe n=20	Freizeit- und Gesundheits- sportler/innen (Alter zwischen 18 und 64 Jahre)	beidbeinige Positi- on auf MFT Mental Trim Disc	6 Wochen	25 Min (10 Min Auf- wärmen, 15 Minu- ten Trai- ning)	20 sec statische Stabilisierung auf der Disc	10 sec (Aktive Mobilisie- rung auf dem Brett)	Signifikante Stei- gerung der Kör- perstabilität	MFT S3 Balance Test, AMTI Gleichgewichts- messplatte

Tab. 13: Belastungsparameter

Gioftsdou et al. (2006) zeigen in ihrer Studie auf, dass ein Gleichgewichtstrainingsprogramm im Anschluss an das Training der Sportart Fußball effizienter ist, als vor dem Training. Die Ergebnisse wurden mittels Messung auf einem Biodex Stabilitätssystem quantifiziert. Ein Training dauert 20 Minuten, ein Verweis wie oft die Übungen durchgeführt wurden ist jedoch nicht zu entnehmen. Bei der Hochrechnung der Gesamtzeit Biodex Trainingssystem 3 min und pro Bein 45 Sek Belastung, 15 Sek Pause (drei unterschiedliche Balanceboards) ergibt ein Trainingspensum von 9 Minuten. Daraus kann man schließen, dass vermutlich zwei Durchgänge pro Trainingsprogramm durchgeführt wurden.

Die Auswirkung des einbeinigen, dynamischen Gleichgewichtstrainings untersuchten Rasool & George (2007). Interessant an dieser Studie ist, dass in der Interventionsgruppe (n=16) und Controllgruppe (n=14) das zu trainierende Bein zufällig ausgewählt wurde. Durch diese Maßnahme soll nicht nur der Unterschied zwischen den Gruppen, sondern auch die das Trainingsbein innerhalb der Gruppe verglichen werden. Das Training und die Darlegung von Trainingsergebnissen wurde mittels Star Excursion Balance Test durchgeführt. Bei einer Trainingsbelastung von 60 Sek und 15 Sek. Pause konnte bereits nach 2 Wochen eine Steigerung der Balancefähigkeit dokumentiert werden.

Ein multifaktorielles Trainingsdesign machten Petersen et al. (2005) bei der Beobachtung von Verletzungen der unteren Extremität bei der Zielgruppe Handballspielerinnen (n=276) aus 20 unterschiedlichen Vereinen. Die Untersuchung sollte verdeutlichen, dass ein über achtwöchiges zusätzliches Training aus Gleichgewichts- und Sprungübungen die Verletzungshäufigkeiten reduzieren kann. Die Belastungsdauer der einbeinigen Balanceübungen dauerte je 30 Sekunden. Die Studie wurde mit in die Bewertung von Belastungsnormativen genommen, da sie einerseits mit Sportlerinnenkollektiv designed ist und ein Belastungsprotokoll samt einer individuellen Zirkelsituation (vgl. Abb. 15) dokumentiert wird. Eine Zirkelvariation stellt eine Möglichkeit von Trainingsintervention mit sensomotorischen Inhalten im Sport dar.

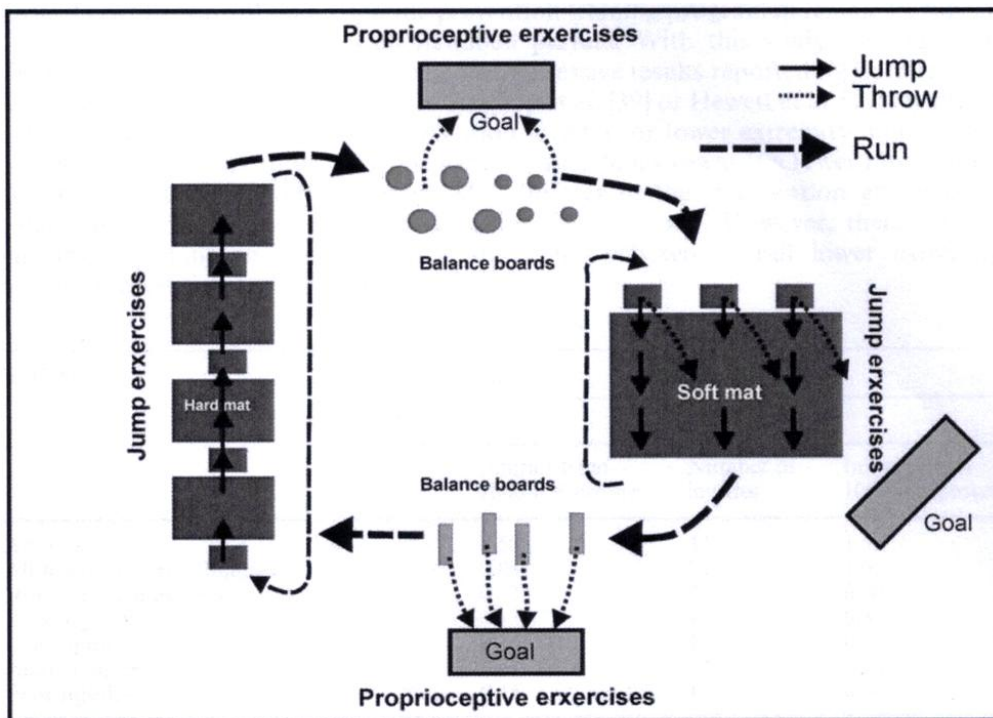


Abb. 15: Multifaktorielles Training aus Sprung- und Gleichgewichtsformen mit je 30 Sekunden Belastungsdauer in der Sportart Handball, mod. n. Peterson et al. (2005, S. 617)

Danshjo et al. (2008) inkludierten ebenfalls eine statische Gleichgewichtsübung mit verschiedenen Übungsvariationen in ein multifaktorielles Trainingsprogramm. Die Belastungsdauer der Übung war mit 30 Sekunden, jeweils im Einbeinstand dosiert. Zur Bewertung der Auswirkung des Programms testeten die Autoren nach acht Wochen die Gleichgewichtsfähigkeit mittels Star Excursion Test, Biodex Balance System und dem Stork Balance Test. Im Biodex Balance Test wurde mit 45- gradiger und 60-gradiger Knieflexion im Einbeinstand getestet. Die Studie ist wie Peterson et al. (2008) multifaktoriell, jedoch wird im Protokoll auf die Belastungsdauer der Gleichgewichtsübung hingewiesen.

Im Kongressbericht des 5. Sportspielesymposiums des dvs 2006 wird ein Projekt des Bundesinstituts für Sportwissenschaft in Deutschland über Fußballbalancetraining vorgestellt. Relevante Studienkennzahlen wie Teilnehmer/innenanzahl oder quantifizierte Testüberprüfungen der Aussagen werden leider nicht erwähnt. Ein Belastungsprotokoll über 45 bis 60 Sekunden pro Balanceübung mit einer Knieflexion von 30 bis 60 Grad und einer Pause von 60 Sekunden wird empfohlen. Drei bis sechs Wiederholungen pro Übung und die Übungsinhalte sollten von leichten Grundübungen bis hin von zunehmender Komplexität strukturiert sein. Es wird empfohlen auf eine rutschfeste Unterlage zu achten, den trainierenden Personen die Nützlichkeit des Trainings mit der physiologischen Auswirkung zu erklären und bei nichtkorrekter Ausführung der Beinachse eine ständige Haltungskorrektur vorzunehmen. Trainingsgrundsätze sind im erhaltenen Zustand sensomotorische Übungen zu trainieren, reichhaltige Übungsvariation, Veränderung von Umweltbedingungen in

Kombination von Bewegungsfertigkeiten sowie eine Vermeidung von Ausgleichsbewegungen.

Eine Verbesserung der posturalen Stabilität, gesteigerte Sprungwerte der Sprungformen Squat Jump und Counter Movement Jump, sowie gesteigerte isometrische Maximalkraftwerte der Beinextensoren konnten Granacher et al. (2010) aufzeigen. Ihr Trainingsprotokoll war 20 Sekunden Belastung und 40 Sekunden Entlastung und unterscheidet sich in Form der Be- und Entlastung einer Übung von den voran vorgestellten Studien.

Muehlbauer et al. (2012) untersuchen die Schwerpunktverlagerung bei unterschiedlicher sensorischer Information und stabiler oder weicher Unterlage. Die Belastung in dem Design ist 30 Sekunden Training und 30 Sekunden Pause, wobei zwischen den Trainingsaufgaben 1 Minute Pause absolviert wird. Je geringer die Unterstützungsfläche und sensorischen Information, desto höher ist die Anforderung an das neuromuskuläre System.

Meier (2011) empfiehlt, trotz niedriger Innervation der Muskulatur die Sportler/innen pro sensomotorischer Übung an die jeweilige koordinative Grenze bringen. Dadurch soll gewährleistet werden, dass das stabilisierende System laufende Korrekturen und Anpassungen an die Situation ausführen muss. Damit kein Gewöhnungseffekt für das Nervensystem entsteht, sollte eine Übung nicht öfter wie sechs Wiederholungen trainiert werden. Meier (2011) spricht hier von einer ständig variierenden Bewegungsqualität. Eine hohe Vibrationsrate des Untergrundes sollte via labiler und instabiler Untergründe erzeugt werden. Die Empfehlung zum Design ist 30 Sekunden Belastungen und zwischen 30 bis 90 Sekunden Entlastung. Er begründet die Belastung damit, dass bereits nach 20 Sekunden eine Ermüdung des kortikalen Systems entsteht und keine unphysiologischen Bewegungen gespeichert werden sollten. Grundsätzlich rät der Autor zu einer niedrigen Dosierung, die Athlet/innen an die jeweilige Grenze bringen (Methodik), schnelle, aggressive vor allem instabile Reize, trainieren mit eigenem Körpergewicht und ständiger Variation der Übungsaufgabe.

Die systematische Literaturanalyse von Zech et al. (2010) fasst zusammen, dass ein sensomotorisches Training mindesten über 6 Wochen bis hin zu 12 Wochen am effektivsten ist. Eine Verbesserung der statischen, sowie dynamischen Stabilität ist bei Athlet/innen und gesunden Personen die Wirkung des Trainings. Für eine optimale Verbesserung im Sprint, Sprunghöhe und maximaler Kraftwerte scheint ein plyometrisches und kraftorientiertes Training effizienter. Die Studie wurde daher mit in die Auswertdaten genommen, da die Analyse sich mit Sportler/innen beschäftigt und genauer auf den wirksamen Trainingszyklus von Belastungswochen eingegangen wird.

Aus der Studienübersicht von Zemková (2009) wird das Protokoll auf Wobbleboards zur Belastungsgestaltung mit heran gezogen. Hierbei wurde mit unterschiedler Zusatzlast auf Wobbleboards die Effektivität des Trainings in Bezug auf die Gleichgewichtsfähigkeit analysiert. Mit 25% des eigenen Körpergewichts als Zusatzlast bei der Ausübung von explosiven Squats ist eine Empfehlung. Belastungsdesign über eine Trainingsdauer von 30 Minuten, mit 12 Minuten Belastung und 18 Minuten Pause (60 Sekunden Belastung, 90 Sekunden Erholung/Übung).

Rainer (2006) untersucht die Wirkung des Trainings auf dem Trainingsgerät MFT Trim Disc über einen Zeitraum von 6 Wochen mit einem Proband/innenkollektiv aus dem Gesundheitssport. Im Trainingsdesign ist die Pause zwischen den statischen Gleichgewichtsübungen als eine Mobilisation am Trainingsgerät vorgegeben. Sie wird mit 10 Sekunden dokumentiert. In die Empfehlung der Belastungsnormative von Pausenzeiten geht diese Studie nicht mit ein, da im Vergleich zu anderen Studien die effektive Erholung nicht bekanntgegeben ist. Als Alternative zu klassischen Pausen stellt die Mobilisation am Gerät eine Pausenvariante dar. Die Autorin quantifiziert neben der Gleichgewichtsmessung auch die Wirksamkeit auf die Rumpfmuskulatur. Gemessen mit dem isometrischen Diagnosesystem Dr. Wolff Back Check wurde keine positive Anpassung der Rumpfmuskulatur dokumentiert.

Tab. 14: Übersicht gefilterte Literatur zu Belastungsformen

Quelle	Trainings- zyklus	Training/ Woche	Trainings- dauer/ Min	Belastungs- dauer/ Sek	Pausen- dauer/ Sek
Petersen et al. (2005)	8	3	10	30	?
Gioftsiou et al. (2006)	12	3	20	45	15
Rainer (2006)	6	k.A.	25	20	k.A.
Rasool & George (2007)	4	5	k.A.	60	30
Fünftes Sport- spielsymposi- um Kongress- bericht (2007)	k.A.	k.A.	(20 -25) 22,5 Mittel- wert	(45 – 60) 52,5 Mittelwert	60

Zemková (2009)	7	(4-5) 4,5 Mittelwert	30	60	90
Granacher et al. (2010)	4	3	30	20	40
Meier (2011)	k.A.	k.A.	k.A.	30	(30 – 90) 60 Mittelwert
Mühlbauer et al. (2012)	k.A.	k.A.	k.A.	30	30
Daneshjoo et al. (2012)	8	3	20 – 25 (22,5 Mittelwert)	30	k.A.
Mühlbauer et al. (2012)	k.A.	k.A.	k.A.	30	30
	7 Wochen	3* /W.	23* Min.	34* Sek.	46* Sek.

*gerundet auf Ganze

Basierend auf den Ergebnissen der gesichteten Literatur gilt die Empfehlung für sensomotorisches Training über einen Zeitraum von 7 Wochen, dreimal die Woche über einen Übungszeitraum von 23 Minuten, verschiedene Gleichgewichtsübungen im einbeinigen- oder beidbeinigen Stand auf verschiedenen Untergründen, statisch oder dynamisch, mit offenen oder geschlossenen Augen pro Übung 34 Sekunden Belastung und 46 Sekunden Erholung.

Um auch ein Bild aus der Praxis zu erhalten, werden weiterführend die Ergebnisse der Literatur mit den Ergebnissen der Expert/innen gegenübergestellt. Die *Hauptgewichtung* der Ergebnisse soll auf der Literaturseite sein, wobei die Expert/innenmeinungen (n=3) die Thematik abrunden und eine allumfassende Empfehlung zum Thema abgeben.

Tab. 15: Empfehlung der Belastungsformen der Praxis

Experte/in	Training /Woche	Trainingsdauer/Min	Belastungsdauer/Sek
Wilke E.	2-3	30-45 (37,5)	30 (Gesundheitssport) 45 (Leistungssport)
Reiterer E.	2-3	20 – 25 (22,5)	≤ 25
Mitterbauer G.	3-4	30 – 45 (37,5)	So lange die Übungsform qualitativ ausgeführt werden kann
Wert für Vergleich mit Literatur	3 Wochen	32,5	35 (Mittelwert aus Wilke (Leistungssport) und Reiterer)

Die Ergebnisse können so gedeutet werden, dass sich die Gruppe hinsichtlich der Belastungshäufigkeit pro Woche um rund 3 Wochen einig ist. Hinsichtlich der Trainingsdauer pro Einheit werden von 20 Minuten bis hin zu 45 Minuten genannt. Die Belastungsdauer pro gewählter Übung geht von kleiner 25 Sekunden bis hin zu 45 Sekunden in Zahlen betrachtet. Mitterbauer wählt hier die Aussage, dass er abhängig vom Schwierigkeitsgrad der Übung auf die Ausführungsqualität achtet und bei nicht vorhanden sein einer Übungsvorgabe (zB. Beinachse im Einbeinstand halten) die Übung abgebrochen wird. Eine Belastungspause sowie Interventionszeit in Wochen nennt die Gruppe explizit nicht. Kritisch anzumerken bleibt an dieser Stelle, dass während der Interviewsituation die Zahl der Pausen nicht explizit im Forschungsfokus stand und daher nicht direkt erfragt wurde.

Basierend der Ergebnisse aus Literatur und Praxis lassen sich folgende Empfehlungen für die Belastungsnormative im sensomotorischen Training ableiten. Die empfohlenen Belastungsnormativa beziehen sich auf den Körper einwirkende Belastungen und sind unabhängig miteinander verknüpft.

Tab. 16: Empfehlung Belastungsform des sensomotorischen Trainings für den Sport

Belastungszeitraum:	7 Wochen
Belastungshäufigkeit:	3 mal pro Woche
Trainingsdauer/Einheit	27 Minuten
Trainingsbelastung/Übung:	35 Sekunden (Ergebnis aufgerundet)
Trainingspause/Übung:	46 Sekunden
Belastungsintensität:	Hoch, bezogen auf die Konzentrationsfähigkeit
Belastungsform:	Variationen der Untergründe und Übungsaufgaben

Betreffend Trainingshäufigkeit pro Woche laufen sich Praxis und Literatur konform. Der Vergleich zwischen Trainingsdauer pro Einheit wird aus dem Ergebnis Mittelwert aus Literatur (=23 Minuten) und Praxis (=32,5 Minuten) errechnet (=27,25 Minuten). Die Trainingsbelastung pro Übung wird ebenfalls von Praxis und Literaturergebnis der Mittelwert genommen und aufgerundet. Die Übungsauswahl ist so zu wählen, dass vordefinierte Qualitätsmerkmale, zB. auf einem Luftkissen das Gleichgewicht zu halten, eingehalten werden sollten. Bei hoher Intensität und einem gerade noch halten der Übungsaufgabe ist mit einer verstärkten neurophysiologischen Aktivität zu rechnen. Es wird empfohlen, dass die Übungsauswahl so gewählt wird, dass diese sportartspezifische Inhalte hat und die Stabilität primär oder teilweise über unwillkürlich, dh. mittels periphere Reflexe, gewährleistet wird (Hottenrot, Gronwald & Neumann, 2011). Die Belastungsform soll ständig variiert werden. Eine Einbeziehung von variablen und zufälligen Anteilen eines Trainingsstimulus sorgt für eine verbesserte Verarbeitung der afferenten Informationen (Gisler-Hofmann, 2008).

12. Diskussion

Die Wirksamkeit von sensomotorischen Training wurde auf Basis Literatur und Praxismeinung aufgearbeitet und Empfehlungen für die Steuerungen gegeben. Die Forschungsfragen wurden in den Kapitel 9, 10, 11 und explizit beantwortet. In der Diskussion werden weitere gemeinsame Rückschlüsse aus Studien aufgezeigt und hinterfragt.

Wie auch Peterson et al. (2005) kamen auch die Studien (Emery & Meeuwisse, 2010; Emery et al., 2005; Laudner, 2012; Holm et al., 2004; Garick & Requa, 2005; Herman, Barton, Mallaiaras & Morissey, 2012; Alentorn-Geli et al., 2009; Renstrom et al., 2008) auf das Ergebnis, dass multifaktorielles, neuromuskuläres Training aus Sprung, Kraft und sensomotorischen Trainingsinhalten einen positiven Einfluss auf die Reduktion von Verletzungshäufigkeiten der unteren Extremität bei Sportsportarten hat. Ein neuromuskuläres Aufwärmprogramm kann in Sportsportarten als eine nachhaltige Form von Aufwärmelementen zu Beginn eines Trainings angewendet werden. Induzieren die Sportbewegungen einbeinige Stabilisierungsmaßnahmen, Rotationen in der Bewegung oder rasche Richtungswechsel ist ein neuromuskuläres Aufwärmprogramm zur optimalen Vorbereitung an die Sportart zu empfehlen. Das Training inkludiert ein Mix aus Kräftigung, Rumpfaktivierung, Sprungserien und Gleichgewichtsübungen (Pasanen K, Parkari, Pasanen M. & Kannus, 2009). Emery & Meeuwisse (2010) führen neben der neuromuskulären Übung im Training, auch ein Heimübungsprogramm auf einem Wobble Board mit Fußballspieler durch. Ein multifaktorielles Training dürfte einen größeren Einfluss auf Verletzungsprophylaxe, als ein isoliertes Gleichgewichtstraining (Hrysomallis, 2007; Zech & Hübscher, 2012).

Neben Rasoll & George (2007) dokumentierten McKean, Ingersoll, Kerrigan, Saliba & Bennett (2008) eine signifikante Steigerung nach 4 Wochen Training des Star Excursion Tests in der statischen und dynamischen posturalen Kontrolle.

Beweglichkeits- und Gleichgewichtstraining in Kombination, mit geschlossenen oder offenen visuellem System, kann die Beweglichkeit, die Kontaktzeit beim Drop-Jump verbessern (Zemková, 2009). Aus welcher Trainingsart das Ergebnis abzuleiten ist, gehört zukünftig noch detaillierter wissenschaftlich erfasst.

Reiter und Wilke (Interviewpartner vgl. Kap. 9) verweisen hinsichtlich der Belastungsintensität, dass die Dauer einer sensomotorischen Übung nicht über den Ermüdungsgrad des kortikalen Systems führen soll. Reiterer verweist auf rund 20 Sekunden Training und Wilke auf unter 60 Sekunden Trainingsdauer.

Es gibt unterschiedliche Trainingsgeräte für sensomotorisches Training. Neben den meist eingesetzten Gerätschaften wie, Balancekissen, Wackelbrett und Gymnastikball ist eine

neuere Form die Slackline: Da dieses Trainingsmittel eine gute Gleichgewichtsfähigkeit voraussetzt ist eine Empfehlung für eine alternatives Training mit Athleten/innen auszusprechen.

Oliver und Brezzo (2009) argumentieren, dass „Balancing on an unstable surface requires strong postural control. Therefore, training on an unstable surface simultaneously trains core musculature“. Dougherty, Kancel, Romar, Meacham & Derrington (2012) vermuten, dass ein Gleichgewichtstraining für eine ältere Zielgruppe eine Adaption der Rumpf- sowie Beinmuskulatur bewirken kann. Es sprechen auch Zazulak, Hewett, Reeves, Goldberg & Cholewicki (2007) und Argumente anderer Autoren (vgl. Kap. 4.3) für einen positiven Einfluss von sensomotorischen Training im Hinblick auf die Rumpfmuskulatur. Rainer (2006) untersuchte in Ihrer Studie, ob es einen Kraftzuwachs der Rumpfmuskulatur, quantifiziert durch einen isometrischen Maximalkrafttest, infolge von sensomotorischen Trainings gibt. Sie widersprach Dougherty et al. (2012) und kam zum Ergebnis, dass es keine signifikante Steigerung der Maximalkraft des Rumpfes gegeben hat. Oliver und Brezzo (2009) sprechen davon, dass eine Gleichgewichtstraining bei wackeligem Untergrund posturale Kontrolle, damit verbunden Training der Rumpfmuskulatur verursacht. Die Praxis vermutet (vgl. Kap. 9), dass durch sensomotorisches Training die segmentale Stabilität trainiert werden kann. Unter segmentaler Muskulatur wird die unter anderem die in Kap. 4.3. aufgezählte, autochthone Muskulatur genannt.

Aber sensomotorisches Training wird auch kontroverse diskutiert. Eine verbesserte Sprungkraft, sowie Verbesserung der Sprintzeit und statischer, dynamischer Gleichgewichtsfähigkeit wird durch sensomotorische Interventionen dokumentiert. Jedoch anzumerken ist, dass Krafttraining oder plyometrisches Training ebenso die Sprungkraft, Sprintzeit verbessert und/oder effektiver ist (Zech et al., 2010). Im Bezug auf Athlet/Innen kann Training auf instabilen Untergrund ein zu geringer Trainingsreiz bezogen auf den Rumpf sein (Behm et al., 2010). Reines Training auf instabilen Untergrund reduziert Kraft und Bewegungsgeschwindigkeit und sollte nicht als primäres Training von Athlet/innen auftreten (Fowles, 2010). Willardson (2004) argumentiert „the optimal method to promote increases in balance, proprioception and spinal stability for any given sport is to practice the skill itself on the same surface on the skill is performed in competition“. Wahl & Behm (2008) untersuchten bei Leistungssportler (n=16) die Muskelaktivierung unter anderem des M. Soleus. Die Aktivierung auf stabilem Untergrund war um 51% höher als bei instabilen Untergrund. Bei dieser Studie wurde ein Balancekissen, Balancebrett und Swiss Ball verwendet. Das Ergebnis wird darin interpretiert, dass Training auf nicht stabilen Untergrund zu keiner Steigerung des neuromuskulären Systems bei hochtrainierte Personen führt. Es wird aber kein Trainingsprotokoll der Studie beschrieben und die Autoren ver-

weisen, dass Training auf instabilen Untergrund mit einer höheren Progression und Frequenz möglicherweise zu einer höheren Aktivierung des neuromuskulären Systems führt. Behm et al. (2010) argumentieren in Ihren Ergebnissen auch, dass optimales Training alle Ebenen der geforderten Bewegung, abhängig von der Sportart, umfassen sollte. Daraus wird abgeleitet, dass auf stabilem und labilem Boden als Variation trainiert werden kann.

13. Zusammenfassender Erkenntnisgewinn

Die in diesem Überblick erhobenen Daten bieten eine Grundlage für die Gestaltung von sensomotorischen Training. Abhängig vom definierten Trainingsziel kann sensomotorisches Training als eine Belastungsform zu einer effizienteren neuromuskulären Ansteuerung führen. Verbesserte Explosivkraft und Schnellkraft, sowie eine erhöhte Stabilität der segmentalen Muskulatur sind Auswirkungen des sensomotorischen Trainings (vgl. Kap. 10 und 12). Aus dem Ergebnis dieser Arbeit können Trainer/innen die Belastung von sensomotorischen Training grob steuern. Eine Einführung in das Thema und Diagnostikmöglichkeiten sollen zu einem besseren Verständnis des Trainingsansatzes führen.

In Anlehnung an die Ergebnisse dieser Arbeit ist die Wissenschaft und Trainingspraxis aufgefordert, mögliche pädagogisch-didaktische Empfehlungen abzugeben, wie und in welcher Form der Schwierigkeitsadaption der verschiedenen Geräte, vom leichten zum schweren, die Trainingsform sensomotorisches Training in Mannschafts- und Einzelsportarten angeleitet und ins bestehende Training integriert werden kann. Für genauere Trainingsansätze zu Belastungsgestaltung sind randomisierte, kontrollierte Dosis-Wirkungsstudien unter Verwendung von unterschiedlicher Trainingsfrequenzen und Gesamtdauer weiterhin notwendig.

Literaturverzeichnis

- Alentorn-Geli, E., Myer, G.D., Silvers, H.J., Samitier, G., Romero D., Làzaro-Haro, C. & Cugat R. (2009). Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 2: A review of prevention programs aimed to modify risk factors and to reduce injury rates. *Knee Surgery Sports Traumatology Arthrosc*, 17, 859-879.
- Baljinder, S.A. (2012). Effect of swiss ball exercise program on static and dynamic balance. *Biology of Exercise*, 8(1), 5-15.
- Behm, D.G., Drinkwater, E.J., Willardson, J.M. & Cowley, M.P. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism.*, 35, 91-108.
- Bitterli, R., Sieben, J.M., Hartmann, M. & de Bruin, E.D. (2009). Pre-Operative, Sensory-Motor Training for Patients undergoing Total Hip Replacement: A Randomised Controlled Trial. *Physikalische Medizin Rehabilitationsmedizin Kurortmedizin*, 19, 193-201.
- Boeer, J., Müller, O., Kraus, I., Haupt, G. & Horstmann, T. (2010). Reliability of a measurement technique to characterise standing properties and to quantify balance capabilities of healthy subjects on an unstable oscillatory platform (Posturomed). *Sportverletzung Sportschaden*, 24 (1), 40-45.
- Bös, K. (2001). *Handbuch motorische Tests*. Göttingen: Hogrefe-Verlag.
- Brand, S. (2007). Funktionelle Anpassungen der sprunggelenkumgreifenden Muskulatur an ein differenziertes sensomotorisches Training zur Prophylaxe von Sprunggelenksverletzungen. Dissertation, Institut für Sportwissenschaft der Universität Stuttgart, Stuttgart.
- Bruhn, S. (2003). Sensomotorisches Training und Bewegungskoordination. Freiburg: Universität Freiburg, Institut für Sport und Sportwissenschaft.
- Bruhn, S., Kullmann, N. & Gollhofer, A. (2004). The effects of a sensorimotor training and a strength training on postural stabilization, maximum isometric contraction and jump performance. *International Journal of Sports Medicine*, 25, 56-60.
- Bruhn, S., Kullmann, N. & Gollhofer, A. (2006). Combinatory effects of high-intensity-strength training and sensorimotor training on muscle strength. *International Journal of Sports Medicine*, 27(5), 401-406.
- Bruhn, S., Mau-Möller, A. & Felser, S. (2007). *Anpassungserscheinungen neuromuskulärer Aktivierung durch Training*. BiSP Jahrbuch –Forschungsförderung, Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

- Danesjoo, A., Mokhtar, A.H., Rahnama, N. & Yusof, A. (2012). The Effects of Comprehensive Warm-Up Programs on Proprioception, Static and Dynamic Balance on Male Soccer Player. *PLoS ONE*, 7(12), [doi: 10.1371/journal.pone.0051568](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0051568)
- Dohm-Acker, M., Spitzenpfeil, P. & Hartmann, U. (2008). Auswirkung propriozeptiver Trainingsgeräte auf beteiligte Muskulatur im Einbeinstand. *Sportverletzung Sportschaden*, 22, 52-57.
- Dougherty, J., Kancel, A., Romar, C., Meacham, C. & Derrington S. (2011). The effects of a multi-axis balance board intervention program in an elderly population. *Missouri Medicine*, 108(3), 128-134.
- Ebenbichler, G.R. (2011). Sensomotorik im Alter. *Manuelle Medizin*, 49(6), 414-417.
- Emery, C.A., Cassidy, D.J., Klassen, P.T., Rosychuk, J.R. & Rowe, B.H. (2005). Effectiveness of a home-based balance-training program in reducing sports-related injuries among healthy adolescents: a cluster randomized controlled trial. *Canadian Medical Association Journal*, 172(6), 749-754.
- Emery, C.A. & Meeuwisse, W.H. (2010). The effectiveness of a neuromuscular prevention strategy to reduce injuries in youth soccer: a cluster-randomized controlled trial. *British journal of sports medicine*, 44, 555-562.
- Fettke, P. (2006). State-of-the-Art des State-of-the-Art. *Wirtschaftsinformatik*, 48(4), 257-266.
- Fetz, F. (1990). *Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.
- Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M.V., Myer, G.D. & Hewett, T.E. (2010). Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 40(9), 551-558.
- Flick, U. (2002), *Qualitative Sozialforschung-eine Einführung*, Reinbek bei Hamburg: Rowohlt.
- Foscht, T. & T. Angerer. (2009). *Mixed Method. Systematisierung von Untersuchungsdesigns. Qualitative Marktforschung - Konzepte - Methoden - Analysen*. R. Buber and H. Holzmüller. Wiesbaden, Gabler: 247-260.
- Fowles, R.F. (2009). What I always wanted to know about instability training. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism.*, 35, 89-90.
- Frabene, e.V. (2006). *Bewegungslust: Beiträge von Bewegungskultur von Mädchen und Frauen*. Hamburg: Kovac.

- Froschauer, U. (2005), *Das Qualitative Interview. Zur Praxisinterpretativer Analyse sozialer Systeme*. Stuttgart: WUV Universitätsverlag.
- Garick, J. & Requa, R. (2005). Structured Exercises to Prevent Lower Limb Injuries in Young Handball Players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 15 (5), 398-402.
- Gioftsidou, A., Malliou, P., Pafis, G., Beneka, A., Godolias, G. & Maganaris C.N. (2006). The effects of soccer training and timing of balance training on balance ability. *European Journal of Applied Physiology*, 96, 659-664.
- Gisler, T. (2007). Muskuläre Dysbalancen und Dysharmonien – Bekannte Unbekannt. *Schule konkret*, 5 (07), 21-25.
- Gorman, P.P., Butler, R.J., Rauh, M.J., Kiesel, K. & Plisky, P.J. (2012). Differences in dynamic balance scores in one sport versus multiple sport high school athletes. *International journal of sports physical therapy*, 7(2), 148-153.
- Granacher, U. (2003). Neuromuskuläre Leistungsfähigkeit im Alter (<60 Jahre): Auswirkungen von Kraft- und sensomotorischem Training. Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg.
- Granacher, U., Gruber, M., Strass, D. & Gollhofer A. (2007). Auswirkungen von sensomotorischen Training im Alter auf die Maximal- und Explosivkraft. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 58(12), 446-451.
- Granacher, U., Gollhofer, A. & Kriemler, S. (2010). Effects of Balance Training on Postural Sway, Leg Extensor Strength, and Jumping Height in Adolescents. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 81 (3), 245-251.
- Granacher, U. (2012). Effects of balance and resistance training in children, adolescents, and seniors. *Sportwissenschaft*, 42, 17-29.
- Granacher, U., Iten, N. & Gollhofer, A. (2010). Slackline Training for Balance and Strength Promotion. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 717-723.
- Gruber, M., Gollhofer, A., Alt, W., Lohrer, H. & Bruhn, S. (2003). Impact of sensorimotor-training on the force production capacity of the leg extensor muscles. In Müller, E., Schwameder, H. Zallinger, G & Fastenbauer, V. (Hrsg.), *Proceedings of the 8th Annual Congress of the European College of Sport Science* (S. 223). Salzburg
- Gruber, M. & Gollhofer, A. (2004). Impact of sensorimotor training on the rate of force development and neural activation. *European Journal Applied Physiology*, 92, 98-105.

- Gribbel, P.A., Hertel, J. & Plisky, P. (2012). Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review. *Journal of Athletic Training*, 47(3), 339-357.
- Heitkamp, H.C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. & Dickhuth, H.H. (2001). Balance training in men and women: Effect on knee extensors and flexors. *Isokinetic Exercise Science*, 9, 41-44.
- Herman, K., Barton, Ch., Malliaras, P. & Morrissey, D. (2012). The effectiveness of neuromuscular warm-up strategies, that require no additional equipment, for preventing lower limb injuries during sports participation: a systematic review. *BMC Medicine*, 75(10), 1-12.
- Holm, I., Fosdahl, M.A., Firiis, A., Risberg, M.A., Myklebust, G. & Steen, H. (2004). Effect of neuromuscular training on proprioception, balance, muscle strength, and lower limb function in female team handball players. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 14 (2), 88-94.
- Hottenrott, K., Gronwald, T. & Neumann, G. (2011). Verletzungsprävention durch Verbesserung der neuromuskulären Bewegungskontrolle. *Sport Orthopädie Traumatologie*, 27, 274-282.
- Hrysomallis, C. (2007). Relationship Between Balance Ability, Training and Sports Injury Risk. *Sportsmedicine*, 37(6), 547-556.
- Hrysomallis, C. (2011). Balance Ability and Athletic Performance. *Sports Medicine*, 41(3), 221-232.
- Kean, C.O., Behm, D.G. & Young, W.B. (2006). Fixed foot balance training increases rectus femoris activation during landing and jump height in recreationally active woman. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 138-148.
- Klinke, R., Pape, H.C. & Silbernagl, S. (2005) Physiologie (5., kompl. überarb. Aufl.). Stuttgart: Georg Thieme Verlag KG.
- Knobloch, K., Martin-Schmitt, S., Gössling, T., Jagodzinski, M., Zeichen, J. & Krettek C. (2005). Prospektives Propriozeptions- und Koordinationstraining zur Verletzungsreduktion im professionellen Frauenfußballsport. *Sportverlag Sportschaden*, 19, 123-129.
- Kuhlmann, D. & Balz, E. (2005). Qualitative Forschungsansätze in der Sportpädagogik. Schorndorf: Hofmann Verlag.
- Kongressbericht. (2007). 5. Sportspielsymposium des dvs in Flensburg vom 2. bis 4. November 2006. *Sportorthopädie-Sporttraumatologie*, 23, 86-88.

- Laube, W. (2004). Das sensomotorische System, die Bewegungsprogrammierung und die sensomotorische Koordination beim Gesunden und Verletzten. *Österr. Z. Phys. Med. Rehabil.*, 14(1), 35-49.
- Laudner, K.G. (2012). Upper extremity sensorimotor control among collegiate football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(3), 672-676.
- Lephart, S. M. & Fu, A. S., (2000). Proprioception and neuromuscular control in joint stability. Human Kinetics, Champaign.
- Liebenson, C. (2005). Sensory-motor training – an update. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 9, 142-147.
- McCurdy, K. & Langford G. (2006). The relationship between maximum unilateral squat strength and balance in young adult men and woman. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5, 282-288.
- McKean, PO., Ingersoll CD., Kerrigan, DC., Saliba, E., Bennett, BC. & Hertel, J. (2008). Balance training improves function and postural control in those with chronic ankle instability. *Medicine and science in sports and exercise*, 40, 1810-1819.
- Meier, H. (2007). *Medizinische Trainingstherapie in der Praxis. Methodik der MTT* (2., überarb. Aufl.), Nürnberg: AMS Verlag.
- Meier, H. (2011). Möglichkeiten des sensomotorischen Trainings – Slacktraining. *Leistungssport*, 5, 42-45.
- Muschol, M. & Pieper, H.G. (2007). Verletzungsprophylaxe für Knie- und Schultergelenke im Handball. *Sportorthopädie – Sporttraumatologie*, 23, 11-18.
- Mühlbauer, T., Roth, R., Bopp, M. & Granacher, U. (2012). An Exercise Sequence for Progression in Balance Training. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 26 (2), 568-574.
- Oddson IE, L., Karlsson, R., Konrad, J., Ince, S., Williams, S.R. & Zemkova, E. (2007). A rehabilitation tool for functional balance using altered gravity and virtual reality. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 25 (4), [doi: 10.1186/1743-0003-4-25](https://doi.org/10.1186/1743-0003-4-25)
- O'Driscoll, D. & Delahunt, E. (2011). Neuromuscular training to enhance sensorimotor and functional deficits in subjects with chronic ankle instability: A systematic review and best evidence synthesis. *Sports Medicine, Arthroscopy, Rehabilitation, Therapy & Technology*, 19 (3), 1-20.

Oliver, G.D. & Brezzo, R.D. (2009). Functional Balance Training in Collegiate Woman Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (7), 2124-2129.

Abu Osman, NA & Was Abas, WA. (2013). Intrarater Test-Retest Reliability of Static and Dynamic Stability Indexes Measurement Using the Biodex® Balance System During Unilateral Stance. *Journal of applied biomechanics*, Zugriff am 13. August 2013 unter <http://journals.humankinetics.com/jab-in-press/jab-in-press/intrarater-test-retest-reliability-of-static-and-dynamic-stability-indexes-measurement-using-the-biodexreg-balance-system-during-unilateral-stance>

Pasanen, K., Parkkari, J., Pasanen, M. & Kannus, P. (2009). Effect of a neuromuscular warm-up programme on muscle power, balance, speed and agility: a randomized controlled study. *British Journal of Sports Medicine*. 43, 1079-1082.

Pfadenhauer, M. (2009). *Experteninterview. Ein Gespräch auf gleicher Augenhöhe. Qualitative Marktforschung - Konzepte - Methoden - Analysen*. R. Buber and H. Holzmüller. Wiesbaden, Gabler: 449-462.

Petersen, W., Braun, C., Bock, W., Schmidt, K., Weimann, A., Drescher, W., Eiling, E., Stange, R., Fuchs, T., Hedderich, J. & Zantop, T. (2005). A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience. *Archives of Orthopädic and Trauma Surgery*, 125, 614-621.

Pfeifer, K., Banzer, W., Hänsel, F., Hübscher, M., Vogt, L. & Zech, A. (2008). *Wissenschaftliche Expertise „Sensomotorisches Training – Propriozeptives Training“*. BISp Jahrbuch – Forschungsförderung, Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Pfusterschmied, J., Stöggli, T., Buchecker, M., Lindinger, S., Wagner, H. & Müller, E. (2012). Effects of 4-week slackline training on lower limb joint motion and muscle activation. *Journal of Science and Medicine in Sport*, doi: <http://dx.doi.org/101016/j.jsmas.2012.12.006>

Pfusterschmied, J., Buchecker, M., Keller, M., Wagner, H., Taube, W. & Müller, E. (2013). Supervised slackline training improves postural stability. *European Journal of Sport Science*, 13:1, 49-57.

Pickert, ML & Harter, RA. (2011). Validity and reliability of limits of stability testing: a comparison of 2 postural stability evaluation devices. *Journal of athletic training*, 46(6), 600-606.

Plisky, PJ., Rauh, MJ., Kaminski, TW. & Underwood, FB. (2006). Star Excursion Balance Test as a predictor of lower extremity injury in high school basketball players. *The Journal of Orthopaedic and Sports Physio Therapie*, 36(12), 909-911.

- Rainer, G. (2006). Zur Trainierbarkeit der Rumpfstabilität und der Gleichgewichtsfähigkeit mit dem Trainingsgerät MFT Mental Trim Disc. Salzburg: Universität Salzburg, Sport- und Bewegungswissenschaft – Universitätssport.
- Raschner, C., Lempert, S., Platzer, H.P., Patterson, C., Hilden, T. & Lutz, M. (2008). S3 Check – Evaluation and Generation of Normal Values of a Test for Balance Ability and Postural Stability. *Sportverlag Sportschaden*, 22, 100-105.
- Rasool, J. & George, K. (2006). The impact of single-leg dynamic balance training on dynamic stability. *Physical Therapy in Sport*, 8, 177-184.
- Reiterer, E. (2012). Das Belastungsverträglichkeitskonzept: Die Bedeutung von Kraft- und Koordinationstraining aus verletzungsprophylaktischer und leistungsoptimierender Sicht. Universität Wien, Wien.
- Renstrom, P., Ljungqvist, A., Arendt, E., Beynnon, B., Fukubayashi, T., Garrett, W., Georgoulis, T., Hewett, T.E., Johnson, R., Krosshaug, T., Mandelbaum, B., Michell, L., Myklebust G., Roos, E., Schamasch, P., Shultz, S., Werner, S., Wojtys, E. & Engebretsen, L. (2008). Non-contact ACL injuries in female athletes: an International Olympic Committee current concepts statement. *British Journal of Sports Medicine*, 42, 394-412.
- Robinson, R. H. & Gribble, P.A. (2008). Support for a reduction in the number of trials needed for the star excursion balance test. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89, 364-370.
- Schwesig, R., Scholz, K., Kreutzfeldt, A., Müller, K. & Becker S. (2004). Sensomotorisches Training auf dem Minitrampolin, *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 20, 42-51.
- Srnka, K. (2007). Integration qualitativer und quantitativer Forschungsmethoden: Der Einsatz kombinierter Forschungsdesigns als Möglichkeit zur Förderung der Theorieentwicklung in der Marketingforschung als betriebswirtschaftliche Disziplin. *Marketing ZFP*, 29(4), 249–262.
- Taube, W., Kullmann, N., Leukel, C., Kurz, O., Amtage, F. & Gollhofer, A. (2007). Differential reflex adaptations following sensorimotor and strength training in young elite athletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28, 999-1005.
- Teipel, D. (1995). *Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit im Sport*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Tilscher, H., Gruber, D., Lember, S. & Raschner, C. (2007). Auswirkungen von Beeinträchtigungen am Bewegungsapparat auf das Ergebnis des S3-Körperstabilitätstest. *Manuelle Medizin*, 1-6.

- Wahl, J.W. & Behm, D.G. (2008). Not all instability training devices enhance muscle activation in highly resistance-trained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1360-1370.
- Willardson, J.M. (2004). The Effectiveness of Resistance Exercises Performed on Unstable Equipment. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (5), 70-74.
- Zazulak, B.T., Hewett, N., Reeves, P., Goldberg, B. & Cholewicki J. (2007). The effects of core proprioception knee injury. *American Journal of Sports Medicine*, 35, 368-373.
- Zech, A. & Hübscher, M. (2012). Sensorimotor Training for Prevention of Ankle Sprain. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 63, 5-6.
- Zech, A., Hübscher, M., Vogt, L., Banzer, W., Hänsel, F. & Pfeifer, K. (2010). Balance Training for Neuromuscular Control and Performance Enhancement: A Systematic Review. *Journal of Athletic Training*, 45 (4), 392-403.
- Zemková, E. (2009). The acute and long-term effect of different sensorimotor exercises on neuromuscular performance. *Medicina Sportiva*, 13(2), 67-73.

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht der Begriffe von sensomotorischen Training	11
Tab. 2: Arten von Rezeptoren	13
Tab. 3: Übersicht globale und lokale Muskulatur	14
Tab. 4: Bewegungsrichtungen der Standfläche	25
Tab. 5: Adaptierte, leistungsbestimmende Faktoren der Gleichgewichtsfähigkeit	28
Tab. 6: Auflistung der Analysatoren	29
Tab. 7: Ergebnisse der Reliabilitätsprüfung des MFT-S3 Checks	35
Tab. 8: Beurteilung Objektivitätskoeffizient	35
Tab. 9: Beurteilung Objektivitätskoeffizient	36
Tab. 10: Beurteilung Reliabilitätskoeffizient.....	36
Tab. 11: Interviewcheckliste	44
Tab. 12: Erstellter Interviewleitfaden	45
Tab. 13: Belastungsparameter	72
Tab. 14: Übersicht gefilterte Literatur zu Belastungsformen	79
Tab. 15: Empfehlung der Belastungsformen der Praxis	81
Tab. 16: Empfehlung Belastungsform des sensomotorischen Trainings für den Sport.....	82

Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Übersichtsleitfaden der gegenständlichen Arbeit	7
Abb. 2: Grafisch dargestelltes Studiendesign der Literaturrecherche	8
Abb. 3: Grafisch dargestelltes Studiendesign	8
Abb.4: Posturale Stabilität (Pappert, Schmölzer, 2010, S. 58)	17
Abb. .5: Vereinfacht dargestellte neuronale Anpassungsreaktionen nach Gleichgewichtstraining (Taubе, 2012, S 8).....	21
Abb. 6: Regelkreismodell der neuromuskulären Bewegungssteuerung über das sensomotorische System. (Hottenrot et al., 2011, S. 277).....	24
Abb. 7: Formen der Gleichgewichtsfähigkeit (Rainer, 2004, S. 55 zit. nach Teipel, 1995)	26
Abb: 8: Bewegungsrichtung beim Star Excursion Test (Gribbel, Hertel & Plisky, 2012, S. 4).....	32
Abb. 9: Die 3 Ebenen des Lower Quarter Y Balance Test (Gorman et al., 2012, S. 149).....	33
Abb. 10: Vergleich Sensomotorikindex Ski- und Normgruppe	37
Abb. 11: Leistungsvoraussetzungen (Schnabel et al., 2011, S 42)	40
Abb.12.: Wirkung von sensomotorischen Training auf den Kraftanstieg bei isometrischer Maximalkontraktionen der Beinextensoren, mod. n. Gruber et al. (2003, S 87).....	65
Abb. 13.: Verbesserung der Sprungvarianten Squat – und Counter Movement Jump nach vierwöchigem, sensomotorischen Training. Granacher, Gollhofer & Kriemler (2009, S.248).....	66
Abb. 14: Power-Spektrum des einbeinigen Stehens auf einem Therapiekreisel, mod. n. Gisler-Hofmann (2008, S. 139)	69
Abb. 15: Multifaktorielles Training aus Sprung- und Gleichgewichtsformen, mod. n. Peterson et al. (2005, S. 617)	77

Internetquellen

Airex Balance Pad ®. Zugriff am 02. September 2013 unter <http://www.bebalanced.net>

Indo Board ®. Zugriff am 03. September 2013 unter <http://indoboard.com/>

MFT ® Disc, Zugriff am 03. September 2013 unter www.mft-company.com

Sling Trainer ®, Zugriff am 03. September 2013 unter www.slingtraining.at

Anhang Interviewtranskripte

Interview Dr. Christiane Wilkens

Welche Sportarten haben Sie bisher ausgeübt, vor allem längerfristig ausgeübt?

Skifahren, Radfahren und Leichtathletik

Mit einer Professionalisierung, sprich nationale, internationale Wettkämpfe?

Nationale und internationale Wettkämpfe Skifahren – Alpin.

Wie wurde hier die Rumpfmuskulatur trainiert?

Zu dem Zeitpunkt wo ich das leistungsmäßig betrieben haben eigentlich noch gar nicht so spezifisch, wenn dann im Zusammenhang mit einem Zirkeltraining als Nebeneffekt möchte ich es mal bezeichnen.

Wann haben Sie sich genauer mit sensomotorischem Training bezogen auf dem Rumpf beschäftigt, in welchem Jahreszeitraum?

2000, 2001 zum ersten Mal

Wann wurde das Fachwissen im gesundheits-, hobby- und oder Leistungssport in der Praxis vermittelt?

Auch zu diesem Zeitpunkt.

Mit welchem Kollektiv? Waren das Hobbysportler oder gesundheitsorientierte Personen?

In der Regel Gesundheitssport und natürlich darüber hinaus in Form von Gesundheitskonzepten für unsere Studierenden.

Welche Erwartungen hatten Sie damals auf die Leistungsverbesserung?

Eine bessere Haltung und Bewegungskontrolle eigentlich, also zunächst eine bewusste verbesserte Haltungs- und Bewegungskontrolle die sich dann aber viel besser in unbewussten alltags und sportartspezifischen Bewegungen usw darstellen.

Gab es auch Erwartungen in Bezug auf die Adaptierung der Muskulatur?

Theoretisch ja, der praktische Hinweis hat sich als schwierig erwiesen.

Mit welchen Personengruppen arbeiten sie derzeit in der Praxis?

In der Regel mit sekundärpräventiven Personen die Rückenproblematiken haben. Die aber auch immer wieder als Primärpräventiv, wie das halt bei Rückenproblematiken ist, das schwankt ja immer in dem Bereich.

31 **Welchen Stellenwert hat sensomotorisches Training fürs Training, die Prävention**
32 **und die Rehabilitation?**

33 Ich denke für beide einen sehr hohen und wenn man das einordnen würde in Zusammen-
34 hang mit, ich nenne es mal allgemeine Kräftigung, Ausdauer, Beweglichkeit usw. und
35 Sensomotorik umfasst gewisser Weise alles und dann doch eigentlich die höchste Priori-
36 tät. Oder die höchste, nicht nur eigentlich.

37 **Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf**
38 **instabilem Untergrund erfolgt?**

39 Darf ich da mal kurz nachfragen?

40 Ja

41 Was verstehen Sie unter muskuläre Adaptation, eine morphologische Anpassung in Form
42 von Querschnittvergrößerung oder würden Sie auch neuronale Adaptation dazu zählen?
43 Ist ja immer ein bisschen eine Definitionsfrage?

44 **Diese Frage bezieht sich rein auf die Muskulatur und nicht auf die neurologische**
45 **Basis**

46 Bedingt, ich würde sagen eher einen geringeren Effekt. Ich würd den Effekt eher auf der
47 neuronalen Ebene sehen.

48 **Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteue-**
49 **rungseffekt als auf stabilem Boden. Das ist aus der Literatur entnommen.**

50 Das kommt drauf an wie das ausgeführt wird und was die Zielsetzung angeht. Wenn ich
51 das mal mit dem Hintergrund der posturalen Energie und der posturalen Balance sehe
52 würde ich sagen ja, es ist effektiver. Sonst ist es sehr pauschal, wie drauf ankommt was
53 genau gemeint ist.

54 **Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie**
55 **ist dies physiologisch erklärbar?**

56 Das kommt auf die Durchführung an, ich würde sagen Reaktiv ja, aber da kommts auf die
57 Durchführung und Art der instabilen Untergründe an, aber habe ich auf instabilen Unter-
58 grund auch reaktive Tätigkeiten erfordert oder ist es eine Weichbodenmatte die schon
59 auch ein bisschen Energie absorbiert und wenn ich so einen Untergrund habe ist der Ef-
60 fekt wieder etwas anderes. Sprungkraft eigentlich noch deutlicher, aber da kommts darauf
61 an mit welcher Art von instabilem Untergrund ich arbeite.

62 **Findet auch eine Steigerung der Maximalkraft statt?**

63 Im Sinne der intramuskulären Koordination also der Rekrutierungsfähigkeit würde ich sa-
64 gen ja, wobei es aber nicht mit der Effektivität zu vergleichen ist, wenn ich eine gezieltes,
65 hochintensives Muskeltraining mache.

66 **Wird die postuläre Stabilität auf neurologischer Weise durch Gleichgewichtstrai-**
67 **ning verbessert – wurde eigentlich schon beantwortet?**

68 **Welche Strukturierung wenden Sie im sensomotorischen Training an, Trainingsum-**
69 **fang, Dauer und Häufigkeit pro Woche?**

70 Also, bei dem Klientel mit den ich arbeite, maximal 2 mal pro Woche, weil das neuro-
71 muskuläre System die entsprechende Regenerationszeit braucht, die Dauer im Rahmen
72 der Trainingseinheit, der Therapieeinheit ist abhängig von der individuellen Leistungsfä-
73 higkeit, da gehe ich nach den Grundsätzen – wichtig ist die Höhe Bewegungsqualität der
74 Bewegungsausführung und Übungsausführung, sobald es zu Abweichungen kommen
75 kann würd ich sagen ist es eigentlich schon viel zu spät, da bricht man es ab und die
76 Dauer ist in der Regel mit dem Klientel mit dem ich arbeite, da bin ich bei 10 bis 20 sec
77 schon ganz gut dabei, weil dann in der Regel die Bewegungsqualität schon nachlässt, es
78 ist immer ein bisschen abhängig davon, also eher längere Pausen und die Dauer der
79 Übung der Einzelübung nicht zu lange, dennoch brauche ich mittelfristig eine höhere
80 Übungsfrequenz um den Effekt zu erreichen. Ist halt sehr schwierig bei dieser Art des
81 Trainings weil es keine objektiven Parameter gibt wie wir das bei Ausdauer oder Krafttrai-
82 ning haben. Sollte ich jemanden haben der schon etwas trainiertes ist in diesen Bereich
83 ist eine Übungsdauer max. 45 sec, also immer auf jeden Fall unter einer Minute weil ich
84 aufgrund anderer Stoffwechselprozesse da in einem Bereich komme, der nicht gut ist, der
85 halt energetisch ungünstig ist für das Koordinative. Es sei denn wiederum ich machen ein
86 sensomotorisches Training was sich schon in Richtung Alltagstraining bewegt, wo ich
87 auch in einem ermüdeten Zustand in der Lage sein muss, bestimmte Dinge, kennt man
88 aus der Sturzprophylaxe, dann geht man natürlich schon einmal in höhere Übungsfre-
89 quenzen, wenn man das Gefühl hat der kann jetzt schon nicht mehr richtig, aber auch
90 dann müssen bestimmte Fähigkeiten ausgebildet werden. Es wäre individuell und abhän-
91 gig vom Ziel. Ich fände es aber super, wenn mir wäre sagen könnte was hier richtig ist.

92

93 In der Regel wenn die Übungsauswahl dem Niveau der Übenden angepasst ist, was ei-
94 gentlich sein sollte Verhältnis mäßig schnell, da ist man so nach 2-3 Übungstherapieein-
95 heiten schon so, dass man weiter gehen kann, wenn die anderen konditionellen Grundei-
96 genschaften stimmen und die Anforderung nicht zu hoch ist und die Regenerationszeit
97 ausreicht.

98

99 **Wie würden Sie Hobbysportler/Innen trainieren, damit Ihre Rumpfmuskulatur erhöht**
100 **wird?**

101 Was meinen Sie?

102 **Also sprich instabiles Training, Training auf labilen Untergrund, normale Crunches,**
103 **Kniebeuge..**

104 Ich denke ich würde eine Mischung letztendlich bevorzugen, beginnend auf alle Fälle auf
105 stabilen Untergrund um da auch eine gute Basis zu legen und dann übergehend auf in-
106 stabilen Untergrund und dann mit komplexen Aufgaben oder je nachdem was ich oder wie
107 ich trainiere auch für die Extremitäten, sodass der Körper also der Rumpf auch reaktiv
108 reagiert.

109 Häufigkeit pro Woche?

110 2 bis maximal dreimal.

111 Dauer einer Trainingseinheit?

112 Mit ausschließlich diesen Inhalten?

113 Nicht länger als 30 bis 45 Minuten.

114 **Wie kann man eine muskuläre und neuronale Verbesserung in der Praxis testen?**

115 In der Praxis testen meinen Sie mit alltäglichen Mittel oder meinen sie hochwissenschaft-
116 liche Geräte, mit denen ich das messen kann?

117 **Eigentlich in der Praxis**

118 Also sonst würd ich sagen muskuläre Verbesserung, Ansteuerungsfähigkeit natürlich mit
119 der Isokinetik, die ich aber in der Praxis auch nicht habe, ganz klar. Oder wenn ich jetzt
120 auf andere Methoden zugreife würd ich natürlich EMG in Verbindung mit Isokinetik oder
121 EMG im Zusammenhang mit Stabilometrie, beispielsweise mit Bodenreaktionskraft. Also
122 dies wäre halt so auf der wissenschaftlichen Ebene. Möglich auch noch sind Bewegungs-
123 analysesysteme, wenn es da irgendwie eine Möglichkeit gibt, dass zu kombinieren, über
124 Biofeedback zum Beispiel ja. In der Praxis wiederum, wenn mir die ganzen apparativen
125 Instrumente nicht zur Verfügung stehen (Isokinetik, EMK, Bodenreaktionskraft) dann
126 müsste man über Einfachtests gehen, dh. da kann man beginnen mit Rumpfstabilisations-
127 tests aber auch solchen Dingen wie, es gibt ja unterschiedliche Einbeinstandtests oder
128 Einbeinsprungtests, es kommt halt wieder auf das Klientel an, ob ich da jemand mit einer
129 Knietape hab oder den Hobbysportler, wo es ja eine paar funktionelle Tests gibt wo ich
130 das auch sehr schön mit Abtesten kann, wie Einbeinsprungtest beispielsweise.

131

132 **Welche Materialien verwenden Sie beim Gleichgewichtstraining**

133 Also für mich erstmals vom Grundsatz her ist Gleichgewichtstraining sicherlich in der auf-
134 rechten, sitzenden oder stehenden Position die Regel, sobald der vestibuläre Analysator
135 die Hauptaufgaben übernimmt. Das ist ja ein bisschen was anderes wenn ich einen ande-
136 ren Fokus habe Gelenkstabilisation, es ist vielleicht auch eine Definitionssache. Für mich
137 ist ein Gleichgewichtstraining ein Training beispielsweise auf einem Therapiekreisel, na-
138 türlich auf instabilen Untergründen wie beispielsweise Balancepad oder einer Weichbo-
139 denmatte, für mich geht das auch in Richtung Stabilitätstraining geht, auch ein Posturu-
140 med ist eine Form des Gleichgewichtstrainings aber durch diese horizontalen Schwingun-
141 gen und den Impuls der von unten auf horizontaler Ebene kommt erfordert das ja auch
142 sehr viele postulare Mechanismen im Körper. Um das nochmals zusammen zu fassen in
143 der ersten Linie einen stabilen Untergrund, instabilen Untergrund, vertikale Geschichten
144 die einmal der Therapiekreisel, der einmal wibt aber auch horizontale Geschichten wie
145 das Posturumed, auch Dinge wie beispielsweise die MFT, die auch eine rotatorische
146 Komponente hat, je nach dem wie man es mit einsetzt. Balancepads die reaktiven Eigen-
147 schaften haben. Aber auch wenn es in die Dynamik des sensomotorischen Trainings
148 übergeht wie diese Slidematten, wo man mit oberen und unteren Extremitäten Skating-
149 bewegungen nachmachen kann, wo man halt den Rumpf insgesamt stabilisieren muss
150 und gegebenen Falls auch die obere Extremität tarieren muss.

151

152 **Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem**
153 **Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuzie-**
154 **hen/effizienter?**

155

156 Das kann man so nicht beantworten, dass kommt auf die Zielsetzung an. Wenn ich ein
157 gezieltes Muskelaufbautraining mache, ein Hypotrophietraining machen möchte, was se-
158 lektiv bestimmte Muskelgruppen anspricht dann gibt es meiner Ansicht nach nichts besse-
159 res als ein apparatives Training, weil ich mich da wirklich auf diesen Fokus spezialisieren
160 kann, wenn ich ein, obwohl mich der Begriff ein bisschen schaudern lässt, funktionelleres
161 Training habe möchte, wo ich mehrere Bewegungsebenen habe. Funktionelles Training
162 gut für Bewegungsansteuerung, aber Training auf Geräten wesentlich effizienter Betref-
163 fend die Muskelkraft. Gleiches gilt für die Rumpfmuskulatur.

164

Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse und Ergebnisse sind noch offen zu diesem Thema?

Die Praxis beruht bisher nur auf theoretischen Konzepten, Hypothesen. Ist gibt keine Klassifizierung mit welcher Methodik, Dauer, Umfang sensomotorisches Training abgehalten werden soll, dies fehlt noch ganz und wäre effizient.

Interview Gerald Mitterbauer

Wann haben Sie sich genauer mit dem Thema sensomotorisches Training beschäftigt?

Im Prinzip durch die Physiotherapieausbildung wurde ich das erste Mal damit konfrontiert, aber do war des natürlich eine Randerscheinung und dann eigentlich verstärkt wieder mit dem Eintritt als Betreuer in den Leistungssport wo drum gegangen ist, i hab Skifahrer betreut, hier die Trainingsplanung in Verbindung mit dem Konditionstrainer begleitend umzusetzen. Do hab i mir gedacht, ok, die Rumpfprogramme, des könnt mal da und dort noch ergänzen mit eben diesen sensomotorischen Inhalten. Da war das erste Mal, ich will nicht sagen vertiefte, aber zumindest Einsetzung im Leistungssport. Das war Mitte der 90iger.

Damit ist eigentlich auch schon die nächste Frage beantwortet, den diese hieße: Wann wurde das Fachwissen an Gesundheits- und Hobby/Leistungssportler/Innen erstmals vermittelt.

Das war natürlich durch die Sportphysioausbildung, die ist ja da fast zeitgleich gelaufen, ist das natürlich nochmals verstärkt aufgetreten. Sonst war des natürlich aus dem Fokus weg, eh klar, man hat's halt in der Patientenarbeit ein bisschen gekannt, das segmentale Stabilisieren, also das feinere Arbeiten unter Anführungszeichen, das war da schon vertreten. Aber es hat ja nur am Rande zu tun mit Sensomotoriktraining. Das waren also Ausschnitte daraus, da in der Sportphysioweiterbildung ist dies dann schon thematisiert worden auf alle Fälle.

Welche Erwartungen hatten Sie an das Training in Bezug auf die Leistungsverbesserung?

Also die Erwartungen waren diejenige, oder die Hoffnung war diejenige, das die sensomotorischen Trainingsmittel, die man halt eingesetzt haben wie instabile Unterlagen oder

Erschwernisse die man halt von außen einbringt, egal wie man es macht, das sich das Ansteuern der Muskulatur verbessert und zwar so verbessert das man sagt, ok, es muss ja auch eine Ebene geben wo das automatisch passiert, dem Reflexbogen, über das was man aus der Weiterbildung kennt als Feed-Forward antizipiert, was erkennt, und dann eine Feinregulationsmöglichkeit hat, also das heißt wenn ich dann normale Rumpfübungen genommen hab und diese an einer sauber, stabilen, Situation gemacht hab war mir logisch, das dient dazu um die Muskulatur von der Struktur stärker zu machen in Richtung Hypotrophietraining zB, war ich immer der Überzeugung dies möglichst isoliert, möglichst sicher, aber dann diesen Neugewinn an Struktur oder Kraft, Maximalkraft, das dann zu transferieren in die Anwendung, also wie komme ich im Sport auch auf diese optimale Leistung, da war klar, im Sport hab ich keine isolierte Situationen, sondern komplexe Situationen, also muss ich da wohl auch in die Richtung trainieren. Da ist sensomotorik Training natürlich ideal, weils eine Annäherung war zum sportsspezifischen Training.

Mit welchen Personengruppen arbeiten Sie in der Praxis?

Also das sind hauptsächlich Leistungssportler aus dem alpinen Skirennlauf, also von denen man auch sagen kann das sind Profisportler, da durchs Olympiazentrum ist's natürlich auch ein bisschen breiter gefächert, eigentlich zieht sich das Thema in allen Gruppen durch.

Welchen Stellenwert hat das sensomotorische Training in Bezug auf die Prävention, auf der anderen Seite in Bezug auf die Reha?

Ok, wenn man das sensomotorische Training, müsste man eingrenzen und sagen geht's jetzt eher um Rumpf oder geht's generell um Sensomotorik Training?

Rumpf

Ok, der Stellenwert in der Prävention ist für mich aus vorher genannten Gründen relativ hoch, also das heißt es genügt aus meiner Sicht, als Physio, nicht nur das man sagt man muss die Maximalkraft verbessern, man muss nicht nur die Reaktivkraft verbessern eben nicht in isolierten Situationen, sondern in komplexen Situationen, wo halt das Sensomotoriktraining hilft. Wobei ich glaube, das sogar ein Teil des Sensomotoriktrainings wie propagiert wird, fast missverständlich angewendet wird, weil ich auch das Gefühl hab, beispielsweise bei instabilen Situation oft einmal dazu führen kann, dass der Proband nicht einfach einmal eine maximale Spannung macht um die Situation zu kontrollieren. Also das heißt unter Umständen ist die Anwendung des Sensomotoriktrainings nicht so das ich die Zielset-

232 zung damit erreich, das feinjustierte Ansteuern, sondern der ist so überfordert mit der Si-
233 tuation, tetanische Muskelkontraktion, maximale Spannung des könnte auch ein solch ein
234 Nebeneffekt sein. Und in der Reha hats für mich den genau den gleichen Aspekt, grad
235 Leute die nach einer Verletzung kommen die haben oft da ein Defizit was ich unter Sen-
236 somotoriktraining versteh, des differenzierte Ansteuern von Situationen, da ist es ein
237 Muss, nicht wegzudenken.

238 **Ist das Training des Rumpfes ein wichtiges Thema des Hobby und Gesundheits-**
239 **sports?**

240 Ja, mit Sicherheit, wenn ma verschiedenste Studien anschaut, Low Back Pain, gehen wir
241 auf dies Stichwort ein, dann gibt es hier eine ganz große Anzahl an Problemen die hier
242 sind im Alltag, nicht so wie im Leistungssport differenziert, sondern des betrifft uns alle,
243 höchstwahrscheinlich wenn man Fragen würde wer von unserem Sportphysiokurs von 35
244 Leuten hat schon einmal Rückenprobleme gehabt in seinem Leben, dann sind wir wahr-
245 scheinlich bei 100%, also dies ist ein Thema.

246 **Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf**
247 **instabilem Untergrund erfolgt? – sprich ich Grenze die Frage ein, muskuläre Adap-**
248 **tion auf dem Rumpf.**

249 Ja, also, ich glaub ich habe die Frage für mich vorher beantwortet, diese instabilen Unter-
250 gründe führen natürlich dazu, dass ein bestimmter Reflexbogen aktiv wird, die Vorstellung
251 ist man steht auf einem Kippbrett, dieses kippt weg zur Seite, im Sprunggelenk werden
252 die Sensoren gereizt, des geht nach oben über dem Reflexbogen und man versucht auch
253 über die Streckerkette über Lumbalbecken, Hüfte hinauf über die Wirbelsäule das ganze
254 System wieder zu stabilisieren, also natürlich muss das einen Einfluss haben. Aber die
255 Frage ist immer welche Form der Anpassung passiert, also wo passiert es, des was ich
256 vorher gesagt habe, ist für mich ned so unwesentlich, weil viele reagieren auf solche neu-
257 en instabilen Situationen mit einer Grundabwehrspannung sag ich einmal und totalen An-
258 spannung, dies hat auch einen Effekt aber wahrscheinlich nicht den Effekt, den man mit
259 Sensomotoriktraining erzielen will. Also ich glaube das der mototische Aufbau eines Sen-
260 somotoriktrainings ganz wesentlich zum Gelingen eines Sensomotoriktraining beiträgt.
261 Und dann erst die Anpassung bei dem man vielleicht mit dem Thema erreichen will oder
262 erreichen kann.

263 **Wenn ja, welche Muskulatur ist betroffen?**

264 **Wie wirkt sensomotorisches Training auf die Rumpfmuskulatur?**

265 **Diese Fragen wurden nicht gefragt, da der Interviewte dies schon beantwortet hat.**

266

267 **Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteuerungseffekt als auf stabilem Boden**
268

269 Gute Frage, kann ich wiederum nur so beantworten wie die vorangehende Frage. Ich
270 glaub einfach das Situationen die neu sind und herausfordernder sind generell mehr Aktivität
271 abgerufen wird. Ob diese Differenzierter ist, dass ist die Frage. Weil jemand der zB
272 fünfhundertmal auf einem Wackelbrett steht bei dem wird man nicht die gleiche Muskelaktivität
273 finden wie bei jemanden, der das erste Mal da drauf steht. Also der hat dies sicher
274 ökonomisiert, kann mit der Situation umgehen, das spricht auch wieder zum Thema dass
275 mit Sensomotoriktraining das Thema motorisches Lernen integriert sein muss. Also das
276 man sagt, möglichst viele Wechsel in einer Übungssituation, also möglichst viele Wechsel
277 einer Herausforderung. Es kann sein das dies eine Übung ist, mit ein paar Abwandlungen,
278 wo ich sage drei Mal hintereinander machen sie diese und dreimal die und dreimal die. So
279 oft wechseln wie möglich, innerhalb dieser Übungssituationen, am möglichst viele Unsicherheiten
280 erfährt und das Training an das anpassen muss.

281 **In der Literatur wird beschrieben, dass ein Trainingseffekt für die Explosiv und Reaktivkraft gegeben ist. Wie ist ihre Meinung dazu?**
282

283 Ja, also wenn ich jetzt natürlich den Gedanken weg löse vom Wackelbrett und hingehe zu
284 größeren Einflüssen wie zum Pezziball, wo ich sage ok ich kann von außen einen Impuls
285 einbringen, der dazu führt, sagen wir einmal der ist im Vierfüßlerstand auf dem Pezziball
286 und versucht zu stabilisieren, ich bring von außen einen unerwartenden Impuls ein. So
287 jetzt kann der ned sagen, der Impuls versuch ich innerhalb von 500 Millisekunden zu verarbeiten,
288 denn da liege er schon auf dem Boden. Also das System wird gefordert, innerhalb kürzester Zeit,
289 innerhalb von wenig 100 Millisekunden das System wieder zu stabilisieren. Dies ist eine Reaktivkraftleistung,
290 denn es kommt zu einem Dehnen/Verkürzen genau in diesem Zyklus und dadurch muss dies natürlich auch einen Effekt haben.
291 Die Frage ist eben immer, wie schaffe ich den Transfer. Also wenn ich jetzt zum Beispiel die Übung mache,
292 die ich gerade erwähnt habe, und dann lasse ich demjenigen eine Reaktive Kniebeuge machen,
293 dann bin ich mir nicht sicher, ob man den Effekt dort findet, wenn ich aber die Kniebeuge als Basisübungen nehme
294 und dort diese sensomotorischen Elemente einbaue, im Sinne von Reaktivkraftverbesserung,
295 dann find ichs auch dort eine Verbesserung.
296
297

298 **Ab welchem Zeitpunkt findet eine Adaptierung in diesem Komplex statt? (Wenn ja, in welchem mind. Trainingszeitrahmen findet die Adaptierung statt?)**
299

300 Du meinst welche Trainingshäufigkeiten, Dauer etc. es benötigt um eine Verbesserung zu
301 haben?

302 Tu ich mir schwer des einzuschätzen, müsst ich nach dem Gefühl machen, sagen wir
303 naja, 6-8 Wochen Trainingsintervention, wo man 3 bis 4 mal die Woche solche Übungen
304 ins Training einstreut. „Die Dauer“ Also ich zum Beispiel hab's immer so gehalten das ich
305 versucht habe zu integrieren in zB Krafttrainingseinheiten im Sinne von einem Warm up
306 und dann ist es eher kurz gehalten und wenns dann als explizite Trainingseinheit ist quasi
307 Ergänzungstraining habe ich das bezeichnet, muss dies in einem ausgeruhten Zustand
308 sein, dann dauert solch eine Trainingseinheit eine halbe/dreiviertel Stunde oder vielleicht
309 auch eine Stunde mit entsprechenden Pausen dazwischen. Dh. pro Übungssequenz we-
310 nig Zeit, mit Abbruchkriterium ist qualitativ nicht mehr lösbar oder quantitativ nicht mehr
311 lösbar, dh. wenn ich sage das eine Reizreaktion sehr schnell kommt, nehmen wir als Bei-
312 spiel den Pezziball im Vierfüßler wieder und ich mehr einfach der fällt schon 3 mal runter
313 da brech ich das Ganze ding ab, weil ich mir Denke, das kann der offenbar nicht mehr
314 lösen, weil das ganze System ermüdet ist. Also das wir immer klar, ermüdungsfrei bei
315 Startzustand und dann schau wenn die Qualität verloren geht und die Kriterien nicht
316 mehr erfüllbar sind, die ich mir da setze, dann Abbruch. Also nicht so, dass ich sage das
317 darf 21 oder nur 10 Sekunden dauern oder es dürfen nur 5 Wiederholungen sein, eher zu
318 schauen auf qualitative Merkmale.

319 **Vom Muskelansteuerungseffekt oder von der Qualität der Muskelansteuerung was**
320 **gibt's aus der Praxis Training auf instabilem Untergrund wenn ichs isoliert betrach-**
321 **te oder Training auf stabilem Untergrund wo rein die Rumpfmuskulatur trainiert**
322 **wird?**

323 Diese Frage muss du mir nochmals genauer erläutern? Was verstehst du drunter, als
324 Beispiel?

325 Ich trainiere Rumpfkraft auf der einen Seite mit einem Wackelbrett im Vierfüßlerstand
326 und erreiche dadurch die Instabilität (obere oder untere Extremität) und zum Vergleich
327 vierfüßlerstand im Unterarmstütz auf dem Boden, isometrische Haltung wo auf dem Wa-
328 ckelbrett in Bezug auf die Aktivierung des Rumpfes. Welche Intention ist effektiver bezo-
329 gen auf die Muskelaktivität?

330 Ok für mich ist diese Frage insofern nicht ganz klar, weil wenn ich sage was ist die Quali-
331 tät dieser Muskelaktivität, der muss die Maximalkraft besser ableisten oder was sollte den
332 dadurch besser werden. Was wäre das Überprüfungsmedium um zu sagen, ja das ist besser
333 oder das ist besser.

334 **Maximalkraft**

Maximalkraft, ok, Dann würde ein Erklärungsmodell sein wenn es jemand ist, der diese Übungsform noch nicht kennt dann ist unter Umständen das Trainieren auf der instabilen Situation effizienter, weil er da mehr an maximaler Aktivierung aufbringen muss um die Situation unter Kontrolle zu haben als wie in der stabilen Situation kann man sagen der ist mit 70% der maximalen Aktivierungsfähigkeit, Muskulatur kann die Situation lösen, auf der instabilen braucht er aber 85 bis 90% um dies zu lösen. Also es ist logisch, dass dies für die Maximalkraft mehr Output bringen wird. Aber wenn dies jemand schon gut kann und sagt nein, nein es gut jetzt um das ökonomisieren, ums optimieren von Muskelanspannungen, das richtige reagieren auf die Situation, dann muss ich sagen gibt's eigentlich gar keinen Unterschied. Weil die Frage ist ja, was ist die Zielsetzung von einem Sensomotoriktraining. Maximalkraftverbesserung oder Optimierung, Ökonomisierung von Bewegungsverhalten.

Wie kann man eine muskuläre oder neuronale Verbesserung in der Praxis testen?

Für mich ist das Thema Kraft und Verbesserung eindeutig testbar, über Maximalkrafttests weil die Maximalkraft aus meiner Sicht immer die Leitgröße ist aller Krafterscheinungsformen. Thema neuronale Verbesserung, ok da gibt es jetzt verschiedenste Möglichkeiten, man könnte sagen man mach Schnellkrafttests weil da die neuronale Komponente viel mehr drinnen steckt oder man sagt eigentlich geht's dabei ums optimierte Ansteuern in schwierigen Situationen. Dies ist deshalb auch schwierig weil man sagt ein Einbeinstand auf einer instabilen Unterlage die Zeit zu messen ist für mich wenig Zielführend. Wenn dann würd ich es versuchen wieder zu überprüfen in sehr ähnlichen Situationen wie ich sie im Sport brauche.

Welche Materialien verwenden Sie in der Praxis für Gleichgewichtstraining?

Für mich ganz unterschiedlich, jegliche Form von instabiler Unterlage, das geht über das altbekannte Wackelbrett über verschiedene Qualitäten, Böden vom Steinboden bis hin zum Weichboden, denn geht's darum das Schuhwerk zu verändern. Das kann ein sehr stabiler Schuh sein oder ein instabiler, wo viel Dämpfung da ist, wäre für mich ein sehr instabiler Schuh, ein kraftheber Schuh wäre jetzt ein Beispiel für einen stabilen Schuh. Führt auch dazu, dass wenn man sich über den Skisport Gedanken macht, müssen diese auch mit Skischuhen trainieren und oder Barfuß trainieren. Dann kommen Sachen zum Einsatz wie diese Ganzen Sitzballkissen, Pezzibälle zum Einsatz, Slings zum Einsatz, die Slackline zum Einsatz. Im Prinzip immer wieder Mittel, die eigentlich überall hin transportierbar sind, weil das ist gerade für Konditionstrainer und Athletiktrainer ganz wichtig. Wann der Unterwegs ist, muss ich Sachen auch transportieren können.

Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuziehen/effizienter?

Da habe ich für mich eine ganz klare Haltung dazu, wesentlich ist zuerst einmal zu Differenzieren wie groß wäre die Herausforderung an den geführten Geräten, also dass heißt ich muss dies vergleichen können, wie hoch ist die Last, die auf das System einwirkt. Wenn ich jetzt ein Hypotrophietraining mache, an geführten Geräten, dann ist dies unter 100%iger Garantie effizienter als wie eine Kniebeuge mit eigenem Körpergewicht wenn es dann ums Thema Maximalkraft geht. Ich werde hier mit Trainingsintensität am Gerät mehr Zuwachs haben. Wenn ich aber sage ich habe die gleichen Lasten, Belastung von außen auf das System, dann überwiegt sicher die Effizienz in der freien Übungssituation, weil ich natürlich alle Freiheitsgrade stabilisieren muss, muss mich mit dem Thema Schwerkraft auseinander setzen, wenn ich als Beispiel die Beinpresse hernehme, wo dies nicht der Fall ist. Die freie Übungssituation ist hier sicherlich effizienter, auch wenns um Thema geht kinetische Ketten. Aber wenn ich sage, die Last ist nicht gleich, dann ist es ganz klar.

Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse und Ergebnisse sind noch offen zu diesem Thema?

Genau das was ich vorher für mich als kritischen Punkt sehe, ab wann wirkt ein Sensomotoriktraining so, wie wir es landläufig verstehen wollen. Nämlich als, da wird die Ansteuerung besser, die Aktivierung besser, was bedeutet das genau. Das ist das eine, weil nämlich das andere die Erfahrung zeigt für mich, wenn jemand mit einer Übung überfordert ist, spannt er einfach alles an was er zur Verfügung hat, dann hat dies natürlich einen Effekt. Aber dies ist nicht effizient, dies ist eine Reaktion auf eine völlige Überforderung, macht natürlich einen Krafttrainingseffekt weil er sagt ich spanne jetzt hier 10 mal 20 sec Vollgas an, dann ist dies fast wie ein Hypotrophietraining zu werten, unter Anführungszeichen. Aber dies ist ja nicht die Zielsetzung. Und dies wäre für mich wichtig, die Dinge auseinander zu halten, zu sagen, wo ist das Thema Lerneffekt versteckt, ab wann kann ich wirklich von dem Thema Sensomotoriktraining reden, oder wo versteckt sich dann das andere, der war ja nur überfordert und deshalb kommt ein besserer Maximalkraftwert hinten raus. Also für mich ist die Frage was misst man dann auch, um die Qualität des Sensomotoriktrainings zu überprüfen. Dürfte man laut meiner Meinung nach nicht Maximalkraftwerte ableiten, sondern man müsste ableiten wie reagiert jemand auf eine Situation die jemand im Sportalltag hat vor dem Training und nach dem Training über zum Beispiel Oberflächen EMG. Dies wären für mich solch Kriterien die noch wenig untersucht.

404

405 **Interview Mag. Erwin Reiterer**

406

407 **Welche Sportarten haben Sie bisher ausgeübt, vor allem ausgeübt?**

408 Leichtathletik professionell und Motorsport.

409 **Dh. Leichtathletik mit einer Professionalisierung?**

410 Genau, ich hatte damals die Möglichkeit 5 mal dem Training nach zu gehen

411 **Teilnahme an nationalen und internationalen Wettkämpfen?**

412 Korrekt

413 **Welche Sportart wird derzeit betrieben?**

414 Keine, ich halte mich selber nur fit am Slingtrainer.

415 **Wie wurde in der Sportart Leichtathletik die Rumpfmuskulatur damals trainiert?**

416 Das liegt bereits über 20ig Jahre her, wir haben noch klassischen Muskelaufbau gemacht,
417 dh. klassische Sit ups Serien und Rückenstreckertraining und wir machten damals schon
418 sogenanntes Muskelkettentraining. Und wir haben auch schon damals 2 mal die Wochen
419 Gleichgewichtstraining gemacht, man hat speziell den Hintergrund eines solchen Trai-
420 nings noch nicht so gekannt.

421 **Wie regelmäßig wurde die Rumpfmuskulatur trainiert?**

422 Rumpfmuskulatur sicherlich viermal die Woche.

423 **Wann haben Sie sich erstmals genauer mit dem sensomotorischen Training erst-**
424 **mals beschäftigt?**

425 2004 aufgrund der Informationen von Hans-Peter Maier

426 **Wann wurde das Fachwissen an Gesundheits- und Hobby/Leistungssportler/Innen**
427 **erstmal vermittelt.**

428 2005 habe ich es eingebaut, vermehrt im Unterricht und mit der Gründung von Slingtrai-
429 ning Austria 2010 intensiver.

430 **Welche Erwartungen hatte man damals an das Training in Bezug auf die Leistungs-**
431 **verbesserung?**

432 Das haben wir schon ziemlich genau gewusst, dass es Einfluss könnte im koordinativen
433 Stabilisationsprozess im Zusammenspiel von lokales und globaler Muskulatur und wir

434 haben schon ziemlich genau gewusst beim Training mit Menschen nachdem diese aus
435 einer Physiotherapie kommen, ist eine Verbesserung durch sensomotorisches schneller
436 gegeben.

437 **Mit welchen Personengruppen arbeiten Sie derzeit in der Praxis?**

438 Mit Leistungssportlern, einem Beachvolleyballduo

439 **Welchen Stellenwert hat sensomotorisches Training fürs Training, die Prävention**
440 **und die Rehabilitation?**

441 In der Rehabilitation in Zusammenarbeit mit der Physiotherapeut einen schmerzfreien
442 Zustand bekommen, damit in weiterer Folge ein sensomotorisches Training überhaupt
443 greift. In der Prävention sehe ich es als Muskelzusammenspieloptimierungsmaßnahme,
444 vor allem ich betone immer wieder bei diese hohen Kräften die bei Leistungssport entste-
445 hen, kann dies nur im Kontext mit Krafttraining zusammen gesehen werden. Also in der
446 Interaktion, sensomotorik Training alleine ist immer gut aber wie soll jemand die hohen
447 Kräfte tolerieren, wenn ich mit 105 km/h als Skifahrer durch Tore fahre zB, also sehe ich
448 als in Kombination mit Krafttraining und Sensomotorik. Im Krafttraining hat dies somit ei-
449 nen hohen präventiven Wert, weil ich dann mit meinem eigenen Körpergewicht mehr kon-
450 trollierte Bewegungen umsetzen kann, bei Stop and Go, Fußball, Handball.

451 **Ist diese Trainingsmethode ein wichtiges Thema für den Hobby- und Gesundheits-**
452 **sport?**

453 Auf alle Fälle vor allem noch dazu wenn man sich die alljährliche Statistiken des Arbeits-
454 marktes und auftretender Haltungsschäden ansieht, denn ich glaube die größten Ausfälle
455 am Arbeitsplatz beziehen sich auf Probleme mit dem Bewegungsapparat, auf die Wirbel-
456 säule und das Thema Back Pain damit verbunden soziale und psychische Belastungen
457 für die Personen.

458

459 **Wie ist Ihre Stellung zur Annahme, dass eine muskuläre Adaptation bei Training auf**
460 **instabilem Untergrund erfolgt?**

461 Im seine einer morphologischen Adaptierung, kaum, kann nicht funktionieren.

462 **Warum hat Training auf instabilem Untergrund einen effizienteren Muskelansteue-**
463 **rungseffekt als auf stabilem Boden**

464 Im Grundsatz zum Kontext Sensomotoriktraining von Erkenntnissen von Botanski und
465 Silvia Kollos wenn die Zeit und die einwirkende Größe die auf den Körper einwirkt unbe-
466 kannt ist wird in einem hohen Maß die lokalen Stabilisatoren aktiviert werden und dh.

467 übers Bewegungszittern, der Körper kennt sich nicht aus, dadurch kommt es zur Ansteue-
468 rung der lokalen Stabilisation. Das habe ich halt bei Übungen am Boden, wo ich Bewe-
469 gung führe und kontrolliere, sind die lokalen wenig aktiv und somit die Ansteuerung nied-
470 riger. Eventuell ist es beim Maximalkrafttraining, one repetition training so, dass auch lo-
471 kale Stabilisatoren mit einem hohen Maße angesteuert werden.

472 **Ist ein Trainingseffekt für die Reaktivkraft und Explosivkraft gegeben, wenn ja, wie**
473 **ist dies physiologisch erklärbar?**

474 Das ist eine gute Frage, kann ich nicht beantworten. Ich habe von einer Studie gehört die
475 in der Schweiz durchgeführt wurde, kann aber keine sichere Aussage zu dieser Frage
476 treffen, da ich diese nicht gelesen habe.

477 **Wird die postuläre Stabilität durch Gleichgewichtstraining verbessert?**

478 Ja

479 **Welche Strukturierung wenden Sie beim Sensomotoriktraining an, sprich Dauer,**
480 **Umfang und Häufigkeit pro Woche?**

481 2-3mal pro Woche für 20 bis 25 Minuten, es geht um das Ausmaß von Bewegungsmuster
482 das ich eine Repertoire zur Verfügung habe, sprich bewusste Erlernen von Bewegun-
483 gen/Übungen daher sollte eine Übung nicht länger wie 15 bis 20 sec dauern. Man sollte
484 nicht 25 Sekunden überschreiten, aufgrund der kortikalen Ermüdung. Eine bis eineinhalb
485 Minuten Pause dazwischen.

486 **Wann merkt hier der Patient/Sportler eine Verbesserung?**

487 Patient kann ich schwer sagen, da ich mich in diesem Segment nicht bewege; meistens
488 Sport es der Sportler so explizit nicht, nur es kann ja in die Richtung gehen dass er die
489 Anweisungen des Trainers spürbar wahrnehmen kann, man kann jetzt nicht sagen, dass
490 man dadurch eine verbesserte Stabilität spürt, dies ist glaube ich, was was man nicht
491 spürt. Schwer zu beantworten, wenn der spürbare Effekt eintritt.

492 **Wie würden Sie Hobbysportler/Innen trainieren, damit Ihre Rumpfmuskulatur erhöht**
493 **wird?**

494 Für mich ist das ganz klar, habe ich in meiner Dissertation ganz klar dargelegt, wenn ich
495 eine untrainierte Person habe, die kann ja keine Sit ups etc. machen, hier ist der einfachs-
496 te Weg über Sensomotoriktraining zu beginnen, wo ich von lokalen und globalen Stabili-
497 satoren das Zusammenspiel verbessern kann. Dann sehe ich den Weg die Grundkraft zu
498 erhöhen, das soll heißen bevor ich über Muskelketten arbeiten kann, muss ich ja eine
499 jeweilige Kraft in den einzelnen Muskeln entwickelt haben um die Muskelketten miteinan-
500 der ansteuern zu können als 3 Säule sehe ich eine konditionelle Rumpf- und Stützkraft-

501 entwicklung und als 5 Stufe, im Hochleistungssport, eine exzentrische Rumpf- und Stütz-
502 kraftentwicklung. Umfang und Dauer 3 mal die Woche mit je Übung 15 bis 20 sec über 20
503 Minuten.

504 **Wie kann man eine muskuläre und neuronale Verbesserung in der Praxis testen?**

505 Meiner Meinung nach nur über den Kernspintopografen, andererseits merke ich doch im-
506 mer, wenn man versucht bei Übungen am Slingtrainer zb ventrale Ketten mit den Unter-
507 armen im Sling Trainer stützen und die neutral Position verlangt vom Athleten oder Pati-
508 enten, dass sowohl Physios dabei bemerken ob ein Segment aktiv ist oder nicht. Insofern
509 wenn ich die neutrale Position nicht halten kann und ich kippe in ein Segment weg, dann
510 kann man eigentlich nicht annehmen, dass hier die lokalen Stabilisatoren wirksam sind.

511 **Welche Materialien verwenden Sie beim Gleichgewichtstraining?**

512 Slingtrainer, doppelt verspannte Slackline, Slacktrainer wird das jetzt bezeichnet, auf je-
513 den Fall zusammengerollte Airexmatten, alles was einfach zum Transportieren ist.

514 **Ist ein Training mit eigenem Körpergewicht und großer Bewegungsradien einem**
515 **Training an geführten Gerätschaften im Hobby/Gesundheitssport vorzuzie-**
516 **hen/effizienter?**

517 Nein, umgekehrter Fall ich würde die Maschinen bevorzugen, feindosiert und geführt kann
518 ich hier arbeiten, im freien Bewegungsradius ist dies schwierig, daher kann ich mir am
519 Anfang ein Krafttraining ohne Maschinen nicht vorstellen.

520 **Welche wissenschaftlichen Erkenntnisse und Ergebnisse sind noch offen zu die-**
521 **sem Thema?**

522 Fällt mir nichts ein.

Curriculum Vitae

Persönliche Daten

Name: Andreas Mistelbauer-Obernberger, Bakk.rer.nat.
Geburtsdaten: 20. 06. 1980, Amstetten
Kontakt: andreas@teamobernberger.at

Ausbildung

2007 – 2013 Studium der Sportwissenschaften, Universität Wien
2010 – 2012 Fortbildung Sportphysiotherapie, SPT Education Salzburg
2009 – 2010 Staatl. geprüfter Wakeboardinstructor
2009 – 2010 Ausbildung medizinische Trainingstherapie Sling Training Austria
2007 – 2008 Staatl. geprüfter Mountainbikeinstructor
2006 Studienberechtigungsprüfung Universität Wien
1994 – 1997 Handelsschule Ybbs an der Donau
1990 – 1994 Sporthauptschule Ybbs an der Donau
1986 – 1990 Volksschule Ybbs an der Donau

Berufliche Laufbahn

2008 – 2013 Sportwissenschaftliche und sporttherapeutische Tätigkeit
Regenerationscenter und Kurbetriebs GmbH, Ybbs an der Donau
2011 – 2013 Athletiktrainer und Sporttherapeut nationaler Wakeboardkader
2013 Athletik – und Individualtrainer LAZ Wieselburg, NÖ Fußballverband
2009 – 2012 Moderator Gesunde Schule NÖ
2009 – 2012 Bewegungsbeauftragter Projekt Vorsorge Aktiv, Standort Ybbs/Donau
1999 – 2006 Firmenkundenbetreuer Sparkasse NÖ Mitte West AG

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst habe und nur die ausgewiesenen Hilfsmittel verwendet habe. Diese Arbeit wurde daher weder an einer anderen Stelle eingereicht (z.B.: für andere Lehrveranstaltungen) noch von anderen Personen (z.B.: Arbeiten von anderen Personen aus dem Internet) vorgelegt.

Wien, im November 2013

Andreas Mistelbauer-Obernberger, Bakk.rer.nat.