

Ein integratives Trainingskonzept zur Verletzungsprophylaxe im Handball

Eine prospektive kontrollierte Interventionsstudie

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
des Doktors der Sozialwissenschaften an der Universität Konstanz

Fachbereich Soziologie und Geschichte

vorgelegt von

Sandra Rebholz

Tag der mündlichen Prüfung: 23.02.2010

Referent: Prof. Dr. Hartmut Riehle

Referent: Prof. Dr. Alexander Woll



SANDRA REBOLZ

Ein integratives Trainingskonzept zur Verletzungsprophylaxe im Handball

Eine prospektive kontrollierte Interventionsstudie

Problemstellung: Aktuelle Statistiken zu Sportverletzungen zeigen, dass Handball zu den verletzungsträchtigsten Sportarten zählt. Die topographische Verteilung der Verletzungen zeigt die starke Gefährdung der unteren Extremität. Eine aktive Unterstützung der stabilisierenden Strukturen zur Absicherung der Gelenksysteme ist zur Verletzungsprophylaxe unerlässlich. Propriozeptive Übungen werden bislang allenfalls additiv als eigenständige Maßnahmen neben dem sportartspezifischen Training genutzt. In der vorliegenden Studie wurden propriozeptive Trainingsmaßnahmen in handballspezifische Übung eingegliedert, um so zu einer Reduktion der Verletzungsinzidenz der gefährdeten unteren Extremität beizutragen. Auf diese Weise wird der Trainingsumfang nicht gesteigert. Ziel der Studie war festzustellen, ob sich ein integratives handballspezifisches Propriozeptionstraining im leistungsorientierten Trainingsalltag etablieren kann (Compliance) und welche Auswirkungen es auf subjektives Stabilitätsempfinden und Verletzungsinzidenz der unteren Extremität hat.

Methodik: Sechs Damen-Regionalliga-Teams (n=59) wurden randomisiert in eine Interventions- (IG; n=38) und eine Kontrollgruppe (KG; n=21) eingeteilt. Die Spielerinnen der IG nahmen in der Saison 2007/2008 an einem achtwöchigen integrativen Trainingsprogramm teil. In die reguläre Sportpartizipation wurden, durch eine interaktive Übungs-CD angeleitet, propriozeptive Trainingsreize integriert, während die KG ausschließlich handballspezifisch trainierte. Die Zielparameter wurden durch ein Prä-Post-Studiendesign erhoben. Als Messinstrumente der Hauptzielparameter dienten für die Verletzungsinzidenz ein Telefon-Interview, für das subjektive Stabilitätsempfinden die modifizierte Borg Skala, für die Compliance ein Trainer- und Spielerfragebogen und für die Gleichgewichtsfähigkeit die Posturographie. Zusätzlich testete ein handballspezifischer Koordinationstest die sportmotorischen Auswirkungen als möglichen Nebeneffekt eines sensomotorischen Trainings.

Ergebnisse: In der IG konnte die Anzahl an Verletzungen der unteren Extremität von 36 in der Kontrollsaison (06/07) auf 14 in der Interventionssaison (07/08) verringert werden. Die signifikante Reduzierung der Verletzungsanzahl gegenüber der KG ($Z = -2,06$; $p = .039$) sichert die Effektivität des vorliegenden integrativen Propriozeptionstrainings. Die signifikante Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens der IG lässt sich statistisch nicht mit Sicherheit auf das integrative Konzept zurückführen. Die Compliance wird durch die kontinuierliche Durchführung des integrativen Propriozeptionstrainings über acht Wochen sowie den Anspruch von Trainern und Spielerinnen das Interventionsprogramm weiterhin zu nutzen bestätigt.

Ausblick: Die Studie bestätigt die Wirksamkeit des integrativen Propriozeptionstrainings. Die modifizierten Übungen der Trainings-CD tragen bei regelmäßiger Anwendung von lediglich zwei Übungen pro Einheit zur Verletzungsprophylaxe bei. Der Transfer des vorliegenden Konzepts in weitere Ballsportarten ist denkbar und könnte so eine größere Anzahl von Sportlern vor Verletzungen der unteren Extremität schützen.

SANDRA REBHLZ

An integrative training concept to prevent injuries of handball players

A prospective controlled intervention study

Objective: Current statistics on sport injuries illustrate that handball is among the sports with the highest rates of injury. The topographic allocation displays the high threat of the lower extremities. Active support of the stabilising structures to secure the joint system is indispensable in order to prevent players from injuries. Up to now proprioceptive exercises are used in addition to sport specific training as a self-contained treatment at the most. In the intervention program of this study, proprioceptive training stimuli are integrated into handball-specific exercises to reduce the risk of injury. This ensures that the amount of training time does not increase. The aim of this study was to declare if an integrative handball-specific proprioception training can be established within a performance-orientated training routine in competitive sport teams and to determine the impact of the intervention program upon the incidence of injuries of the lower extremities and on the subjective perception of stability.

Methods: Six female handball-teams ($n=59$) of the German Regionalliga (Division III) were randomly divided into an intervention ($n=38$) and a control group ($n=21$). The players of the intervention group took part in an eight week integrative training program in the 2007/2008 season. Throughout this time the trainer integrated proprioceptive training stimuli into conventional sport specific exercises, guided by an exercise CD. The trainers of the control group planned their training sessions as per usual. The outcome measures were gathered through a pre-post-test study design. Measuring instruments for the primary outcome measures were a telephone interview for the injury incidence of the lower extremities, the modified Borg scale for the subjective perception of stability, a trainer and player questionnaire for the compliance and a posturographic test for the balance. Additionally a handball-specific coordination test measured effects of proprioceptive training on motor function as a secondary outcome measure.

Results: Injuries of the lower extremities in the intervention group could be reduced from 36 to 14 from control season (2006/2007) to intervention season (2007/2008). The statistically significant reduction of the number of injuries compared to the control group ($Z = -2,06$; $p = .039$) proves the efficacy of the developed integrative proprioception training. There was a significant improvement of subjective stability in the intervention group, though this result can not be traced back definitively to the intervention program. The trainer and player compliance with the integrative proprioception training was statistically affirmed.

Conclusion: This study confirms the efficacy of integrative injury prevention training. The modified exercises on the exercise CD, if continuously practiced twice a week, make a significant contribution to injury prevention for handball players. Transfer of the specific prevention program into other team sports is possible and desirable.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	4
2 Theoretische Grundlagen und Stand der Literatur.....	6
2.1 Terminologie	6
2.1.1 Propriozeption.....	6
2.1.2 Propriozeptive Training	7
2.2 Physiologische Grundlagen.....	9
2.2.1 Rezeptoren	9
2.2.1.1 Hautrezeptoren	10
2.2.1.2 Gelenkrezzeptoren.....	12
2.2.1.3 Muskelrezeptoren.....	14
2.2.2 Der Vestibularapparat.....	17
2.2.3 Die Gleichgewichtsfähigkeit.....	19
2.2.4 Motorik	22
2.2.4.1 Afferente Bahnen	22
2.2.4.2 Rückenmark	23
2.2.4.3 Hirnstamm.....	23
2.2.4.4 Kleinhirn	23
2.2.4.5 Basalganglien.....	24
2.2.4.6 Kortex	24
2.2.4.7 Efferente Bahnen	25
2.3 Anwendungsorientierte sportwissenschaftliche Forschung.....	26
2.3.1 Gelenk- und Standstabilität.....	26
2.3.2 Studien auf reflektorischer Ebene.....	27
2.3.3 Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit	28
2.3.4 Verletzungsstatistik im Handball	29
2.3.5 Unfallmechanismen und Verletzungsursachen	30
2.3.6 Topographie von Verletzungen.....	32
2.3.7 Präventionsprogramme.....	33
2.3.7.1 Ballsportarten	34
2.3.7.2 Handballspezifisch	39
2.4 Ziele propriozeptiven Trainings	47
2.5 Handballspezifisches integratives Propriozeptionstraining.....	49
2.5.1 Trainingswissenschaftliche Grundlagen	49

2.5.1.1	Ausführungsqualität der Grundposition.....	49
2.5.1.2	Methodisch-didaktische Grundlagen.....	50
2.5.1.3	Sportartspezifische Anpassung.....	54
2.5.1.4	Belastungsparameter	54
2.5.1.5	Compliance	55
2.5.2	Konzeption des Interventionsprogramms (Übungs-CD)	56
2.6	Zusammenfassung und Hypothesenbildung	59
3	Empirische Untersuchung	61
3.1	Stichprobe	63
3.2	Intervention.....	65
3.3	Datenerhebung.....	68
3.3.1	Fragebogen-Erhebung.....	69
3.3.2	Posturographie.....	69
3.3.2.1	Single-Statik-Test.....	70
3.3.2.2	Dynamischer Sprungtest.....	71
3.3.2.3	Modifizierte Borg Skala	72
3.3.3	Handballspezifischer Koordinationstest.....	73
3.3.4	Telefon-Interview	74
3.4	Datenauswertung	75
4	Ergebnisse.....	76
4.1	Verletzungshistorie bis zum ersten Messzeitpunkt.....	77
4.1.1	Verletzungshäufigkeit.....	77
4.1.2	Verletzungsursachen	78
4.2	Verletzungsinzidenz	80
4.2.1	Verletzte Spielerinnen.....	82
4.2.2	Verletzungsanzahl	84
4.2.3	Sprunggelenksverletzungen	86
4.2.4	Kniegelenksverletzungen.....	88
4.2.5	Ausfalldauer.....	90
4.2.6	Verletzungsursachen	91
4.3	Subjektives Stabilitätsempfinden.....	94
4.3.1	Zusammenhänge mit Verletzungen.....	96
4.4	Erwartungen und Compliance	98
4.5	Gleichgewichtsfähigkeit	101
4.5.1	Single-Statik-Test.....	101

4.5.2	Dynamischer Sprungtest.....	103
4.6	Koordinationsfähigkeit	105
4.7	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	107
5	Diskussion	109
5.1	Hauptzielparameter	109
5.1.1	Verletzungsinzidenz.....	109
5.1.1.1	Sprunggelenksverletzungen.....	110
5.1.1.2	Kniegelenksverletzungen	110
5.1.1.3	Unterschiedliche Effekte an Sprung- und Kniegelenk.....	111
5.1.1.4	Ausfalldauer	112
5.1.1.5	Verletzungsursachen	112
5.1.2	Subjektives Stabilitätsempfinden	114
5.1.3	Compliance	115
5.2	Nebenzielparameter	118
5.2.1	Gleichgewichtsfähigkeit	118
5.2.2	Koordinationsfähigkeit.....	121
5.3	Zusammenfassung der Diskussion	123
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	125
7	Literaturverzeichnis	128
	Abbildungsverzeichnis.....	143
	Tabellenverzeichnis.....	146
	Anhang.....	149

1 Einleitung

Seit dem Weltmeistertitel der deutschen Männernationalmannschaft 2007 hat der Handballsport zunehmend an Popularität gewonnen. Zudem zeigen sich in den letzten Jahren auch spielerisch und taktisch neue Entwicklungen. In den letzten Jahren hat das Spiel deutlich an Schnelligkeit, Dynamik, Kraft und Athletik gewonnen. Diese Tendenz macht den Sport einerseits attraktiver und spannender, birgt aber anderseits ein höheres Verletzungsrisiko für die Athleten¹ (Leidinger, Gast & Pförringer, 1990). Unter Umständen reichen die passiven Strukturen nicht aus, um die Gelenksysteme ausreichend zu stabilisieren (Steele, 1999). Überschreitet die externe Krafteinwirkung die Mittel der gelenkstabilisierenden Muskulatur, tritt eine Verletzung auf (Gruber, 2007; Schlumberger & Eder, 2001). Bei der Gelenkstabilisierung im Sport kommen hauptsächlich unbewusste Mechanismen zum Tragen. Die Integration der sensorischen Rückmeldungen bildet die Grundlage für die Bewegungskontrolle (Gollhofer, Granacher Taube, Melnyk et al., 2006). Versagen diese unbewussten Mechanismen, so treten vor allem im Handballsport häufig Verletzungen der unteren Extremität auf. Demzufolge rangiert Handball hinter Fußball auf Platz zwei der Unfallsportarten (Henke, 2003). Dies liegt zum einen daran, dass es sich um eine Kontakt sportart handelt, bei der die direkte Einwirkung eines Gegners ein hohes Verletzungsrisiko birgt. Zum anderen beinhaltet diese dynamische Sportart gefährliche Spielsituationen wie das Landen nach einem Sprung, das plötzliche Abstoppen und Drehbewegungen (Teitz, 2000). Sprung- und Kniegelenk gehören deshalb zu den am häufigsten verletzten Strukturen im Handball. Diese können zu langen Spiel- und Trainingspausen sowie langfristig degenerative Veränderungen der betroffenen Gelenksysteme einleiten. Die starke Gefährdung der unteren Extremität offenbart Handlungsbedarf für die Trainingspraxis. Dabei lassen sich vorwiegend die verletzungsträchtigen Situationen beeinflussen, bei denen das Verletzungsrisiko ohne Fremdeinwirkung zustande kommt (Schlumberger &

¹ Zur besseren Lesbarkeit und da die Primärliteratur meist keinen Aufschluss darüber gibt, ob es sich um weibliche oder männliche Personen handelt, wird in dieser Arbeit auf die explizite Nennung beider Geschlechter verzichtet, sie sind jedoch gemeint.

Eder, 2001) Eine aktive Unterstützung der stabilisierenden Strukturen zur Absicherung der Gelenksysteme ist dringend notwendig (Bruhn, 2003). In den letzten Jahren wurde jedoch der Prävention von Verletzungen wenig Aufmerksamkeit geschenkt, obwohl es scheint, dass ein großer Anteil schwerer Verletzungen auf eine ungenügende muskuläre Gelenkkontrolle zurückzuführen ist (Gollhofer et al., 2006). Das in diesem Projekt thematisierte Propriozeptionstraining war bisher lediglich Bestandteil von Rehabilitationsprogrammen nach Verletzungen, die Prävention bestand größtenteils aus passiven orthopädischen Stützhilfen (Tapes, Bandagen, Orthesen). Zudem wurden propriozeptive Übungen als isolierte, eigenständige Therapiemaßnahmen neben den eigentlichen Trainingsmaßnahmen durchgeführt. Das vorliegende Projekt integriert propriozeptive Reize in einzelne handballspezifische Übungen, um so zu einer Reduktion der Verletzungsinzidenz der stark gefährdeten unteren Extremität beizutragen. Dabei versteht sich das ausgearbeitete Trainingsprogramm als integratives Konzept innerhalb eines auf Verletzungsprophylaxe ausgerichteten Handballtrainings. Für eine nachhaltige Compliance ist es sinnvoll propriozeptive Reize einzugliedern, ohne die eigentliche Trainingsintention zu vernachlässigen. Auf diese Weise werden Trainingszeit und -maßnahmen doppelt genutzt und verletzungsprophylaktisch umgesetzt.

2 Theoretische Grundlagen und Stand der Literatur

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Begriffsproblematik „Propriozeption“ aufgearbeitet und die Bedeutung von Propriozeption im Sport verdeutlicht. Es wird ein Überblick über physiologische Grundlagen und anwendungsorientierte Forschung zur Propriozeption gegeben. Daraus ergibt sich die Forderung nach einem sportartspezifischen integrativen Trainingskonzept. Aus den trainingswissenschaftlichen Grundlagen zur Erstellung eines solchen Präventionsprogramms entsteht die im Interventionsprogramm verwendete Übungs-CD.

2.1 Terminologie

2.1.1 Propriozeption

Der Begriff „proprioception“ stammt von dem britischen Neurophysiologen und Nobelpreisträger Sir C. S. Sherrington (1859 – 1952) (Lephart, Riemann & Fu, 2000). Er beschreibt die Wahrnehmung der Bewegung eines Körpers einschließlich der Raumorientierung. Gegenwärtig wird Propriozeption mit „Eigenempfindung“ übersetzt und setzt sich aus den Wortstämmen „Rezeption“ für „Empfindung“ und dem lateinischen Wort „proprius“, was soviel bedeutet wie „ausschließlich/eigen“, zusammen (Loosch, 1999). Nach Meinung einiger Wissenschaftler gibt es keine treffende und allgemeingültig akzeptierte Definition von Propriozeption (Beard, Kyberd, Fergusson & Dodd, 1994; Biedert, Müller, Lobenhoffer, Lattermann et al., 1998; Quante & Hille, 1999). Quante und Hille (1999) beschreiben eine Annäherung an eine Definition

Propriozeption ist ein Sinnessystem, das die bewußte [sic] und unbewußte [sic] Verarbeitung afferenter Information über Gelenkstellung, -bewegung und -kraft durch das Zentralnervensystem darstellt. (Quante & Hille, 1999, S. 306)

Dabei ermöglicht der Stellungssinn die Wahrnehmung der Gelenkpositionen und die Haltung im dreidimensionalen Raum (Gruber, 2001). Der Bewegungssinn informiert über Richtung und Geschwindigkeit einer Bewegung (Jerosch, 2007). Der Kraftsinn vervollständigt die Untermodalitäten der Propriozeption und schätzt das benötigte Ausmaß an Muskelkraft ab (Jerosch, 2007). Für Zantop (2003, S. 500) ist Propriozeption zudem „die sensorische Quelle für Informationen, die die neuromuskuläre Kontrolle eines Gelenks ermöglichen“ und kann durch Voraktivierung der entsprechenden Strukturen schon vor

Einsetzen des destabilisierenden Auslösers dazu beitragen das Gelenk zu schützen.

Allgemeine Einigkeit besteht in der Literatur darüber, dass Propriozeption ausschließlich die Aufnahme und Verarbeitung von Reizen in ein neuronales Signal beschreibt. Dieses wird dem zentralen Nervensystem zur Verfügung gestellt (Lephart et al., 2000). Aus diesem Grund wird das propriozeptive System als der afferente Teil des sensomotorischen Systems bezeichnet (Gruber, 2001).

Das sensomotorische System verbindet die propriozeptiven, vestibulären, taktilen und visuellen Afferenzen mit der efferenten Antwort. So regelt es über eine Vielzahl von verschalteten Strukturen die Bewegungsausführung (Laube, 2005). Durch das komplexe Zusammenspiel von Sensorik und Motorik sind zielgerichtete Bewegungsabläufe möglich. Diese Interaktion wird Sensomotorik genannt (ten Bruggencate & Dieringer, 2005).

2.1.2 Propriozeptives Training

Der Begriff „Propriozeptives Training“ wird in der Sportpraxis, im Vergleich zur Ursprungsdefinition von Sherrington, um den taktilen und vestibulären Analytator ergänzt (Bruhn, 2009). Auf diese Weise wird Propriozeption umfassender und beinhaltet neben der sensorischen Reizaufnahme auch Weiterleitung, Verarbeitung und motorische Ansteuerung.

Synonym werden in der aktuellen Literatur auch die Begriffe sensomotorisches Training, Balancetraining, Stabilisationstraining und koordinatives Training verwendet. Diesen Übungs- und Trainingsformen sind lediglich das Trainingsziel – die Aufrechterhaltung bzw. Verbesserung der funktionalen Gelenkstabilität gemein (Riemann & Lephart, 2002). So definieren sie unterschiedliche Trainingsaspekte wie Inhalte, Trainingsziele und spezifische Beanspruchung (Bruhn, 2003) und werden im Folgenden näher erläutert. Das sensomotorische Training beinhaltet alle Sinnesmodalitäten – „sensorisch“ - die für die Gelenkstabilisierung und posturale Kontrolle erforderlich sind (Bruhn, 2009). Außerdem implementiert der Begriff „motorisch“ die Leistungsverbesserungen der motorischen Ansteuerung. Balancetraining beschreibt die Tätigkeit während des Trainings, während Stabilisationstraining in der Literatur gleichbedeutend mit propriozeptivem Training verwendet wird (Bruhn, 2009). Das

sensomotorische Training schließt so die Gesichtspunkte des propriozeptiven Trainings, Stabilisations- und Balancestrainings ein.

Sensomotorisches Training (SMT) ist die Gesamtheit ALLER Maßnahmen zur Erzeugung und Manipulation sensorischer Wahrnehmungen mit dem Ziel, die motorische Ansteuerung zu optimieren! (Bruhn, 2009, S. 11)

Es wird deutlich, dass dem Begriff „sensomotorisches Training“ eine sehr weite Definition zugrunde liegt, da er nahezu alle Bewegungen der Motorik impliziert (Bruhn, 2009). Aus diesem Grund kann er mit dem Begriff Koordination gleichgesetzt werden. Sie wird als Basis aller Leistungen des sensomotorischen Systems bezeichnet und beinhaltet verschiedene Fähigkeiten (vgl. Abbildung 1). Bei den Koordinationsfähigkeiten handelt es sich nach Schnabel, Harre, Krug und Borde (2003, S. 126) um

eine Klasse motorischer Fähigkeiten, die vorrangig durch die Prozesse der Bewegungsregulation bedingt sind und relativ verfestigte und generalisierte Verlaufsqualitäten dieser Prozesse darstellen.

In der vorliegenden Arbeit werden die angewandten Trainingsformen als propriozeptives Training bezeichnet, da sich in der englischsprachigen Forschung bislang kein anderer Begriff etablieren konnte (Bruhn, 2003). Gleichzeitig werden die Übungsformen auch als sensomotorisches Training, Stabilisations- und Balancetraining bezeichnet, da keine Einigkeit in der Forschung besteht und die genannten Trainingsformen meist synonym verwendet werden.

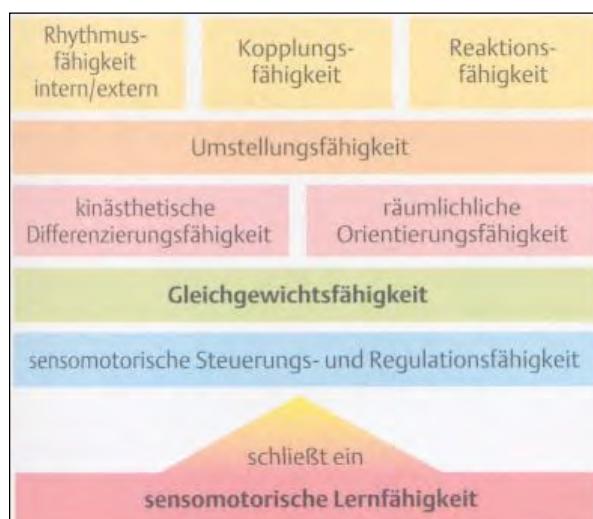


Abb.1. Koordinationsfähigkeiten (Laube, 2008, S. 25)

2.2 Physiologische Grundlagen

Um die Wirkungsweise eines propriozeptiven Trainings nachvollziehen zu können, werden im folgenden Abschnitt die zugrunde liegenden physiologischen Hintergründe erläutert.

Das sensomotorische System ist die Grundlage für eine zielgerichtete Bewegungsgestaltung. Dazu gehört das Zusammenspiel von unterschiedlichen Rezeptoren, dem Zentralnervensystem und den Muskeln, die Informationen in Bewegung umsetzen (Bruhn, 2001) (vgl. Abbildung 2).

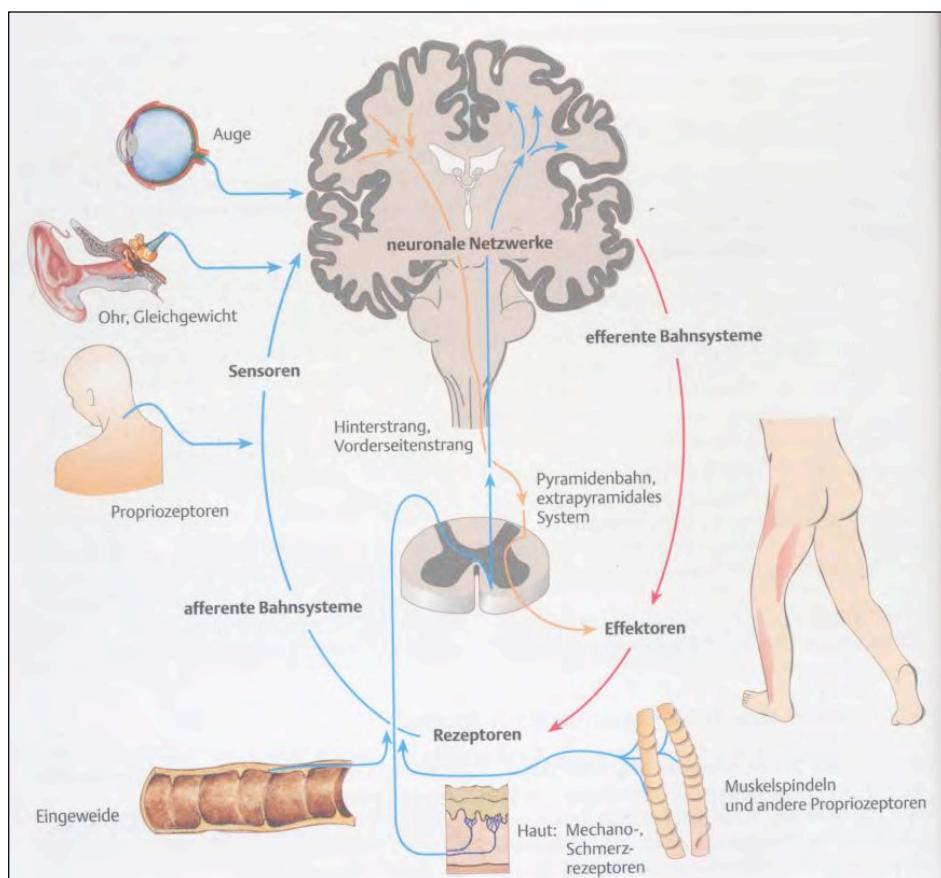


Abb.2. Anatomische Strukturen des sensomotorischen Systems und ihre Verknüpfungen (Laube, 2008, S. 4)

2.2.1 Rezeptoren

Die Reize, die im Alltag auf unseren Körper treffen, beeinflussen unsere Sinnesorgane. Deshalb werden sie Sinnesreize genannt. Auf die peripheren Sinnesorgane wird nicht nur bewusst - also durch das Zentralnervensystem - zurückgegriffen, sondern es fließt ein ständiger Informationsstrom, welcher nur beschränkt bewusstseinsfähig ist. Die Wahrnehmungsqualität lässt sich nach

Bruhn (2009) in Interozeption bzw. Viszerozeption, Exterozeption und Propriozeption gliedern. Die Exterozeptoren nehmen Reize, die auf unsere Körperoberfläche treffen und Reize aus der Außenwelt, wahr. Die Interozeptoren informieren uns über den Zustand der inneren Organe. Zu den Propriozeptoren zählen im engeren Sinn Gelenk-, Muskel- und Sehnenrezeptoren. Sie informieren über Muskellänge, Sehnendehnung, Gelenkstellung und die Bewegungsqualität. In dieser Einordnung fehlen Gleichgewichts- und Tastsinn, obwohl sie einen hohen Stellenwert bei der Standstabilisation im propriozeptiven Training darstellen. Dies wird durch zahlreiche Studien bestätigt (Alt, Lohrer & Gollhofer, 1999; Barett, Tanji, Drake, Fuller et al., 1993; Bruhn & Gollhofer, 2002; Konradsen, Beynnon & Renström, 2000; Lephart, Kocher, Fu, Borsa et al., 1992; Lohrer, Alt & Gollhofer, 1999). Außer Acht gelassen wird außerdem die Information der Augen. Deren Bedeutung bei der Standstabilisation (Ouchi, Okada, Yoshikawa, Nobezawa et al., 1999) lässt sich mit Hilfe des Romberg-Tests mit geschlossenen Augen verdeutlichen. Dieser führt zu schlechteren Testergebnissen.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Standstabilisation neben rein propriozeptiven auch taktile, vestibuläre und visuelle Informationen nutzt (Bruhn, 2009). Um die unterschiedlichen Betrachtungsweisen von Struktur und Funktion zu umgehen, werden die Rezeptoren im folgenden Abschnitt nach ihrer Lokalisation eingeteilt. Es werden Haut-, Gelenk-, Muskel- und Sehnenrezeptoren, der Vestibularapparat, das visuelle System und der Gleichgewichtssinn beschrieben. Erst die komplexe Interaktion der genannten Rezeptorsysteme kann ein ausgiebiges Feedback aus der Körperperipherie vermitteln (Farrell & Smith, 1987).

2.2.1.1 *Hautrezeptoren*

Da die Haut sehr viele Rezeptoren besitzt, vermittelt sie eine Vielzahl von Informationen an das Zentralnervensystem. Dazu gehören die mechanischen Einflüsse wie Druck, Berührung und Vibration, des Weiteren thermische Einflüsse wie Wärme und Kälte und auch Schmerzempfindung (z.B. stechender, stumpfer Schmerz). So liefert der taktile Analysator

Informationen über die Verarbeitung der Druckverhältnisse auf der Hautoberfläche und die Orte der Berührung des Körpers mit anderen Objekten wie etwa der Unterlage. (Gabel, 1984, S. 131)

Die Anzahl der Hautrezeptoren schwankt sehr stark je nach Körperregion. „In den Fingern befinden sich beispielsweise mehr Rezeptoren als in den Beinen und im Rumpf zusammen“ (Bizzini, 2000, S. 33). Das hängt damit zusammen, dass die Hände eine wichtige „sensorische Erforschungsaufgabe“ besitzen (Leonard, 1998). Für einige Autoren spielen die Mechanorezeptoren der Haut, im Vergleich zu den Muskelspindeln keine so große Rolle für den Bewegungs- und Stellungssinn (Clark, Horch, Bach & Larson, 1979; Grigg, 1994; Gandevia & McClosky, 1976; Gruber, 2001; Macefield, Gandevia & Burke, 1990). Die Hautrezeptoren an der Fußsohle dagegen sind sehr dicht gestaffelt (vgl. Abbildung 3), reagieren auf jede Druckveränderung und erfüllen deshalb mehrere Funktionen: In Verbindung mit dem visuellen Analysator sind die Mechanorezeptoren im Fersenbereich zuständig für die aufrechte Körperhaltung (Gruber, 2001), die Kontrolle über Körperschwankungen und die Gleichgewichtsverteilung auf der Fußsohle (Bizzini, 2000). Letzteres hat eine große Bedeutung für die Koordination des Körpers auf verschiedenen Unterlagen, was in der vorliegenden Untersuchung eine erhebliche Rolle spielt.

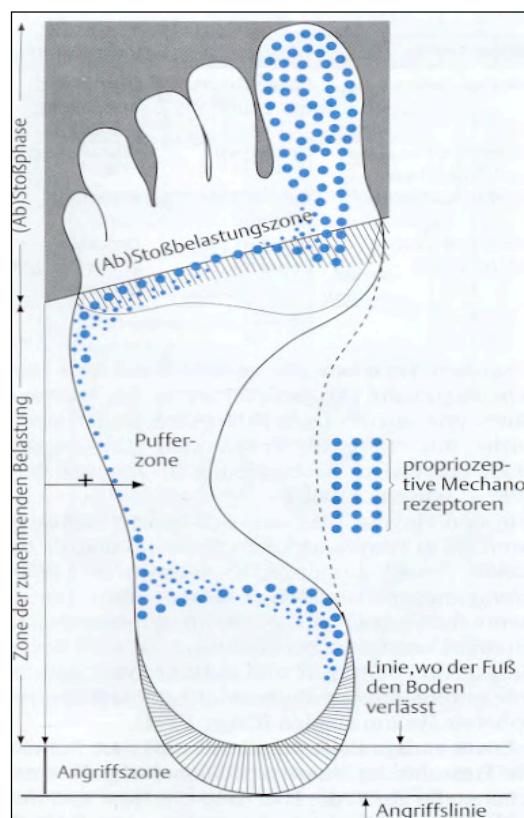


Abb.3. Verteilung der Mechanorezeptoren an der Fußsohle (Bizzini, 2000, S. 34)

2.2.1.2 Gelenkrezeptoren

Gelenkrezeptoren sind Mechanorezeptoren, die sich in den Strukturen des Gelenkweichtilmantels befinden. Sie melden jede Gelenkbewegung, Gelenkstellung und Änderung der Gelenkposition an das Zentralnervensystem. Bereits seit 1944 erforschen Wissenschaftler die Gelenkinnervation, wobei Freeman und Wyke (1967) das bekannteste Sensorenschema des Gelenks aufgestellt haben. Ihre Einteilung der Gelenkrezeptoren in drei Hauptleitungsbahnen (Posterior Articular Nerve, Medial Articular Nerve, Lateral Articular Nerve), die z.B. das Kniegelenk versorgen, hat bis heute bestand (Gruber, 2001). Freeman und Wyke (1967) beschrieben zunächst die Knieinnervierung bei der Katze, wobei weitere Studien am menschlichen Knie die Innervierung über diese drei Nervenbahnen bestätigten (Barrack & Skinner, 1990; Grüber, Wolter & Lierse, 1986; Wagner & Schabus, 1982). Das Sensorenschema beschreibt vier Rezeptorentypen des Kapsel-Band-Apparates (vgl. Abbildungen 4 und 5), wobei sich das Golgi-Sehnenorgan sowohl in den Ligamenten als auch in den Sehnen befindet. Die verschiedenen Rezeptorentypen werden auch oft als Ruffini-Endigungen oder -Körperchen, Pacini- oder Vater-Pacini-Körperchen, Golgi-Sehnenorgan-Endigungen und freie Nervenendigungen oder Nozizeptoren bezeichnet (Schultz, Miller, Kerr & Micheli, 1984; Zimny, Schutte & Dabezies, 1986; Schutte, Dabezies, Zimny & Happel, 1987; Johansson, Sjölander & Sojka, 1991; Haus, Halata & Refior, 1992).

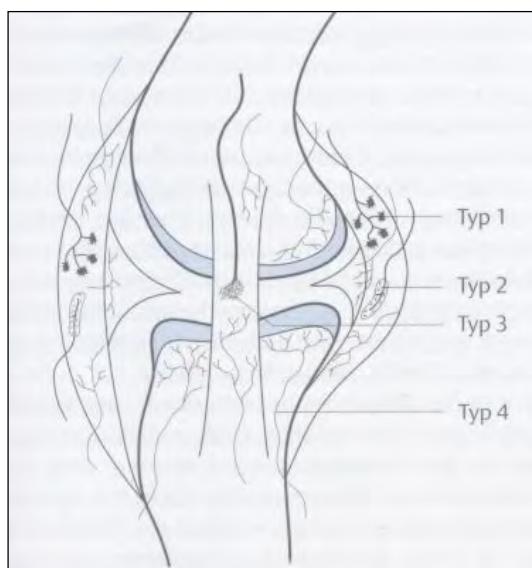


Abb.4. Gelenkkapselrezeptoren (Bizzini, 2000, S. 37)

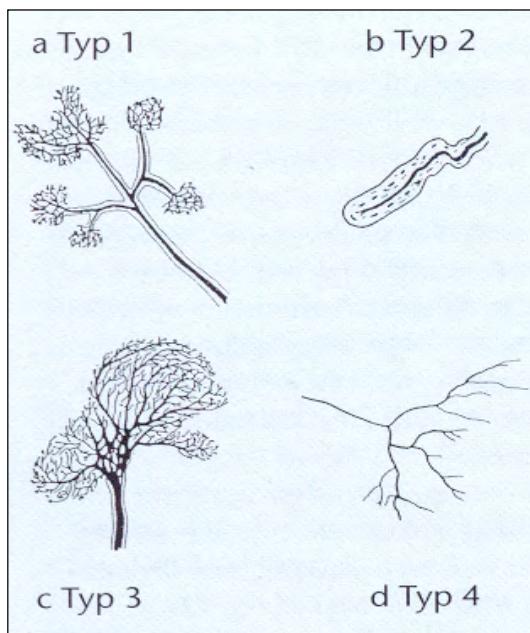


Abb.5. Systematische Darstellung der vier Gelenkrezzeptoren (Frisch, 1996, S. 59)

Für das grundlegende Verständnis eignet sich nachfolgende Beschreibung der vier Sensoren nach Frisch (1996):

Typ I: Ruffini-Körperchen

Sie nehmen die räumliche Stellung der Gelenkpartner zueinander wahr, werden deshalb auch als Stellungsmelder bezeichnet und sind schon bei geringen Spannungen aktiv. Nach Gruber (2001) sind diese Sensoren sowohl in statischem als auch in dynamischen Situationen ständig aktiv. Ihre Leitgeschwindigkeit liegt bei 30-70 m/s. Sie befinden sich in der äußeren Schicht der Gelenkkapsel, im vorderen Kreuzband und in den Menisken. Die Ruffini-Körperchen registrieren außerdem minimale Bewegungsänderungen im Gelenk in einer stabilisierten Situation und adaptieren dabei eher langsam. So werden kleine Bewegungskorrekturen im Einbeinstand ermöglicht.

Typ II: Vater-Pacini-Körperchen

Diese Rezeptoren nehmen Bewegungen der Gelenkpartner gegeneinander wahr. Sie werden auch als Bewegungsmelder bezeichnet. Ihre Leitgeschwindigkeit liegt bei 60-100 m/s und ihre Lokalisation ist ähnlich der der Ruffini-Körperchen. Neben dem vorderen Kreuzband und den Menisken befinden sich diese Rezeptoren vor allem in der inneren Schicht der Kapsel. Auch sie registrieren kleinste Spannungsänderungen der Kapsel bei minimaler Bewegung und zählen zu den dynamischen Sensoren. Im Gegensatz zu den Typ I

Sensoren adaptieren sie sehr schnell und sind im Ruhezustand des Gelenks nicht aktiv.

Typ III: Golgi-Sehnenorgan-Endigungen

Sie sind die größten Gelenksensoren und befinden sich in den Ligamenten hauptsächlich im Ursprungs- und Ansatzbereich (Wyke, 1981). Da ihre Reizschwelle sehr hoch und deshalb nur bei extremen Ausschlägen aktivierbar ist, werden sie auch als Endbewegungsmelder bezeichnet. Sie besitzen eine Leitgeschwindigkeit von 130 m/s. Als Dehnungsrezeptoren haben sie die Funktion grobe Spannungsänderungen zu übermitteln und Fehlbewegungen zu vermeiden.

Typ IV: Nozizeptoren

Diese Rezeptoren besitzen freie Nervenendigungen und leiten Informationen über Schmerz oder Entzündung in die afferenten Bahnen mit einer Leitgeschwindigkeit von nur 1 m/s. Sie befinden sich in der fibrösen Schicht der Gelenkkapsel bis in den subsynovialen Bereich. Sobald die Nozizeptoren einen Störeinfluss wie abnormale mechanische Deformationen, d.h. Kapselstress bei Traumen oder eine spezifische chemische Reaktion wahrnehmen, werden sie aktiv und verändern reflektorisch den Bewegungsablauf. Die Typ IV Sensoren besitzen eine sehr hohe Schwelle und sind unter normalen Bedingungen nicht aktiv (Gruber, 2001).

2.2.1.3 *Muskelrezeptoren*

Die Muskelrezeptoren, die zu den kinästhetischen Analysatoren zählen, lassen sich in die Muskel- und Sehnenspindeln, auch Golgi-Organe genannt, einteilen.

Muskelspindel

Die Muskelspindel beschäftigt mehr Neurone mit der Aufgabe sie zu innervieren oder ihre Signale zu verarbeiten als die Arbeitsmuskulatur selbst (Gruber, 2001). Diese Tatsache unterstreicht ihre wichtige Funktion in der Bewegungskontrolle, was bereits in einigen Studien nachgewiesen wurde (Kakuda & Nagaoka, 1998; Matthews, 1981; Prochazka & Hullinger, 1998).

Die Muskelspindel besteht aus zwei bis zehn besonders ausgerüsteten Muskelzellen, die in einer Bindegewebeskapsel eingeschlossen sind (Bruhn, 2009; Jerosch, 2007; Markworth, 1983). Die Muskelspindel ist kürzer und

dünner als die Arbeitsmuskulatur, die aus extrafusalen Muskelfasern besteht. Die Fasern der Muskelspindel werden dagegen als intrafusale Muskelfasern bezeichnet. Sie sind mit den Muskelzellen der Arbeitsmuskulatur parallel geschaltet und bestehen - anders als die extrafusalen Zellen der Arbeitsmuskulatur - nicht nur aus kontraktilem Elementen. Ihr Mittelteil ist mit Kernen (Kernsackregion) gefüllt und kann sich nicht zusammenziehen. Man unterscheidet Kernsackfasern, die die aktuelle Dehnung registrieren und Kernkettenfasern, die den anhaltenden Dehnungszustand anzeigen (Jerosch, 2007). Die intrafusalen Muskelfasern werden im Zentrum von den Ia-Fasern umspannen, die sowohl die Kernsack-, als auch die Kernkettenfasern innervieren. Die II-Fasern umwickeln insbesondere die Kernkettenfasern (Laube, 2005). Der Begriff Eigenreflex beschreibt die monosynaptische Verbindung der Ia-Afferenzen mit den α -Motoneuronen des gedehnten Muskels (Laube, 2005). Die α -Motoneurone sind in der Lage über ein hemmendes Interneuron den Antagonisten zu bremsen - dies wird als reziproke Hemmung bezeichnet. Für die efferente Innervation der intrafusalen Muskelfasern sind die γ -Motoneurone verantwortlich. Sie befinden sich am äußeren Rand der intrafusalen Muskulatur. Das γ -System ist für Vorspannungsregelung der Muskulatur und den stetigen Abgleich von Rezeptorempfindlichkeit und Muskellänge zuständig (Jerosch, 2007; Laube, 2005). Die Anzahl der Muskelspindeln ist von Muskel zu Muskel unterschiedlich. Je präziser der Muskel arbeiten muss, umso größer ist die Anzahl der Muskelspindeln. In bestimmten Muskeln sind ca. 1/3 aller Muskelfasern intrafusal. Dies unterstreicht den großen Stellenwert der Muskelsensibilität in der gesamten Steuerung der Bewegung und in der Sicherung des Bewegungsapparates. Muskelsensibilität und damit verbundenes Training wird in der Sportpraxis unterschätzt, denn nur mit Training verbessert sich der bewusste Zugriff auf sensorische Informationen (Loosch, 1999).

Die Muskelspindel reguliert den Muskeltonus und wird bei absoluter Dehnung und zu schnellem Dehnungswechsel innerhalb eines Muskels aktiv. Des Weiteren ist sie von großer Bedeutung für die Wahrnehmung der Stellung einer Extremität, da der Dehnungsgrad eines Muskels mit der Änderung der Gelenkstellung korreliert (Bizzini, 2000). Außerdem sorgt die Muskelspindel dafür, dass Muskelkontraktionen verfeinert und optimiert werden. So ermöglicht sie beispielsweise im statischen Einbeinstand, die bewusste Erzeugung von stabilisierenden Kokontraktionen (Bizzini, 2000).

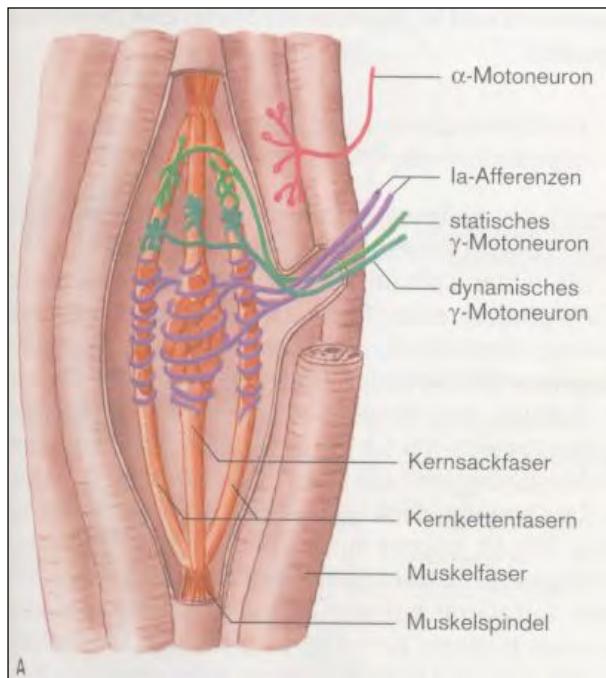


Abb.6. Muskelspindel (ten Bruggencate & Dieringer, 2005, S. 743)

Sehnenspindeln

Sehnen übertragen und speichern Energie. Sie verbinden die kontraktile Elemente der Arbeitsmuskulatur mit dem Skelett. Durch ihren Aufbau kommt es zu ständigen Spannungsänderungen, die durch die Sehnenspindeln an das zentrale Nervensystem gemeldet werden (Gruber, 2001). Bei einer zu starken Kontraktion oder zu starken Dehnung erschlafft der Muskel reflexartig. Durch diesen Schutzreflex wird er vom zweiten muskeleigenen, propriozeptiven Sensor vor dem Zerreißen bewahrt. Dadurch wird das Kontrollsysteem der Muskulatur ergänzt. Die Sehnenspindel liegt am Übergang der Muskelfaser in die Sehne und ist im Gegensatz zu der Muskelspindel nicht parallel, sondern seriell geschaltet. Sie besteht aus einem Netzwerk knötchenartiger sensibler Nervenendigungen (Markworth, 1983). Eine Bindegewebskapsel umschließt die Sehnenspindel. Die Golgi-Sehnenorgane sind nicht regulierbar, da sie keine efferente Aktivierung von motorischen Nervenzellen erhalten. Wird eine Kollagenfaser der Sehne aktiviert, kommt es zu einer Aktivierung der Ib-Afferenz und die Sehnenspindel entlädt sich. Im Rückenmark wird die Information auf die hemmenden Interneuronen weitergeleitet. Diese sind mit den motorischen Vorderhornzellen des Muskels verschaltet, in dem sich die Sehnenspindeln befinden. Dies führt in seiner Gesamtheit zur autogenen Hemmung, die die Kontraktion des Muskels begrenzt. Die Golgi-

Sehnenorgane registrieren neben der Spannungsänderung der Sehne auch kleinste Veränderungen der Muskelspannung (Crago, Houk & Rymer 1982; Houk & Henneman, 1967). So stellt der Schutzmechanismus nur einen Teil der Funktion der Sehnenspindeln dar.

Beide Muskelrezeptorensysteme ergänzen sich zu einem empfindlichen Spannungsmesser (vgl. Abbildung 7). Während eine passive Dehnung eine Muskelspindelaktivität zur Folge hat, sind die Golgi-Sehnenorgane eher inaktiv. Letztere agieren, wenn der Muskel kontrahiert wird und die Spannung in der Sehne ansteigt - gleichzeitig werden die Muskelspindeln zunehmend inaktiver (Gordon & Ghez, 1991).

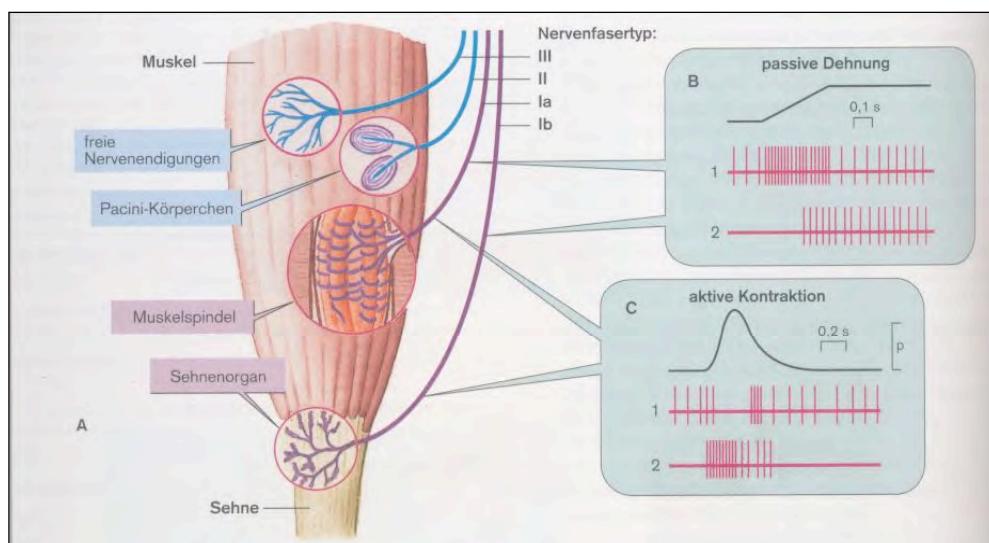


Abb.7. Golgi-Sehnenorgan und Muskelspindel und deren Entladungsmuster (ten Bruggencate & Dieringer, 2005, S. 742)

2.2.2 Der Vestibularapparat

Der Vestibularapparat organisiert das Gleichgewicht des Körpers mit Hilfe der Informationsaufnahme und –verarbeitung aller Analysatorenbereiche. Hierzu zählen, neben dem vestibulären, der bereits besprochene kinästhetische, taktile und letztlich der visuelle Analysator (Hirtz, Hotz & Ludwig, 2000).

Vestibularorgane befinden sich im Labyrinth des Innenohrs und leisten einen großen Beitrag zur Propriozeption. Sie bestehen jeweils aus drei Bogengangorganen, die Winkelbeschleunigungen (Drehungen, Neigungen) registrieren und messen sowie aus zwei Statolithenorganen, die auf lineare Beschleunigungen reagieren (Hirtz et al., 2000; Schmidt & Schaible, 2006).

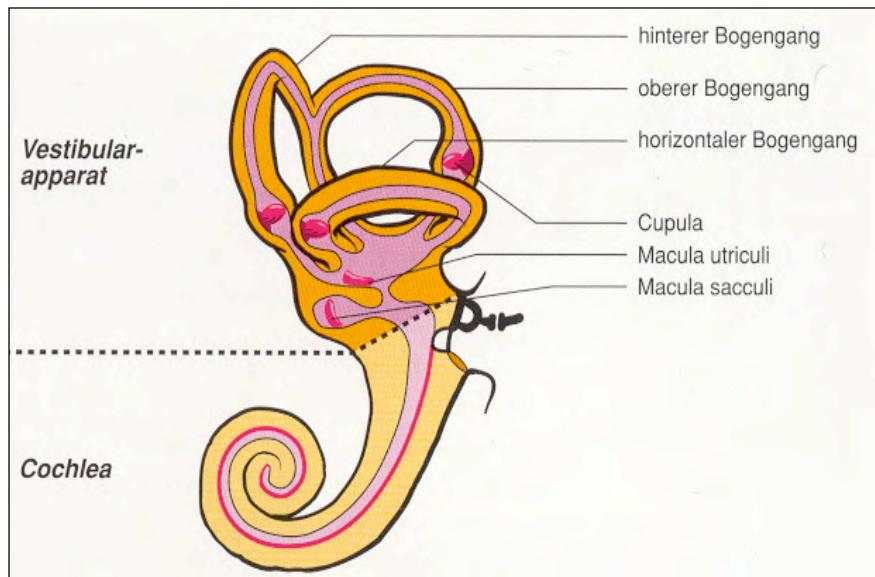


Abb.8. Das Vestibularorgan (Schmidt & Schaible, 2006, S. 313)

Der Hirnstamm empfängt Informationen vom Vestibularorgan, den Rezeptoren in Muskeln und Gelenken, des Halses, den Aufnahmerezeptoren der Körperoberfläche und vom Auge. So wird dem Zentralnervensystem ermöglicht den Körper mit Hilfe von Reflexen durch eine Aktivität der Skelett- und Augenmuskulatur im Gleichgewicht zu halten (Schmidt & Schaible, 2006).

Die folgende Übersicht (vgl. Abbildung 9) zeigt, wie die in diesem Abschnitt aufgeführten Strukturen kommunizieren und kooperieren. Durch Abstimmung und komplexe Reizverarbeitung der Afferenzen aus der Körperperipherie wird die Gesamtinformation an die motorischen Nervenzellen weitergeleitet. Demnach sind die verschiedenen Wahrnehmungsqualitäten nicht einzelnen Rezeptoren, sondern vielmehr dem Rezeptorensystem zuzuschreiben.

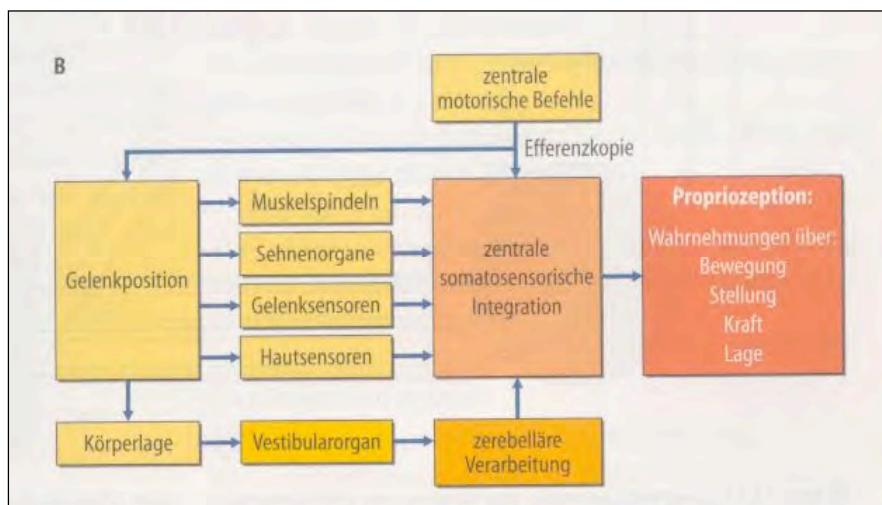


Abb.9. Funktionelle Übersicht über Propriozeption (Zimmermann, 2005, S. 307)

2.2.3 Die Gleichgewichtsfähigkeit

Die Grundlage zur Gleichgewichtserhaltung bildet ein komplexes System aus verschiedenen Analysatoren. Zu ihnen zählt das visuelle, das taktile, das vestibuläre und das kinästhetische System (Meinel & Schnabel, 1997). Das Gleichgewichtssystem verarbeitet Informationen aus den genannten Analysatoren zur Bewegungsregulation.

Das Gleichgewicht spielt im Leben der Menschen eine viel größere Rolle als man glaubt. Es ist ständig bedroht und wird dauernd korrigiert, ohne dass uns dieses Kräftespiel zum Bewusstsein kommt,

schrieb ein Schweizer Sportwissenschaftler bereits 1933 (Hirtz et al., 2000, S. 12). Tatsächlich werden uns Gleichgewichtsschwankungen nur dann bewusst, wenn wir stolpern oder Gefahr droht. Diese „Bereitschaftsreaktion“ des Menschen soll genauer erläutert werden.

Die Standwaage im Turnen bzw. der Einbeinstand beinhaltet eine hohe Anforderung an die Gleichgewichtsfähigkeit. Neben der oben beschriebenen Funktion des Vestibularorgans und der Propriozeption spielt das Sehen eine große Rolle. Gleichgewichtsübungen, die mit geöffneten Augen kein Problem darstellen, bringen mit geschlossenen Augen meist größere Schwierigkeiten mit sich (Ouchi et al., 1999). Der visuelle Analysator stellt eine wichtige Einflussgröße für die Gleichgewichtskontrolle dar. So können durch ihn antizipative motorische Bewegungen zur Gleichgewichtserhaltung ausgelöst werden, indem die Augen Informationen über Umfeld und Bewegungen von Gegenständen und Menschen registrieren und damit als sensorische Orientierungspunkte für die Gleichgewichtsregulation mitverantwortlich sind (Hirtz et al., 2000).

Die Informationen aller aufgeführten Analysatorenbereiche bilden die Basis für Gleichgewichtsleistungen (Berger, Dietz & Quintern, 1984; Day, Steiger, Thompson & Marsden, 1993; Dietz, 1992; Dietz, Quintern & Sillem, 1987; Fitzpatrick, Rogers & McCloskey, 1994; Simonetta-Moreau, Marque, Marchand-Pauvert & Pierrot-Deseilligny, 1999). Die Gleichgewichtsleistung steht in enger Verbindung zur Standstabilität (Gruber, 2001). Um einen aufrechten Stand zu gewährleisten „müssen die resultierenden Körperschwerpunktschwankungen durch Ausgleichsbewegungen kompensiert werden“ (Bruhn, 2003, S. 40). Die Muskulatur versucht durch entsprechende Aktivierungsvor-

gänge den Körperschwerpunkt wieder über die Unterstützungsfläche zu bringen (Dietz, 2003).

Obwohl das Gleichgewichtsorgan bei ruhigem Stand scheinbar nur wenig gereizt wird, kommt es dennoch zu propriozeptiven Muskelaktivitäten, die das Gleichgewicht erhalten. Nach Hirtz et al. (2000, S. 52) sind

Gleichgewichtsanforderungen immer dann vorhanden, wenn durch Lageveränderungen des Körperschwerpunktes im Verhältnis zur Stützfläche das Körpergleichgewicht gestört wird.

Dabei tragen die verschiedenen Systeme je nach Geschwindigkeit einer Perturbation an der unteren Extremität mit entsprechenden Anteilen zur Gleichgewichtserhaltung bei (Gruber, 2001). Die Bewegungsaufgabe bestimmt die jeweilige Größe des relativen Anteils der Systeme. So beteiligt sich beispielsweise das vestibuläre System größtenteils bei langsamem Schwankungen (Diener, Dichgans, Guschlbauer & Mau, 1984; Mauritz & Dietz, 1980).

Hirtz (1985) untersuchte die Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit in einer Vielzahl von Studien. Er konnte nachweisen, dass die Gleichgewichtsfähigkeit bei mangelnder sportlicher Bewegung stagniert und bei ausbleibendem Training sogar rückläufig ist (Hirtz, 1985). Außerdem stellte er fest, dass sich 20 bis 24-jährige Studierende kaum von 14 jährigen Schülerinnen und Schülern unterscheiden (vgl. Abbildung 10). Allerdings reduziert sich die Gleichgewichtsfähigkeit ab 20 Jahren rapide.

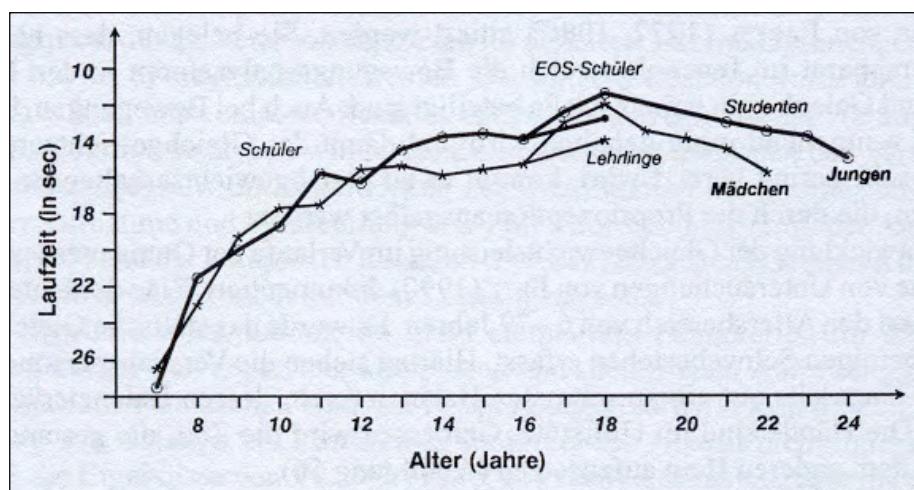


Abb.10. Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit (Hirtz, 1985, S. 46)

Fetz (1990) erfasste das statische Gleichgewicht beim einbeinigen Schwebestehen von 6 bis 79 jährigen Versuchspersonen. Diese standen mit einem Fuß längsseits auf einem Brett, die Hände im Hüftstütz. Es wurde die Zeit gemessen, die die diese auf dem Balancierbrett aushielten, ohne das andere Bein aufzusetzen (vgl. Abbildung 11).

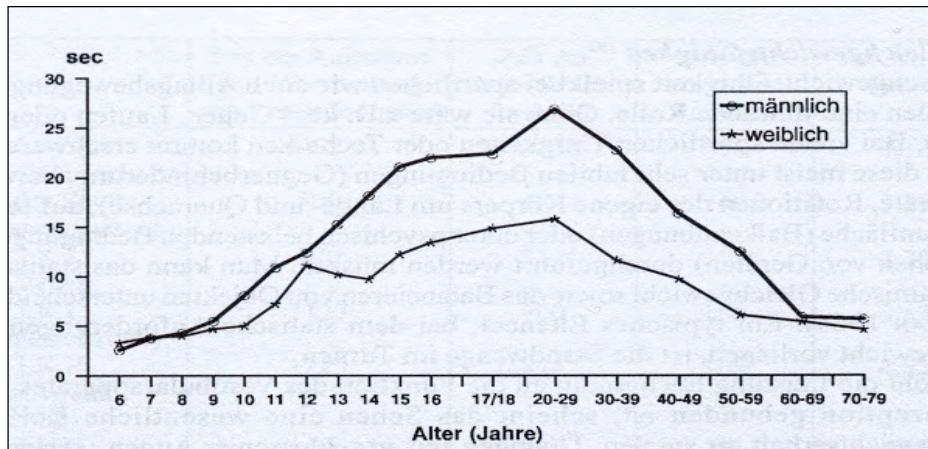


Abb.11. Dauer des Stehens [sec] beim einbeinigen Schwebestehen (Fetz, 1990, S. 118)

Singer (1970) untersuchte Sportler und Nichtsportler verschiedener Disziplinen mit Hilfe des Stabilometers, das die Zeit des Stehens auf einer beweglichen Plattform misst. Bei dieser Studie schnitten die Wasserskifahrer und Turner am besten ab (vgl. Abbildung 12).

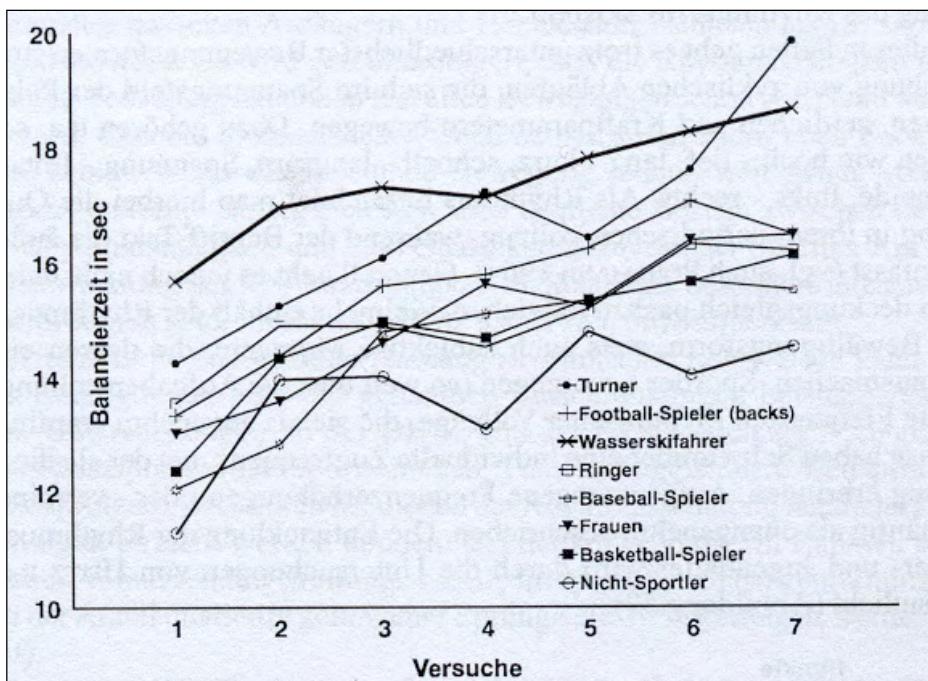


Abb.12. Gleichgewichtsleistungen unterschiedlicher Sportartengruppen (Singer, 1970, S. 649)

Durch die Schulung der Gleichgewichtsfähigkeit erlangt der Mensch Bewegungssicherheit und Selbstvertrauen. Dies ist vor allem für ältere Menschen von großer Bedeutung. Kirchner und Schaller (1996) entwickelten für sieben Probandinnen und Probanden im Durchschnittsalter von 84 Jahren ein viermonatiges Gleichgewichtstraining. Alle Versuchspersonen berichteten von einer verbesserten Bewegungssicherheit im Alltag, die eine Verbesserung der Gleichgewichtsleistung unterstrich. Diese Studie deutet darauf hin, dass eine erhöhte Gleichgewichtsfähigkeit durchaus als Sturzprophylaxe dient.

2.2.4 Motorik

Für die komplizierte Verarbeitung mit gegenseitiger Aktivierung, Hemmung und Kontrolle der oben genannten sensorischen Signale und deren motorische Ansteuerung sind, unter anderem das Rückenmark, der Hirnstamm, die Basalganglien, das Kleinhirn und der Kortex verantwortlich (Bruhn, 2009). „Erst das funktionelle Zusammenwirken dieser Strukturen ermöglicht die Ausführung zielgerichteter Bewegungen“ (Schnitzler & Freund, 1995, S. 688). Die ablaufenden Prozesse wirken keineswegs autonom. Vielmehr sind sie durch hochspezialisierte Verknüpfungen und Rückkopplungen charakterisiert und müssen immer im Zusammenhang des Gesamtsystems gesehen werden. In den nachfolgenden Abschnitten (2.2.4.1 bis 2.2.4.7) werden die Verarbeitungsprozesse der Bewegungsregulation anhand der verschiedenen Strukturbenen vereinfacht aufgezeigt.

2.2.4.1 *Afferente Bahnen*

Die sensorischen Signale gelangen über die Hinterwurzel in das Rückenmark. Die afferente Information der Muskelspindel wird lediglich über eine Synapse auf ein Motoneuron (Monosynaptische Verschaltung) umgeschaltet und verlässt das Rückenmark über das motorische Vorderhorn. Das Motoneuron leitet die efferente Information an die Arbeitsmuskulatur weiter und reguliert so deren Kontraktionszustand. Der monosynaptische Dehnungsreflex ist die schnellste mögliche Informationsverarbeitung (Bergui, Dimanico, Paglia, Quattrocolo et al., 1992). Alle anderen sensorischen Signale werden über mindestens ein weiteres Interneuron an Motoneurone übermittelt. Den Interneuronen ist es möglich auf unterschiedlichen Rückenmarksegmenten zu kommunizieren, so dass ein Gelenk im Vorfeld stabilisiert werden kann, bevor

der Körper überhaupt ein bewusstes Gefühl von Instabilität wahrnimmt (Bruhn, 2009).

2.2.4.2 *Rückenmark*

Im Rückenmark laufen die afferenten und efferenten Nervenfasern zusammen. Die afferenten Informationen werden monosynaptisch auf die motorischen Vorderhornzellen verschaltet. Ein weiterer Strang leitet die Signale an die höheren Zentren weiter. Bei den Nervenfasern des Rückenmarks handelt es sich um Motoneurone, wobei die α -Motoneurone die Muskelfasern des Zielmuskels innervieren und die γ -Motoneurone die Sensibilität der Muskelspindel regulieren. Durch die ständigen sensorischen Rückmeldungen können die γ -Motoneurone so durch das zentrale Nervensystem den Muskeltonus regulieren. Werden beide Motoneurone von Signalen des Kleinhirns und des Kortex erreicht, spricht man von einer α - γ -Koaktivierung. Der Mechanismus von γ -Motoneuronen, Muskelspindel und die daraus resultierenden Afferenzen regulieren nach Johansson, Lorentzon, Sjölander und Sojka (1990) die Gelenkstabilität und die Gelenkstiffness. Zudem kann die Sensibilität der Muskelspindel erhöht werden, um so hinsichtlich eines Feedforward-Mechanismus die Muskulatur antizipativ aktivieren zu können (Bruhn, 2009).

2.2.4.3 *Hirnstamm*

Der Hirnstamm gilt als die „zentrale Verknüpfungs- und Integrationsstruktur für die wechselseitigen Verbindungen zwischen Rückenmark-Großhirn, Rückenmark-Kleinhirn und Großhirn-Kleinhirn“ (Laube, 2005, S. 161).

Er beinhaltet motorische und sensorische Nervenfasern und ist insbesondere für die Stützmotorik und das Gleichgewicht verantwortlich. So spielt auch der Vestibularapparat in diesem Hirnabschnitt eine große Rolle. Außerdem weist der Hirnstamm alle erforderlichen Ressourcen für die posturale Kontrolle auf (Biedert, 2000).

2.2.4.4 *Kleinhirn*

Das Kleinhirn speichert etliche angeborene und erlernte Bewegungsprogramme, insbesondere für die feinkoordinative Zielmotorik. Außerdem ist es für die Gleichgewichtsregulation und die Blickmotorik verantwortlich. So empfängt das Kleinhirn sensorische Informationen aus den propriozeptiven, taktilen, vestibulären und dem allgemein somatischen System. Durch das nahezu

gleichzeitige Eintreffen der Aktivierungssignale der Muskulatur und den motorischen Vorderhornzellen erhält das Kleinhirn aktuelle Efferenzkopien (Biedert, 2000). Deshalb ist es in der Lage entsprechende Bewegungskorrekturen, die Reafferzenzen, vorzunehmen. Durch die Weiterleitung der Signale über den Thalamus gelangen die efferenten Signale zum motorischen Kortex, wo sie letztlich für eine endgradige Hemmung des Agonisten sorgen können. Zeitgleich gewährleistet die Aktivierung des Antagonisten eine kontrolliert abgebremste Bewegung am Ende der Bewegung (Bruhn, 2009). Die Funktionsweise des Kleinhirns ist ausschließlich hemmend.

2.2.4.5 *Basalganglien*

Basalganglien sind Hirnkerne, die die sensorischen und motorischen Neurone zwischen Hirnstamm und Kortex vereinigen. Über afferente Signale vom zerebralen Kortex leiten die Basalganglien die Informationen über den Thalamus wieder an diesen zurück (Bradshaw, Georgiou, Phillips, Iansek et al., 1998). Die Hauptaufgabe der Basalganglien liegt in der Erregung der γ -Motoneuronen. Damit beeinflussen sie die Propriozeption über die Muskelspindeln. Nach Strüder, Kinscherf, Diserens und Weicker (2001) sind sie für die Gleichgewichtsregulation und die posturale Haltung unentbehrlich.

2.2.4.6 *Kortex*

Der Kortex gliedert sich in den sensorischen sowie den motorischen Kortex. Muskeln, die für feinkoordinierte Bewegungen zuständig sind, werden auf der „Landkarte“ (sensomotorischer Homunkulus) besonders groß abgebildet. Der Motorkortex programmiert und plant Bewegungen und verknüpft sie mit Bewegungsmustern aus der Erinnerung. Er spielt bei der Willkürkontrolle von Muskelaktivitäten eine herausragende Rolle. Vor der unwiderruflichen Befehlsübertragung auf die motorischen Vorderhornzellen findet ein Abgleich des Motorkortex mit den Informationen aus verschiedenen Gehirnarealen (Basalganglien, Kleinhirn) statt (vgl. Abbildung 13).

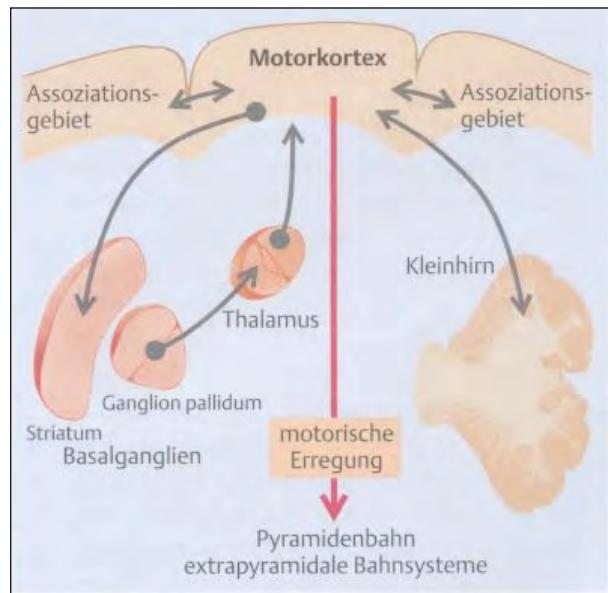


Abb.13. Verschaltungen des primären motorischen Kortex mit seinen Assoziationsgebieten (Laube, 2005, S. 163)

2.2.4.7 *Efferente Bahnen*

Durch ein komplexes absteigendes Bahnsystem aus verschiedenen Kortexgebieten werden Informationen über indirekte polysynaptische Verbindungen an das Rückenmark übermittelt. Zusätzlich existiert ein laterales und mediales Bahnsystem. Nachdem die Signale in den subkortikalen Arealen verrechnet wurden, werden die efferenten Informationen an eine weitere Verarbeitungsstelle über die motorischen Kerne an das Rückenmark weitergeleitet.

2.3 Anwendungsorientierte sportwissenschaftliche Forschung

Basierend auf den physiologischen Grundlagen des sensomotorischen Systems wird in diesem Abschnitt der aktuelle Forschungsstand hinsichtlich der vorliegenden Fragestellungen der Arbeit besprochen.

2.3.1 Gelenk- und Standstabilität

Gelenkstabilität und Standstabilität (posturale Kontrolle) spielen in der aktuellen Literatur eine große Rolle, weshalb sie in einer Vielzahl von Untersuchungen als Zielparameter ausgewählt werden (Pfeifer, 2009).

Burstein und Wright (1997, S.47) definieren die Gelenkstabilität als die „Fähigkeit eines Gelenks, über den gesamten Bewegungsspielraum hinweg eine adäquate funktionelle Position einzunehmen“. Den Autoren zufolge kommt es bei sukzessiver Belastungssteigerung im stabilen Gelenk zu keiner Positionsänderung des Gelenkkontaktes - vielmehr halten sie ein funktionelles Gleichgewicht. Darüber hinaus reguliert die Gelenkstabilität laterale Translations- und Rotationsbewegungen durch entsprechend minimale Kontaktkräfte zwischen den Gelenkflächen und ermöglicht zudem eine funktionelle Beweglichkeit (Burstein & Wright, 1997). Petersen, Zantop, Steensen, Hypa et al. (2002) definieren funktionelle Gelenkstabilität als die Stabilisierung dieser über passive und aktive Strukturen. Zu den passiven zählen sie Knochen, Kapseln und Ligamente, die aktiven Strukturen charakterisiert der neuromuskuläre Aktivierungsgrad der umgreifenden Muskulatur.

Standstabilität setzt die Kompensation der stetigen Körperschwerpunkt-schwankungen durch Ausgleichsbewegungen voraus (Bruhn, 2003). Dabei versucht die Muskulatur, den Körperschwerpunkt wieder über die Unterstützungsfläche zu bringen (Dietz, 2003).

Die oben genannten Zielparameter (funktionelle Gelenkstabilität und Standstabilität) werden mit nahezu identischen Trainingsmaßnahmen angesprochen. Sie unterscheiden sich in der Gewichtung ihrer afferenten Signale. So fordert die Gelenkstabilität vor allem Informationen aus dem Gelenkraum (Propriozeption), während die Standstabilisation vor allem Informationen aus dem vestibulären und taktilen Systemen benötigt. Die Standstabilisation nutzt zusätzlich die Gelenkinformationen. Finden Untersuchungen auf einer fixierten

Standfläche statt, gewinnen Standstabilisation und dadurch auch die taktilen Afferenzen an Bedeutung (Horak, Shupert & Mirka, 1989).

Physiologisch gesehen spielt bei der Gelenkstabilisierung der Feedforward-Mechanismus eine entscheidende Rolle. So liegt die Aufgabe des propriozeptiven Feedbacks in einem ständigen Aktualisieren des Bewegungsplans (Krogsgaard, Dyhre-Poulsen & Fischer-Rasmussen, 2002) und der unmittelbare Schutzmechanismus scheint ungewiss. Der Feedforward-Mechanismus der Propriozeption zeichnet sich durch die Antizipation auf kommende Belastungen aus (Solomonow, Baratta, Zhou, Shoji et al., 1987). Dadurch werden Gelenkbelastungen vorweg genommen und mit einer Voraktivierung und Tonusregulation entsprechend vorausschauend vorbereitet (Ghez & Krakauer, 2000). Darüber hinaus verringert eine Erhöhung der Sensibilität der Muskel-spindel, durch die Koaktivierung von α - und γ -Motoneuronen (Appelberg, Hullinger, Johansson & Sojka, 1983), ihre Wahrnehmungsschwelle und verbessert damit die Feedback Mechanismen bei der motorischen Kontrolle. Gruber, Bruhn und Gollhofer (2006) interpretieren die Kokontraktion antagonistischer Muskeln als gelenkstabilisierend.

Die nächsten zwei Abschnitte fassen aktuelle Studien, entsprechend ihrer Untersuchungsmethodik zusammen. Gelenkstabilität und Standstabilität dienen darin häufig als Zielparameter.

2.3.2 Studien auf reflektorischer Ebene

Untersuchungen, die die sensiblen Analysatoren erforschen, zeigen, dass Reflexe einen großen Beitrag zur Standstabilisation leisten (Dietz, 1992; Gielen, Ramaekers & van Zuylen, 1988). Sie betrachten die Reflexlatenzzeiten der umgreifenden Muskulatur des Kniegelenks (Beard et al., 1994; Bruhn, 1999; Burns, McMullan, Richardson, Ryan et al., 1998; Ryan, Richardson, Marsh & Banks, 1995) und zeigen eine Verbindung zwischen vorderem Kreuzband und der ischiokruralen Muskulatur. Studien, die Reflexaktivitäten des Kniegelenks an gesunden und geschädigten Kniegelenken untersuchten, stellten eine vergleichsweise lange Reflexlatenz der Hamstrings am verletzen Gelenk fest (Beard et al., 1994; Bruhn & Gollhofer, 2000; Husten & Wojtys, 2000). Eine Aktivierung des vorderen Kreuzbandes scheint die ischiokrurale Muskulatur (Fremdreflex) zu erregen und gleichzeitig den Quadrizeps zu hemmen. Dieser Fremdreflex wird häufig als Schutzmechanismus für das

vordere Kreuzband angesehen (Gruber, 2001), was einige Autoren skeptisch bewerten. Nach Jerosch (2007) ist die Verarbeitungszeit bei monosynaptischen Reflexen deutlich zu langsam um eine Schutzfunktion einzuleiten und so Verletzungen zu vermeiden. Dies bestätigen Untersuchungen von Johansson et al. (1991). Pope, Stankewich, Beynnon und Fleming (1991) stellten eine Zerstörung des Bandes 79ms nach Beginn der Dehnbelastung fest. Da die Reflexlatenzen für einen direkten Schutzmechanismus nach ihren Berechnungen 213ms betragen, sind diese deutlich zu langsam. Sheth, Yu, Laskowski und An (1997) testeten die Reflexlatenzen der umliegenden Muskulatur des Sprunggelenks bei einem simulierten Inversionstrauma vor und nach einem Trainingsprogramm auf Wackelbrettern, und konnten die vermutete Verkürzung der Latenzen nicht nachweisen.

Nach Gollhofer, Alt und Lohrer (2000a) können Untersuchungen, die ausschließlich die Reflexlatenzen bei einer simulierten Stresssituation am Gelenk ermitteln, die propriozeptive Qualität nicht beurteilen.

2.3.3 Studien zur Gleichgewichtsfähigkeit

Neben der Messung der Reflexaktivitäten, kann auch die Messung der Gleichgewichtsfähigkeit die Ausprägung der Sensomotorik zeigen. Hierbei spielt die Standstabilität eine übergeordnete Rolle. Ein einheitliches Standardverfahren zur Messung der Standstabilisation existiert derzeit noch nicht (Allum & Shepard, 1999; Gundlach, 1985). Meist bezieht sich die Messmethode auf das Sprunggelenk, was sich in den nachfolgenden Untersuchungen widerspiegelt.

Bernier und Perrin (1998) testeten die statische und dynamische Körperschwerpunktsschwankung mit einem Balancegerät zur Erfassung der sensomotorischen Fähigkeiten der unteren Extremitäten (KAT 2000, Kinesthetic Ability Trainer). Die propriozeptive Intervention fand sechs Wochen auf Kreiseln und Wackelbrettern statt. Sie konnten, im Vergleich zur Kontrollgruppe, bei Probanden mit instabilem Sprunggelenk eine Verbesserung der posturalen Kontrolle nachweisen und zogen so Rückschlüsse auf die Standstabilität. Allerdings zeigten die sensomotorischen Qualitäten des Sprunggelenks keine veränderten Reaktionen. Kaminski, Buckley, Powers, Hubbard et al. (2003) verglichen Trainingsinterventionen mit reinem Krafttraining, mit sensomotorischem Training und einer Kombination aus beidem und konnten keine Ver-

besserung der aktiven Gelenkstabilisierung durch sensomotorisches Training feststellen. Dagegen konnten Eils und Rosenbaum (2001) eine verbesserte Standstabilität, Winkelreproduktion und Peroneus-Reaktionszeit nachweisen. Dazu verglichen sie eine sensomotorische Interventions- mit einer Kontrollgruppe. Bei der Kombination von Kraft- und sensomotorischem Training wiesen Schmidt, Benesch, Bender, Claes et al. (2005) verbesserte Peroneus-Reaktionszeiten und Verbesserungen im Kitaoka Score nach. Der Kitaoka Score ist eine Skala von eins bis 100 und beschreibt Schmerz, Funktion und die Form des Fußgewölbes (Kitaoka, 1991). Untersuchung von Hoffmann und Payne (1995) mit der Kraftmessplatte, die die anterior-posterior und die medial-laterale Körperschwerpunktsschwankung über der Standfläche aufzeichnet, konnte eine signifikante Verbesserung der posturalen Kontrolle bei unverletzten Probanden nachgewiesen werden. Die Probanden führten eine zehn Wochen andauernde sensomotorische Trainingsintervention auf dem Biomechanica Ankle Platform System (BAPS) durch. Auf dem BAPS können Bewegungen am Sprunggelenk appliziert werden. Rozzi, Lephard, Sternier und Kuligowski (1999) führten ein vierwöchiges Training auf einer in alle Raumrichtungen bewegliche Standfläche – dem Bidex-System durch. Die Tests, die ebenfalls auf dem Bidex-System stattfanden, zeigten eine signifikant verbesserte Standstabilität sowohl bei den Probanden mit instabilen Sprung- bzw. Kniegelenk als auch bei den unverletzten Probanden.

Der positive Einfluss auf die Standstabilität und die stabilisierende Wirkung auf das Sprunggelenk durch sensomotorisches Training stößt nach Bruhn (2009) bei vielen Autoren auf Einigkeit, dagegen ist „der Nachweis, dass trainingsbedingte Veränderungen am Sprunggelenk die Zahl der Rezidivtraumen reduziert“ (Bruhn, 2009, S. 76) nicht erbracht.

Im nachfolgenden Abschnitt werden die den allgemeinen und handballspezifischen Präventionsprogrammen zugrunde liegenden Verletzungsstatistiken aufgearbeitet und besprochen.

2.3.4 Verletzungsstatistik im Handball

Durch den Handball-Weltmeistertitel 2007 hat die Sportart weiter an Popularität gewonnen. Mittlerweile zählt der Deutsche Handballbund (DHB) über 842.070 Mitglieder, mit 5.300 Vereinen und etwa 33.000 Mannschaften (Deutscher Olympischer Sportbund, 2009). Mit steigendem Ansehen geht

auch eine neue Entwicklung der Sportart einher. So gewann das Spiel in den letzten Jahren deutlich an Schnelligkeit, Dynamik, Kraft und Athletik. Diese Tendenz macht den Sport einerseits attraktiver und spannender, aber anderseits auch gefährlicher für den Sportler selbst (Leidinger et al., 1990).

Aus dem Gesundheitsbericht NRW (Henke, 2003) geht hervor, dass etwa 23 Mio. deutsche Staatsbürger sich mehrmals im Monat sportlich betätigen. Von 13 Millionen Vereinssportlern zogen sich im Jahr 2000 665.000 eine Verletzung zu. Das ergibt eine Verletzungsquote von 5,1%. Im Vereinssport steht Fußball mit 45,7% an der Spitze der Unfallsportarten, gefolgt von Handball mit 15,2%. Die hierbei am häufigsten verletzten Körperregionen sind das Sprunggelenk (26,6%) und das Kniegelenk (18%). Die Gesamtkosten aller Sportunfälle belaufen sich auf über 511 Mio. Euro. Untersuchungen von Wedderkopp, Kaltoft, Lundgaard, Rosendahl et al. (1997) bestätigen diese Tendenz. Sie untersuchten in der Saison 1994/95 22 Frauen Handball Teams (n=217) in Dänemark. Durch eine Fragebogenuntersuchung ergab sich eine Verletzungsrate von 40,7 Verletzungen in 1000 Spielstunden und 3,4 in 1000 Trainingsstunden. Auch die Studie von Seil, Rupp, Tempelhof und Kohn (1998) bestätigt, dass Handball eine der verletzungsträchtigsten Sportarten ist. In 16 deutschen befragten Herren Handball Teams (n=186) verletzten sich 39% der Spieler in der Saison 1995/96.

2.3.5 Unfallmechanismen und Verletzungsursachen

Im Sport, aber auch bei alltäglichen Bewegungen, reichen die passiven Strukturen unter Umständen nicht aus, die Gelenksysteme ausreichend zu stabilisieren (Steele, 1999). Eine Verletzung tritt dann auf, wenn „eine spezifische Struktur über ihre Belastbarkeit hinaus beansprucht wird“ (Gruber, 2007, S. 127).

Teitz (2000) beschreibt die gefährlichsten Spielsituationen im Handballsport mit dem Landen nach einem Sprung, dem schnellen Abstoppen und unerwarteten Drehbewegungen. Sportler berichten bei Kreuzbandverletzungen von fixiertem Fuß, leichter Kniebeugung und Außenrotation (Petersen, 2007). Meist befand sich der Körperschwerpunkt hinter dem Zentrum des Kniegelenks und der Fuß wurde flach aufgesetzt (Kirkendahl & Garrett, 2000). Luck und Glende (1996) begründen den Hauptverletzungsmechanismus in der Landeposition der Handballer - sie ist meist in Plantarflexion. In dieser Position

kann die Malleolengabel den Talus nicht schützen, so dass schon eine minimale Abweichung von der optimalen Landung zu einem Trauma führen kann. Für die Gelenkstrukturen des Sprunggelenks stellen einige der spezifischen Bewegungsabläufe des Handballsports eine zu hohe Beanspruchung dar, so dass es den Druck-, Schub-, Scher- und Rotationskräften nicht stand halten kann. Bahr und Krosshaug (2005) beschreiben den Verletzungsmechanismus als mehrdimensional. Sie gliedern die Einflüsse, deren Zusammenspiel schließlich zu einer Verletzung führt, in vier Kategorien: Spielsituation, Spieler- und Gegnerverhalten, Biomechanik des gesamten Körpers sowie Biomechanik von Gelenk und Gewebe. Um Verletzungsmechanismus und Risikofaktoren zu verstehen sowie Präventionsmaßnahmen ableiten zu können, ist demnach eine detaillierte Beschreibung der Gesamtsituation zum Verletzungszeitpunkt nötig.

Die Hauptursache von Handballverletzungen lag frühen Studien zu Folge meist im Körper- bzw. Gegnerkontakt. So zeigten schon Nielsen und Yde (1988), dass bei 61% aller Verletzungen der Gegenspieler als Ursache benannt wird. Darüber hinaus stellten die Autoren fest, dass sich Sprunggelenksverletzungen meist in Supinationsstellung bei der Landung ereignen. Inzwischen entstehen ungefähr 70% der Ballsportverletzungen ohne direkte Beteiligung eines Mitspielers (Boden, Dean, Feagin & Garrett, 2000; Griffis, Vequist, Yearout, Henning et al., 1989; Teitz, 2000). Leidinger et al. (1990) bemerkten auch im Handballsport einen Rückgang der Verletzungsrate bei Gegnereinwirkung mit nur noch 47,9%. Die Autoren nennen ungünstige Hallensituationen und Einwirkung des Balls als weitere Verletzungsursachen. Zudem ist nach Leidinger et al. (1990) die Verletzungsrate abhängig von der Leistungsklasse. So muss ein Bundesligaspieler mit einem jährlichen Verletzungsrisiko von 96% gegenüber einem Durchschnitts-Handballspieler von 55% rechnen. In der Fragebogen – Erhebung von Froböse, Knaak und Menke (1996) gaben die 246 Handballspielerinnen der 1. und 2. Bundesliga 71% der Verletzungen als eigenes Verschulden an. Dazu zählte unter anderem Überbelastung, Absprung bzw. Landung und der Zusammenstoß. Nur 29% der Verletzungen wurden durch die Gegnerin verursacht.

Bei näherer Betrachtung der Verletzungsursachen lässt sich die Tendenz erkennen, dass Verletzungen weniger auf Gegnerkontakt, sondern vielmehr auf Eigenverschulden der Sportler zurückzuführen sind.

2.3.6 Topographie von Verletzungen

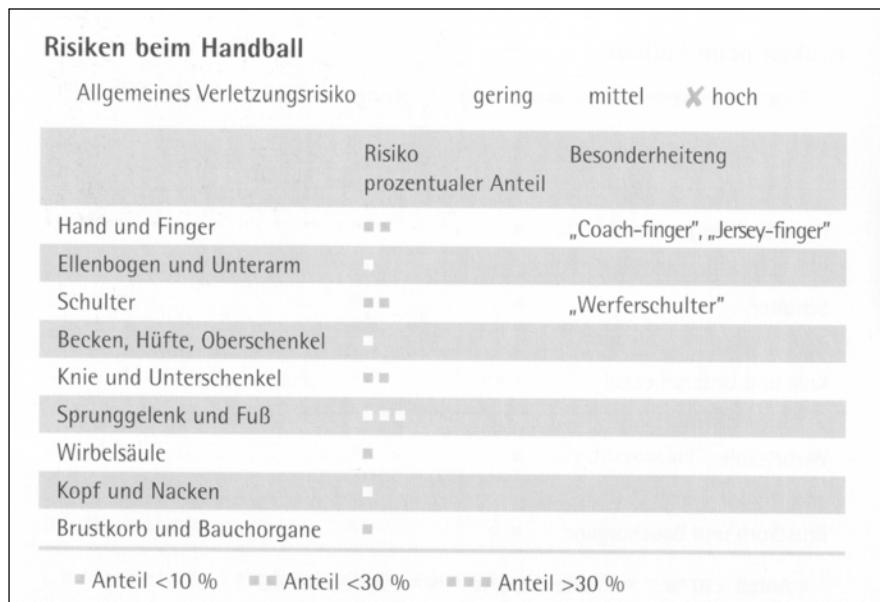
Die Vermutung, dass die unteren Extremitäten einen großen Schwachpunkt im Handballsport darstellen, wird von den folgenden Studien bestätigt. Vor allem Knie- und Sprunggelenke sind extrem verletzungsanfällig. So untersuchte Andrén–Sandberg (1994) die Verteilung der Sportverletzungen von Leistungs-handballspielern bei zwei Weltmeisterschaften (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1. Aufgetretene Sportverletzungen bei zwei Weltmeisterschaften (Andrén–Sandberg, 1994, S. 355)

Lokalisation	leichtere Verletzungen ohne Ruhigstellung	schwere Verletzungen mit Ruhigstellung und/oder intensivere Behandlung
Kopf/Hals	2	-
Rumpf	2	-
Schultergelenk	3	2
Arm	1	-
Hand/Finger	5	5
Hüftgelenk/Lende	1	-
Oberschenkel	2	-
Kniegelenk	21	8
Unterschenkel/Fußgelenk	10	17

Auch Menke (2000) untersuchte in zahlreichen Studien das Verletzungsrisiko im Handballsport (vgl. Tabelle 2). Leidinger et al. (1990) befragten 286 männliche aktive Handballspieler aller Leistungsklassen über 5 Jahre und erfassten 540 ärztlich behandelte Verletzungen. Diese zeigten die stärkere Gefährdung der unteren Extremität mit 46,1% auf, davon betrafen 20,6% das Sprunggelenk und 11,6% das Kniegelenk. Nach Heck und Henke (1995) verteilen sich die häufigsten Handballverletzungen ebenfalls auf das Sprunggelenk (25%), Hand und Handgelenkbereich (25%), Kniegelenk (19%) und den Kopfbereich (15%). Auch die Fragebogen-Erhebung an 11 Teams der 1. Frauen Handball Bundesliga (n=150) und 8 Teams der 2. Frauen Handball Bundesliga (n=106) in der Spielzeit 1993/94 von Froböse et al. (1996) bestätigt die große Anfälligkeit der unteren Extremitäten. So ereigneten sich 13,6% der Verletzungen am Sprunggelenk, 12,4% an den Fingergelenken, 6,5% am Kreuzband, 5,3% am Meniskus, 4,7% am Ellbogengelenk und 4,7% am Schultergelenk.

Tab. 2. Risiken beim Handball (Menke, 2000, S. 26)



Sportverletzungen führen auch außerhalb des Sports zu erheblichen Konsequenzen. Leidinger et al. (1990) zufolge enden 83,5 % der Handballverletzungen in einer Zwangspause für die Sportlerin oder den Sportler und bedeuten eine Schwächung für das Team. Die Ausfallsdauer beträgt pro Verletzung durchschnittlich sieben Wochen. Heck und Henke (1995) wiesen nach, dass jeder zweite Handballspieler mit einer Sprunggelenksverletzung länger als sieben Wochen und mit einer Knieverletzung länger als 13 Wochen pausieren muss. Nach Leidinger et al. (1990) führen 37% der Verletzungen zur Arbeitsunfähigkeit, das heißt, dass statistisch gesehen jeder Handballer 5,2 Tage pro Jahr aufgrund einer Handballverletzung nicht arbeiten kann. Zudem zeigen die Autoren, dass 15,6% der ärztlich behandelten Verletzungen operiert werden müssen. Die angeführten Studien machen deutlich, dass der Prävention von Sportverletzungen eine zentrale Bedeutung zukommt.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden Ressourcenknappheit im Gesundheitssystem und der daraus resultierenden Forderung nach kosteneffektiven Präventionsmaßnahmen erscheint es zudem notwenig, zukünftig gesundheitsökonomische Evaluationen zu integrieren. (Pfeifer, 2009, S. 35)

2.3.7 Präventionsprogramme

Propriozeptives Training war bislang hauptsächlicher Bestandteil von rehabilitativen Maßnahmen nach einer Verletzung. Viele Studien beschäftigen sich daher mit der Kompensation eines propriozeptiven Defizits (Beard et al., 1994; Cooper, Taylor & Feller, 2005; Fitzgerald, Axe & Snyder-Mackler, 2000). Auch

bei der Prävention von Gelenkverletzungen scheinen sensomotorische Trainingsformen einen hohen Nutzen zu besitzen. So schließt Gruber (2001) eine möglicherweise verbesserte funktionelle Gelenkstabilität durch ein präventives Interventionsprogramm nicht aus. Dass ein sensomotorisches Training Verbesserungen der Standstabilität nach sich zieht, konnte schon eine Reihe von Autoren zeigen (Emery, Cassidy, Klassen, Rosychuk et al., 2005; Freeman, Dean & Hanham, 1965; Gauchard, Jeandel, Tessier & Perrin, 1999; Heitkamp, Horstmann, Mayer, Weller et al., 2001; Hoffmann & Payne, 1995).

2.3.7.1 *Ballsportarten*

Ein Großteil der Studien zu Präventionsmaßnahmen im Ballsport beschäftigt sich mit dem vorderen Kreuzband, so auch die im Weiteren näher beschriebenen Untersuchungen. Dieser ligamentären Struktur kommt besondere Bedeutung zu, da eine Kreuzbandverletzung zu einer monatelangen Trainings- und Spielpause führt.

Das Henning Programm (Griffin, 2000) beispielsweise dient der Verhinderung von Kreuzbandverletzungen im Basketball. Hier wird versucht, durch Modifizierung einzelner Bewegungsmuster verletzungsanfällige Gelenkstellungen zu vermeiden. Bei der Landung nach einem Sprung soll das Knie leicht gebeugt sein, das Abstoppen soll durch mehrere kleine Schritte erfolgen. Diese Präventionsstrategien können in Koordinations- und Sprungübungen eingebaut werden. Durch diese Vorgehensweise konnte die Verletzungsrate von Kreuzbandrupturen um 89% gesenkt werden. Auch Caraffa, Cerulli, Projetti, Aisa et al. (1996) beschäftigten sich mit der Prävention von Kreuzbandrupturen. An 600 professionellen männlichen Fußballspielern konnten sie aufzeigen, dass Propriozeptionstraining auf einem Balancebrett die Zahl der Verletzungen deutlich senken kann. Über den Zeitraum von drei Saisons kam es in der Präventionstrainingsgruppe (n=300) zu 10, in der Kontrollgruppe zu 70 Kreuzbandrupturen. Das Prevent Injury Enhance Performance (PEP) ist in die „Santa Monica ACL Prevention Projects“ eingebettet (Gilchrist, Mandelbaum, Melancon, Ryan et al., 2005). Dieses Fußball-Trainingsprogramm ist Inhalt des Aufwärmens und stellt so keinen zusätzlichen Trainingsaufwand dar. Es soll das Risiko verletzungsträchtiger Positionen reduzieren, außerdem Kraft und Flexibilität verbessern und beinhaltet zudem Sprung- und Propriozeptionsübungen. Insgesamt nahmen 61 Mannschaften mit 1435 Spielerinnen an der

Studie teil. In der Trainingsgruppe kam es zu sieben, in der Kontrollgruppe, ohne entsprechendes Präventionstraining, zu 18 Kreuzbandrupturen. Diese Ergebnisse wurden auch von Mandelbaum, Silvers, Watanabe, Knarr et al. (2005) bestätigt. Durch ein „neuromuskuläres und propriozeptives Training“ konnten sie an über 2500 Fußballerinnen eine Reduktion der Kreuzbandrupturen im Jahr 2000 um 88% bzw. 2001 um 74% nachweisen. Das „Cincinnati Sportsmetric Training Program“ (Hewett, Lindenfeld, Riccobene & Noyes, 1999) wurde an 1263 Fußball-, Volleyball- und Basketballspielern getestet. Es bestand aus einem speziellen Sprungtrainingsprogramm, in dem verletzungs-trächtige Bewegungsmuster durch kontrollierte Gelenkpositionen vermieden wurden. So konnte die Verletzungshäufigkeit schwerer Knieverletzungen halbiert werden. Im Gegensatz zu den oben genannten Untersuchungen steht die Studie von Sonderman, Werner, Pietila, Engstrom et al. (2000). Die Fußballerinnen (n=221) ihrer Untersuchung erlitten in der Präventionsgruppe acht schwere Verletzungen (darunter fünf Kreuzbandrupturen), in der Kontrollgruppe jedoch nur eine schwere Verletzung.

In einer der ersten Studien zur präventiven Wirkung von propriozeptivem Training auf das Sprunggelenk testeten Tropp, Askling und Gillquist (1985) über einen Zeitraum von sechs Monaten 25 Fußballteams (n=450) in einer propriozeptiven Interventions-, einer Kontroll- sowie einer mit Orthesen versorgten Gruppe. Die Intervention wurde nur von Spielern absolviert, die bereits am Sprunggelenk verletzt waren. In der Kontrollgruppe kam es zu 30, in der Orthesengruppe zu zwei und in der Interventionsgruppe zu drei Verletzungen. Verhagen, van der Beek, Twisk, Bouter et al. (2004) konnten in ihrer Studie an 116 Volleyballteams eine reduzierte Verletzungsrate am Sprunggelenk bei der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe zeigen. Gleichzeitig blieb der Effekt am Kniegelenk aus. Es wurde sogar eine erhöhte Verletzungsinzidenz festgestellt. Auch McGuine und Keene (2006) stellten bei 746 männlichen und weiblichen Probanden im Basketball und Fußball durch ein Balance-Training eine signifikante Reduktion von Distorsionen des Sprunggelenks fest. Das sensomotorische Training wurde über sechs Monate durchgeführt, wobei in den ersten vier Wochen fünf Mal und in den folgenden 18 Wochen drei Mal pro Woche trainiert wurde. Emery, Rose, McAllister und Meeuwisse (2007) wiesen insgesamt eine signifikante Reduktion akuter Verletzungen in einer Präventionsstudie bei männlichen und weiblichen Nachwuchs Basket-

ballern (n=920) nach. Die Übungen wurden in das Aufwärmprogramm integriert und auf diese Weise fünf Minuten pro Trainingseinheit, in fünf Trainingseinheiten pro Woche, über ein Jahr durchgeführt. Zusätzlich führten die Sportler ein 20-minütiges Heimtrainingsprogramm auf einem Wackelbrett durch.

Zusammenfassend sprechen die vorliegenden Studienergebnisse (vgl. Tabelle 3) für die Wirksamkeit sensomotorischen Trainings zur Verletzungsprophylaxe. Präventionsprogramme können das Verletzungsrisiko der unteren Extremität im Ballsport verringern (Pfeifer, 2009). Insgesamt sind die Ergebnisse am Kniegelenk in Bezug auf die Gelenkstabilität durch sensomotorisches Training weniger positiv zu sehen als die des Sprunggelenks (Bruhn, 2009).

Tab. 3. Forschungsüberblick: Präventionsprogramme im Ballsport (Reihenfolge entsprechend der Erwähnung im Text)

Studie	Intention	Stichprobe	Intervention	Ergebnisse
Griffin (2000)	Prävention von Kreuzbandrupturen	Basketballspieler	Aufklärung einzelner Bewegungsmuster In Koordinations- und Sprungübungen eingebaut	Reduktion der Verletzungsrate von Kreuzbandrupturen um 89%
Caraffa et al. (1996)	Prävention von Kreuzbandrupturen	n=600 professionelle männliche Fußballspieler IG: n=300 KG: n=300	IG: Reguläre Sportpartizipation Propriozeptionstraining auf einem Balanceboard in 4 Schwierigkeitsgraden: 1 = Training (TR) ohne Balanceboard, 2 = TR auf einem rechteckigen Board, 3 = TR auf einem runden Board, 4 = TR auf einer Kombination von rechteckigem und rundem Board, 5 = TR auf einem BABS Board (beides in einem Gerät) <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 3 Saisons; Häufigkeit: 20 Minuten pro Tag KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 10 Kreuzbandrupturen, pro Team 0,15 Kreuzbandrupturen pro Jahr KG: 70 Kreuzbandrupturen, pro Team 1,15 Kreuzbandrupturen pro Jahr
Gilchrist et al. (2008)	Prävention von Kreuzbandrupturen	n=1435, FußballspielerInnen (61 Teams) IG: n=583 KG: N=852	IG: Reguläre Sportpartizipation Sprung- und Propriozeptionsübungen <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 12 Wochen; Häufigkeit: 3x/Woche KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 7 Kreuzbandrupturen KG: 18 Kreuzbandrupturen
Mandelbaum et al. (2005)	Prävention von Kreuzbandrupturen bei jugendlichen FußballspielerInnen	n=2500 FußballerInnen IG: n=1041 (52 Teams) KG: n=1905 (95 Teams)	IG: Reguläre Sportpartizipation Neuromuskuläres und propriozeptives Training im Aufwärmprogramm (3 Warm up Übungen, 5 Stretching Techniken für Oberkörper und Beine, 3 Kraftübungen, 5 Sprungkraftübungen, 3 fußballspezifische Übungen) <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 2 Jahre; Häufigkeit: vor jedem Training/Spiel; 20minütiges Aufwärmprogramm KG: Reguläre Sportpartizipation	Reduktion der Kreuzbandrupturen in: 2000 um 88% 2001 um 74%
Hewett et al. (1999)	Reduktion schwerer Knieverletzungen	n=1263 Fußball-, Volleyball- und BasketballspielerInnen IG: n=466 (Frauen) KG: n=463 (Frauen) und n=434 (Männer)	IG: Reguläre Sportpartizipation Spezielles Sprungtrainingsprogramm zur Vermeidung von verletzungsträchtigen Bewegungsmustern <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 6 Wochen vor Saisonbeginn; Häufigkeit: 3x60-90min/Woche KG: Reguläre Sportpartizipation	Schwere Knieverletzungen konnten halbiert werden
Sonderman et al. (2000)	Prävention von Verletzungen der unteren Extremität bei Fußballspielerinnen	n=221 Fußballspielerinnen IG: n=121 KG: n=100	IG: Reguläre Sportpartizipation <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 3 Monate; 10-15minütiges Übungsprogramm auf einem Balanceboard KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 8 schwere Verletzungen KG: 1 schwere Verletzung

Tab. 3. Fortsetzung

Studie	Intention	Stichprobe	Intervention	Ergebnisse
Tropp et al. (1985)	Prävention von Sprunggelenksverletzungen	n=450 Fußballspieler (25 Herren-Teams) IG: n=144 (8 Teams); n=124 mit Orthesen (OG, 7 Teams) KG: n=171 (10 Teams)	IG: Reguläre Sportpartizipation Koordinationsprogramm einbeinig bzw. beidbeinig <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 6 Monate; Häufigkeit: erste 10 Wochen: 5x10min/Woche, dann 3x5min/Woche KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 3 Verletzungen KG: 30 Verletzungen OG: 2 Verletzungen
Verhagen et al. (2004)	Prävention von Sprung- und Kniegelenksverletzungen	116 Volleyballteams IG: n=641 (66 Teams) KG: n=486 (50 Teams)	IG: Reguläre Sportpartizipation Training auf einem Balanceboard in 4 Ebenen: 1 = Übungen ohne Hilfsmittel, 2 = mit Ball, 3 = mit Balanceboard, 4 = mit Balanceboard und Ball <u>Belastungsparameter:</u> Häufigkeit: in jeder Trainingseinheit während des Aufwärmens; 5minütiges Übungsprogramm KG: Reguläre Sportpartizipation	Signifikante Reduktion von Sprunggelenksverletzungen bei vorgesägten Gelenken
McGuine et al. (2006)	Prävention von Distorsionen des Sprunggelenks	n=756 jugendliche und erwachsene Basketball- und FußballspielerInnen (523 weiblich, 242 männlich)	IG: Reguläre Sportpartizipation Balanceübungen im Einbeinstand, Variationen der Unterlage (stabil und labil) und der Übungsform (statisch und dynamisch) mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad, Variation der visuellen Kontrolle (offene und geschlossene Augen) <u>Belastungsparameter:</u> 10minütiges Übungsprogramm; Zeitraum: 6 Monate; Häufigkeit: erste 4 Wochen: 5x/Woche, folgende 18 Wochen: 3x/Woche KG: Reguläre Sportpartizipation	Risikoreduktion der IG von Sprunggelenksdistorsionen gegenüber der KG
Emery et al. (2007)	Verletzungsprävention	n=920 jugendliche BasketballspielerInnen IG: n=494 KG: n=426	IG: reguläre Sportpartizipation 5minütiges Balancetraining während des Aufwärmens <u>Belastungsparameter:</u> 5x pro Woche, Zeitraum: 1 Jahr, zusätzliches 20minütiges Heimtraining mit Wackelbrett KG: reguläre Sportpartizipation	Signifikant geringere Rate an Verletzungen in der IG

2.3.7.2 *Handballspezifisch*

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein integratives Propriozeptionstraining am Beispiel der Handball Damen-Regionalliga. Aus diesem Grund sind die unten aufgeführten handballspezifischen Studien von besonderem Interesse.

Wedderkopp, Kaltoft, Lundgaard, Rosendahl et al. (1999) entwickelten ein Trainingsprogramm, um Verletzungen der unteren Extremitäten bei jugendlichen Handballspielerinnen zu reduzieren. An der Studie nahmen insgesamt 22 Mannschaften teil, wobei sowohl die Interventionsgruppe (n=111) als auch die Kontrollgruppe (n=126) aus 11 Teams bestand. Das Programm wurde über einen Zeitraum von 10 Monaten in jeder Trainingseinheit durchgeführt und bestand aus einem zehn bis 15 minütigen Stabilisieren auf einem Therapiekreisel. Wedderkopp et al. (1999) wiesen bei den Spielerinnen der Interventionsgruppe ein um 5.9 fach geringeres Verletzungsrisiko als in der Kontrollgruppe nach.

Petersen et al. (2002) erstellten ebenfalls ein Trainingsprogramm zur Prävention von Handballverletzungen (vgl. Tabelle 4). Sie untersuchten eine Herren-Handballmannschaft der 2. Bundesliga. Das Präventivprogramm fand vor Rundenbeginn statt und setzte sich aus Aufklärung, Propriozeptionstraining und Koordinations- und Sprungkrafttraining zusammen. Gleichzeitig diente eine weitere Mannschaft ohne propriozeptives Training als Kontrollgruppe. Der Prä-Postvergleich der Verletzungsschwere und –häufigkeit von Kniegelenk und OSG-Distorsionen zeigt eine deutliche Verletzungsreduktion der Präventionstrainingsgruppe (vgl. Tabelle 5 und 6). Daraus lässt sich laut Petersen et al. (2002) schließen, dass ein Propriozeptionstraining für eine Handballmannschaft notwendig ist und deshalb Bestandteil jeder Trainingseinheit sein muss.

Tab. 4. Das Kieler Handball-Verletzungs-Präventionsprogramm (Petersen et al., 2002, S. 123)

	<i>statisch: Propriozeptionsübungen</i>	<i>dynamisch: Sprungübungen</i>
1. Stufe	Einbeinstand und handball-spezifische Wurfübungen (auf achsengerechte Ausrichtung des Kniegelenkes achten, Knie in leichter Beugung, keine Außenrotation), evtl. Übungen mit geschlossenen Augen	
2. Stufe	Rundes Wackelbrett: Erst beidbeinig, dann einbeinig, gegensätzliche Bewegungen von Stand- und Spielbein, leichte Wurfübungen mit Partner	Saltomatte: Sprünge auf der Matte (erst beidbeinig, dann einbeinig), später mit handballspezifischen Wurfübungen. → Körperkontrolle durch den Trainer: Landen auf dem Vorfuß, Knie über den Zehen ←
3. Stufe	Rundes Wackelbrett, längliches Wackelbrett: einbeinig (abwechselnd links und rechts) und Wurfübungen mit Partner	Saltomatte: Sprünge vom Boden auf die Matte (erst beidbeinig, dann einbeinig), später mit handballspezifischen Wurfübungen
4. Stufe	Rundes Wackelbrett, längliches Wackelbrett: einbeinig (abwechselnd links und rechts) und Wurfübungen mit Partner	Saltomatte: Sprünge vom Kasten auf die Matte (erst beidbeinig, dann einbeinig), später mit handballspezifischen Wurfübungen
5. Stufe	Rundes Wackelbrett, längliches Wackelbrett: einbeinig und Wurfübungen mit Partner, zusätzlich Übungen bei denen der Spieler durch seinen Partner aus dem Gleichgewicht gebracht wird	Saltomatte: Sprünge vom Kasten auf die Matte (erst beidbeinig, dann einbeinig), später mit handballspezifischen Wurfübungen
6. Stufe	Rundes Wackelbrett, längliches Wackelbrett: einbeinig (abwechselnd links und rechts), geschlossene Augen und Wurfübungen mit Partner	Saltomatte: Sprünge vom Kasten auf die Matte, handballspezifische Wurfübungen, geschlossene Augen

Tab. 5. Verletzungshäufigkeit von Kniegelenks- und OSG Distorsionen (Petersen et al., 2002, S. 124)

	<i>Mannschaft mit Präventionsprogramm</i>	<i>Mannschaft ohne Präventionsprogramm</i>
OSG Distorsion	6	14
Kniegelenksdistorion	2	5

Tab. 6. Verletzungsschwere und Häufigkeit von Kniegelenks- und OSG Distorsionen (Petersen et al., 2002, S. 124)

Verletzungsschwere	Mannschaft mit Präventionsprogramm	Mannschaft ohne Präventionsprogramm
leicht	22	33
mittel	17	27
schwer	0	2
Gesamtzahl der Verletzungen	39	62

Myklebust, Engebretsen, Hoff, Braekken et al. (2003) führten mit weiblichen Handballmannschaften der ersten drei Ligen Norwegens eine Studie zur Prävention von Kreuzbandschäden durch. Zunächst wurde eine Kontrollgruppe aus der Saison 1998/1999 mit 60 Handballmannschaften (942 Spielerinnen) ermittelt, um dann 1999/2000 mit 58 Frauenteams (855 Spielerinnen) den ersten und 2000/2001 mit 52 Teams (850 Spielerinnen) den zweiten Übungsabschnitt durchführen zu können. Die Ziele des Programms waren neben einer beidbeinigen Landung und Änderung der Täuschbewegung auch eine verbesserte Kontrolle und das Bewusstmachen der Kniefunktion. Das Trainingsprogramm wurde meist paarweise ausgeführt und bestand aus isolierten handballspezifischen Stabilisationsübungen auf unterschiedlichen Unterlagen (vgl. Tabelle 7). Während der ersten fünf Wochen wurde das Programm dreimal wöchentlich absolviert, bevor in der Folgephase auf mindestens einmal wöchentlich reduziert wurde und die Übungen des gesamten Programms variiert wurden. Das 5-Phasen-Programm nahm 15 Minuten pro Trainingseinheit in Anspruch. Die Spielerinnen wurden auf drei verschiedene Stationen (Boden, Matte, Kreisel) verteilt, an jeder Station wurde circa fünf Minuten geübt. In der Kontrollsaison – ohne Präventionsprogramm – verletzten sich 29 Spielerinnen am vorderen Kreuzband, in der ersten Saison nach sensomotorischem Interventionstraining erlitten nur noch 23 Spielerinnen und in der zweiten Saison gar 17 Spielerinnen einen Kreuzbandschaden.

Tab. 7. 5-Phasen-Programm zur Vorbeugung von Kreuzbandschäden (Myklebust et al., 2003, S. 76)

Woche 1 - A1 Laufen mit Stemmen <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Team▪ ruhiges Joggen mit zwischengeschaltetem Stemmschritt▪ Partner joggt vor dem Spieler und gibt Rückmeldung▪ Wechsel nach 20 m	B1 Ballannahme auf einem Bein <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Team, jeder auf einer Matte▪ Passen in verschiedenen Höhen und Tempi▪ Bein nach ca. 10 sec. wechseln	C1 Passen im beidbeinigem Stand <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Team, jeder auf einem Kreisel▪ Passen in verschiedenen Höhen und Tempi
Woche 2 - A2 Hüpfen und beidbeinige Landung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams▪ Spieler hüpf re, dann li und anschließend beidbeinige Landung▪ Rhythmus: hüpf, hüpf, einbeinige Landung, hüpf, hüpf, beidbeinige L.▪ Partner geht voraus und kontrolliert Körper- und Knieposition▪ 3-4 Durchgänge, dann wechseln	B2 Frosch mit beidbeiniger Landung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, eine Matte und eine Langbank▪ zum Partner passen▪ beidbeinige Landung▪ Landeposition 2 sec. halten	C2 Kniebeugen beid- und einbeinig <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, jeder auf einem Kreisel▪ Kniebeugen zuerst beid-, dann einbeinig▪ Beinwechsel nach 10 sec.
Woche 3 - A3 Sprungtäuschung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams▪ einbeiniger Sprung zur Täuschung▪ Trainiere Abschluss aus der Täuschung▪ Verhindere, dass das Becken zu weit zur Seite geht und das Knie nach innen gleitet▪ Pass vom Partner - Wechsel	B3 Einbeinige Landung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, eine Matte und eine Langbank▪ Pass in der Luft kurz vor der Landung▪ wechselweise Landung auf li / re Bein▪ Landeposition 2 sec. halten	C3 Einbeiniges Passen <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, jeder auf einem Kreisel▪ Passen in verschiedenen Tempi und Schwierigkeitsgraden▪ Beinwechsel nach 15 sec.
Woche 4 - A4 Hüpfen mit Drehung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams▪ beidbeiniges Hüpfen vor/zurück, 180° Rotation, gleiche Bewegung zurück▪ nach und nach mit Stoss vom Partner▪ 3-4 Durchgänge, dann wechseln	B4 Beid- und einbeiniger „Kampf“ <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, jeder auf einer Matte▪ Versucht einander aus der Stellung zu schubsen. Vergiss nicht Kontrolle und Bewusstsein für die Knieposition▪ Bein nach 10-15 sec. „Einbeinkampf“ wechseln	C4 Einbeiniges Ballstoßen mit geschlossenen Augen <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, jeder auf einem Kreisel▪ den Ball stoßen, nach und nach mit geschlossenen Augen
Woche 5 - A5 Sprungtäuschung und beidbeinige Landung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams▪ wie A3, aber beginne mit dem Sprung und Abschluss mit beidbeiniger Landung	B5 Sprung mit Drehung <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, eine Matte▪ Matte darf nicht rutschen▪ hoher Sprung mit Ballentgegennahme und beidbeiniger Landung, nachher 180° Wendung	C5 Beid- und einbeiniger „Kampf“ <ul style="list-style-type: none">▪ 2er Teams, jeder auf einem Kreisel▪ Versucht einander aus der Stellung zu schubsen. Vergiss nicht Kontrolle und Bewusstsein für die Knieposition▪ Bein nach 10-15 sec. „Einbeinkampf“ wechseln

Olsen, Myklebust, Engebretsen, Holme et al. (2005) wiesen den Effekt eines in das Aufwärmprogramm integrierten sensomotorischen Trainings bei weiblichen und männlichen Nachwuchs-Handballspielern (n=1886) nach. Das Aufwärmprogramm beinhaltete neben Balance-Training auch Lauf- und Kraftübungen. Daher ist nicht gesichert, worauf die Ergebnisse zurückzuführen sind. Die Autoren zeigten eine signifikante Reduktion aller Verletzungen. Bemerkenswert ist, dass in der Interventionsgruppe signifikant weniger mittelschwere und schwere Verletzungen als in der Kontrollgruppe auftraten.

Der Erfolg des propriozeptiven Grundlagentrainings zeigte sich an der erreichten Reduktion von typischen Verletzungen in einer früheren Studie zu dieser Arbeit (Rebholz, 2003). So traten bei der Damen-Handball-Bundesliga-Mannschaft (n=11) in der nachfolgenden Saison keine weiteren Sprunggelenksverletzungen auf. Das isoliert organisierte Trainingsprogramm wurde über acht Wochen auf propriozeptiven Hilfsmitteln (Wackelbrett, Gymnastikmatte, Luftkissen) durchgeführt. Trotz der positiven Ergebnisse der Untersuchung konnte sich das zehnminütige Trainingsprogramm nicht etablieren. Das in der vorliegenden Arbeit dargestellte integrierte Propriozeptionstraining wurde entwickelt, um die eigentliche Trainingsintention nicht zu vernachlässigen. Bei der Pilotstudie zu vorliegenden Arbeit absolvierten acht internationale Damen-Bundesliga-Mannschaften (n=84) das 8-wöchige Programm, das aus modifizierten handballspezifischen Übungen bestand, die in einzelne Übungen integriert wurden (Rebholz, 2005). Das subjektive Stabilitätsempfinden der Spielerinnen verbesserte sich nach der Durchführung des integrativen Propriozeptionprogramms signifikant (vgl. Tabelle 8).

Tab. 8. Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfindens in den einzelnen Mannschaften von Prä- zu Post-Test (Signifikanz: p-Werte < 0,05 sind durch * gekennzeichnet) (Rebholz, 2005)

Mannschaft	Gesamt-			Signifikanz
	MW	STABW	t-Wert	
I	0,54	2,58	2,21	
II	1,06	1,51	9,31	*
III	0,23	1,14	2,68	*
IV	0,38	1,77	1,35	
V	0,61	1,95	4,15	*
VI	1,05	1,74	8,01	*
VII	0,70	2,07	4,49	*
VIII	1,08	1,77	8,99	*

Die Ergebnisse der Studien (vgl. Tabelle 9) sprechen für die Wirksamkeit eines präventiven sensomotorischen Trainings, um Sportverletzungen im Ballsport, insbesondere im Handball, zu reduzieren. Dabei haben die in den Studien aufgeführten Übungen additiven Charakter und sind mit einem zusätzlichen Zeitaufwand verbunden. Nach Zantop (2003) sollte das Präventionsprogramm leicht in den bestehenden Trainingsablauf integriert werden und wenig Zeit in Anspruch nehmen, um so die Akzeptanz der Trainer weiter zu verbessern.

Tab. 9. Forschungsüberblick: Präventionsprogramme im Handball (Reihenfolge nach Erwähnung im Text)

Studie	Intention	Stichprobe	Intervention	Ergebnisse
Wedderkopp et al. (1999)	Prävention von Verletzungen der unteren Extremität bei jugendlichen Handballspielerinnen	n=237 jugendliche Handballspielerinnen (22 Teams) IG: n=111 (11 Teams) KG: n=126 (11 Teams)	IG: Reguläre Sportpartizipation Stabilisieren auf einem Therapiekreisel <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 10 Monate; Häufigkeit: in jeder Trainingseinheit; 10-15minütiges Übungsprogramm KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: ein um 5,9 fach geringeres Verletzungsrisiko als in der KG
Petersen et al. (2002)	Prävention von Handballverletzungen	IG: n=18 1 Herren-Handballteam KG: 1 Handballteam	IG: Reguläre Sportpartizipation Aufklärung, Propriozeptionstraining, Koordinations- und Sprungkrafttraining <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 8 Wochen; Häufigkeit: Vorbereitungsphase: 3x5min/Woche, Spielphase: 1-2x5min/Woche KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 6 Sprung- und 2 Kniegelenksdistorsionen KG: 14 Sprung- und 5 Kniegelenksdistorsionen
Myklebust et al. (2003)	Prävention von Kreuzbandschäden in den ersten drei Ligen Norwegens	IG: 1999/2000: n=855 58 Frauen-Handballteams 2000/2001: n=850 52 Frauen-Handballteams KG: 1998/1999: n=942 60 Frauen-Handballteams	IG: Reguläre Sportpartizipation Aufklärung über physiologische Kniefunktion, beidbeinige Landung, Änderung der Täuschbewegung; isolierte handballspezifische Stabilisationsübungen auf unterschiedlichen Unterlagen (Boden, Matte, Kreisel) <u>Belastungsparameter:</u> Häufigkeit: erste 5 Wochen: 3x/Woche; Folgephase: mindestens 1x/Woche; 15minütiges Übungsprogramm KG: Reguläre Sportpartizipation	IG: 1999/2000: 23 Kreuzbandschäden 2000/2001: 17 Kreuzbandschäden KG: 1998/1999: 29 Kreuzbandschäden
Olsen et al. (2005)	Reduktion von Knie- und Sprunggelenksverletzungen bei jugendlichen HandballspielerInnen	n=1886 HandballspielerInnen (123 Teams)	IG: Reguläre Sportpartizipation Laufübungen, Sprung- und Balanceübungen (Wackelbrett), Kraftübungen im Rahmen des Aufwärmens Aufmerksamkeitsgeleitete Übungsausführung, Fokus auf Kniestabilität <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 8 Monate; Häufigkeit: zunächst 15 aufeinander folgende Trainingseinheiten, Folgezeit: 2x/Woche; 15-20minütiges Übungsprogramm KG: Reguläre Sportpartizipation	Reduktion von Knie- und Sprunggelenksverletzungen in der IG

Tab. 9. Fortsetzung

Studie	Intention	Stichprobe	Intervention	Ergebnisse
Rebholz (2003)	Prävention von Sprunggelenksverletzungen	n=11 Handballspielerinnen (1 Team)	Isoliertes Stabilisationstraining im Einbeinstand auf propriozeptiven Hilfsmitteln (Wackelbrett, Gymnastikmatte, Luftkissen) mit ansteigendem Schwierigkeitsgrad (Störgrößen; Partner etc.) <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 8 Wochen; Häufigkeit: 3x/Woche; 10minütiges Übungsprogramm (4 Übungen)	Keine Sprunggelenksverletzungen in der nachfolgenden Saison
Rebholz (2005)	Prävention von Sprunggelenksverletzungen Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens	n=84 Handballspielerinnen (8 Teams)	Modifizierte handballspezifische Übungen mit Stabilisierungselementen <u>Belastungsparameter:</u> Zeitraum: 8 Wochen; Häufigkeit: 3x/Woche zwei Übungen mit integriertem Propriozeptionstraining, Belastungsparameter werden durch die handballspezifische Übung bestimmt	Keine Sprunggelenksverletzungen in der nachfolgenden Saison Signifikante Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens

2.4 Ziele propriozeptiven Trainings

In der Trainings- bzw. Wettkampfpraxis fördert Propriozeptionstraining eine schnellere Kraftentfaltung zur aktiven Gelenkstabilisation, so dass ein möglicher Umknickvorgang den gefährdeten Kapsel-Band-Apparat nicht erreicht oder ein Umknicken gar verhindert werden kann. Das Ziel eines Stabilisationstrainings sollte deshalb „eine verstärkte bewusste Empfindung von Gelenkposition und –bewegung [und] unbewusste Gelenkstabilisierung“ sein (Schlumberger & Eder, 2001, S. 27). Die Kontrolle über das Gelenk sollte automatisiert werden (Schlumberger & Eder, 2001), so dass Situationen, in denen der Fokus auf Ball und Gegner liegt, verletzungsfrei überstanden werden. Auch nach Jerosch (2007) ist das Ziel für eine präventive Intervention unter anderem eine statische und dynamische Gelenkstabilisierung.

Eine Vielzahl von Studien beschäftigte sich außerdem mit den Einflüssen des sensomotorischen Trainings auf die motorische Leistungsfähigkeit (Chimera, Swanik, Swanik & Straub, 2004; Turner, Owings & Schwane, 2003; Vossen, Kramer, Burke & Vossen, 2000; Wilson, Murphey & Giorgi, 1996). Folgende Zielparameter spielten dabei eine Rolle: Muskelaktivierung, Sprung- und Sprintleistung, Laufökonomie sowie konzentrische und exzentrische Kraftfähigkeiten. Pfeifer (2009) bestätigt durch sensomotorisches Training Verbesserungen der Laufökonomie und der Schnellkraftfähigkeit. Bei der Wirksamkeit eines sensomotorischen Trainings hinsichtlich der motorischen Leistungsfähigkeit sind weitere Studien nötig, um die resultierende sportartspezifische Leistung im Wettkampf zu untersuchen. Des Weiteren soll das propriozeptive Training die Gleichgewichtsfähigkeit schulen (Hüter-Becker, Schewe & Heipitz, 1996). Zudem werden die Haltungsstabilität, der ökonomische Krafteinsatz und die Reaktionsmöglichkeit auf äußere Reize sowohl im Alltag als auch im Sport verbessert.

Traditionell ist propriozeptives Training fester Bestandteil rehabilitativer Maßnahmen. Nach Nepper (1993) ist dieses immer dann unumgänglich, wenn durch Immobilisation, Unterforderung oder eine Verletzung die Tiefensensibilität stark gestört wurde. Besonders solche Traumen sind in der Lage Propriozeptoren zu zerstören und erhöhen so das Risiko einer erneuten Verletzung. Der „propriozeptive Teufelskreis“ (Lephart, Pincivero & Giraldo, 1997) verdeutlicht die Bedeutung eines spezifischen sensomotorischen Trainings (vgl.

Abbildung 14). Im Sport werden neuromuskuläre Dysbalancen sowie Verletzungen meist auf eine mangelhafte bzw. geschädigte propriozeptive Leistungsfähigkeit zurückgeführt. Voraussetzung für jede sportliche Betätigung ist die Funktion der Propriozeptoren. Falsches oder zu geringes Training kann Propriozeption jedoch auch negativ beeinflussen und zu Dysfunktionen führen. Funktionelle Störungen und Verletzungen sind die Konsequenz, die die Propriozeption erneut beeinflussen und zu weiteren Traumatisierungen und Gelenkdegenerationen führen können (Lephart et al., 1997). Deshalb sollte primäres Ziel des propriozeptiven Trainings die Verletzungsprophylaxe sein, um nicht in diesen Teufelskreis zu gelangen.

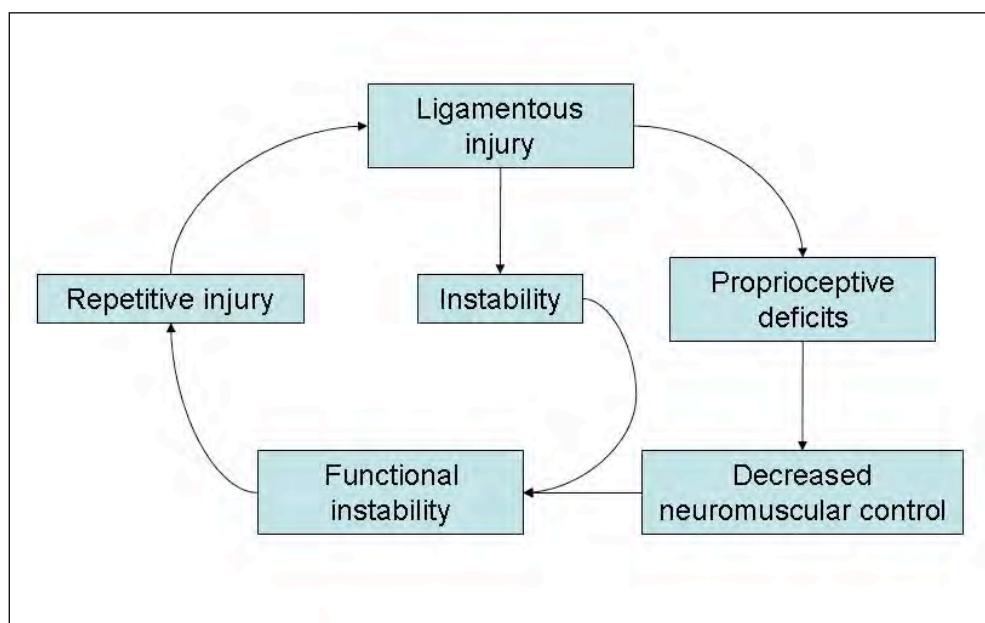


Abb.14. Propriozeptiver Teufelskreis (Lephart et al., 1997, S. 131)

2.5 Handballspezifisches integratives Propriozeptionstraining

Die aufgeführten Studien, Verletzungsstatistiken und Ziele offenbaren Handlungsbedarf für die Trainingspraxis hinsichtlich eines sensomotorischen Trainings. „Ein zusätzlicher, stabilisierender Beitrag der aktiven Strukturen für die Absicherung der funktionellen Stabilität der Gelenke“ ist unerlässlich (Bruhn, 2003, S. 35).

Das Interventionsprogramm der vorliegenden Untersuchung hat sich zum Ziel gesetzt propriozeptive und handballspezifische Übungen zusammen in das Training einzugliedern, ohne die eigentliche Trainingsintention der Ballsportart zu vernachlässigen. Dazu werden handballspezifische Trainingsmaßnahmen so modifiziert, dass in den einzelnen Übungen propriozeptive Reize integriert sind (vgl. Anhänge F und G). Auf diese Weise werden Trainingszeit und -maßnahmen doppelt genutzt und verletzungsprophylaktisch umgesetzt.

In Abschnitt 2.5.1 werden die Grundlagen für die Entstehung der handballspezifischen Propriozeptionsübungen zur Prävention dargestellt. Daraus entstand die in Abschnitt 2.5.2 beschriebene Trainingsmethodik, Übungsauswahl und Übungs-CD. Auf Basis dessen wurde die Intervention der vorliegenden Studie durchgeführt.

2.5.1 Trainingswissenschaftliche Grundlagen

2.5.1.1 Ausführungsqualität der Grundposition

Ein Großteil der propriozeptiven Übungen greift auf den Einbeinstand als Grundposition zurück. Das Beherrschung des Einbeinstands ist daher die Voraussetzung für die Integration propriozeptiver Elemente in handballspezifische Übungen. Bei der Ausführung der Grundposition ist vor allem auf eine gerade Körperhaltung, einen nach vorne gerichteten Blick und auf eine leichte Standbeinbeugung im Kniegelenk zu achten (vgl. Abbildung 15). Um zu gewährleisten, dass die Ausgleichsbewegungen vor allem in Sprung- und Kniegelenken stattfinden, sind die Arme in der Grundposition hinter dem Rücken zu verschränken. Außerdem ist auf die ruhige Stellung von Rumpf und Spielbein zu achten.

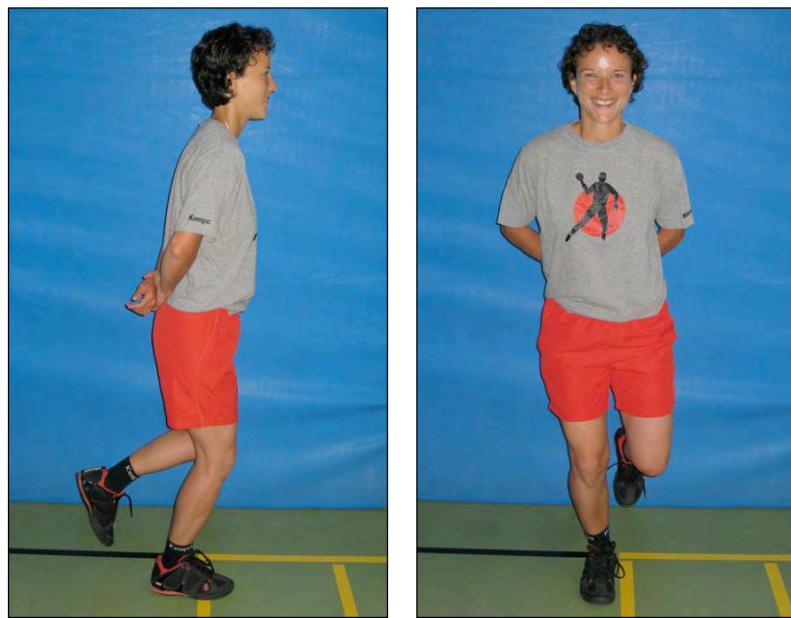


Abb.15. Korrekte Haltung beim Einbeinstand

2.5.1.2 *Methodisch-didaktische Grundlagen*

Das in dieser Studie vorgestellte Stabilisationstraining versteht sich auch als Teil des koordinativen Trainings. Aus diesem Grund sollte sich die trainingsmethodische Vorgehensweise an den Vorgaben des Koordinationstrainings orientieren. Koordinative Fähigkeiten sind Leistungsvoraussetzungen, „die primär durch Prozesse der Bewegungssteuerung und –regelung bestimmt werden“ (Müller, Stein, Konzag & Konzag, 1992, S. 186). Sie zeigen sich vor allem bei der Anwendung und Vervollkommnung von technisch-taktischen Elementen.

Im Handballsport wird durch das relativ kleine Spielfeld, die starke Gegnereinwirkung und das situative Mannschaftsspiel ein hohes Maß an koordinativen Fähigkeiten benötigt. Um den Spielanforderungen besser gerecht zu werden und ein hohes koordinatives Leistungsniveau zu erreichen, ist deren zielgerichtete Ausbildung unabdingbar. In Tabelle 10 werden die im Handballsport bedeutsamen koordinativen Fähigkeiten, anhand einiger Beispiele dargestellt.

Tab. 10. Spezielle koordinative Fähigkeiten im Handballsport (Müller et al., 1992, S. 186)

Äußerungsformen				
Räumliche Orientierungsfähigkeit	Motorische Umstellungsfähigkeit	Komplexe Reaktionsfähigkeit	Differenzierungs-fähigkeit	Motorische Kopp lungsfähigkeit
<p>Sehen, Erkennen und Lösen von momentanen und vorauszunehmenden Aufstellungskonstellationen in Angriff und Abwehr:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zuspiele an freistehende Kreisspieler – Einsatz von Grundkombinationen – Langpaß beim Konter – Abfangen von Bällen in der Abwehr 	<p>Treffen situationsspezifisch-optimaler Entscheidungen:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Folgehandlung bei Finten (Zuspiel statt Torwurf, Torwurf statt Zuspiel) – kreatives Lösen von Standards (Grundkombinationen) – Konterspiel, 2. Welle: Langpaß, Kurzpaß, Ballhalten oder Zuspiel, Zuspiel oder Dribbling, Torwurf oder Zuspiel 	<p>Reaktion auf spiel-immanente Signale (Mitspieler, Gegner, Ball, Schiedsrichter, äußere Umstände)</p> <ul style="list-style-type: none"> – Erkämpfen von abgeprallten und abgefälschten Bällen – Blocken von Torwürfen – Halten von Bällen durch Torwart – Kontereinleitung: <ul style="list-style-type: none"> a) Lauf b) Zuspiel 	<p>Präzisionsleistungen in den Spielhandlungen mit und ohne Ball</p> <ul style="list-style-type: none"> – Zuspiele von der Fern- in die Nahwurzone bei engem Handlungsräum (Schockwürfe hinter dem Kopf oder dem Rücken) – Langpaß bei Kontereinleitung unter gegnerischer Behinderung – Torwürfe: <ul style="list-style-type: none"> a) Fernwürfe b) Heber – Grundkombination FEP: 4 (4) – 7 (7) mit vorherigem Absprung in den Torraum 	<p>Verbindung von simultan oder sukzessiv ablaufenden Teilbewegungen</p> <ul style="list-style-type: none"> – Ballannahme im Sprung – Torwurf (Sprungwurf/Heber) oder Zuspiel – Ballannahme – Finte – Torwurf oder Zuspiel – Sprint (Konter) – Ballmitnahme (-aufnahme) – Dribbling – Sprungwurf

Aus den geforderten handballspezifischen koordinativen Fähigkeiten ergeben sich folgende methodische Grundsätze (Müller et al., 1992). Diese müssen bei der Erstellung und Durchführung eines Übungskatalogs für ein integratives Proprioceptionstraining berücksichtigt werden.

- Die Übungen sollten vielfältige, komplexe und differenzierte Anforderungen enthalten. Zusätzliche Kräftigungsübungen sollten erst nach sicherer Ausführung der Grundübung durchgeführt werden, d.h. erst nach Festigung der Bewegungsmuster sollten weitere Krafteinsätze zum Einsatz kommen.
- Die Zeit, Anzahl und Wiederholungen sollten kurz gehalten werden. Dafür kommt dem variablen Einsatz verschiedener instabiler Standflächen in vielen unterschiedlichen Übungsformen eine große Bedeutung zu.

- Auf koordinativ schwierige Übungen sollten leichtere Übungen folgen, um psychische Überbeanspruchung und Konzentrationsabfall zu vermeiden. Insgesamt sollte die progressive Belastungssteigerung durch Erhöhung des Schwierigkeitsgrades berücksichtigt werden.
- Die sensomotorischen Trainingsmaßnahmen sollten mehrmals in der Woche durchgeführt werden.

Durch Modifizierungen und Variantenreichtum werden ständig wechselnde Anforderungen geschaffen.

Das Modell nach Kröger und Roth (2002) vereint efferente und afferente Informationsverarbeitung. Koordinationstraining ist laut diesen Autoren durch die Verknüpfung einer „einfachen“ beherrschten Fertigkeit mit verschiedenen Druckbedingungen gekennzeichnet (vgl. Abbildung 16).

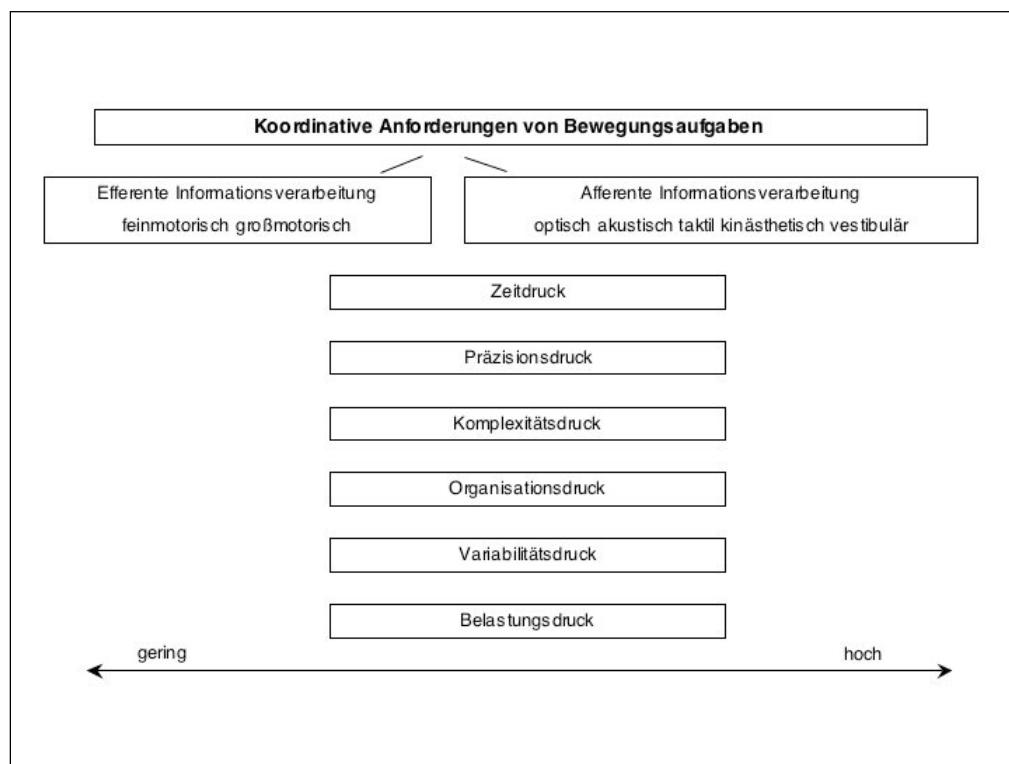


Abb.16. Anforderungsbausteine der Ballkoordination (Kröger & Roth, 2002, S. 21)

Die Anwendung dieses Modells in der Trainingspraxis eröffnen sich zahlreiche handballspezifische Handlungsmöglichkeiten, die nachfolgend beispielhaft dargestellt werden:

- Variation der Bewegungsausführung (Bewegungsphasen, Bewegungs- teile oder ganze Bewegungshandlungen abwandeln)
- Verändern der äußeren Bedingungen (Ballgröße, Ballgewicht, Ballform, Ballanzahl; Spielfeldgröße, Spielfelduntergrund, Spielfeld mit bzw. ohne Hindernisse; ständige Regelveränderungen, z.B. mit bzw. ohne Dribbling, Anzahl von Zuspielen vorgeben, Ballannahme und -abgabe vor- schreiben; Aktivität der Gegenspieler, Gegneranzahl; Organisationsfor- men, z.B. Aufstellungsformen, Übungs- und Spielformen, individuelles Training, Gruppen- oder Mannschaftstraining, kombinierte Formen)
- Kombination von Bewegungsfertigkeiten (Zusammenstellung von Handlungsketten mit propriozeptiven Grundübungen, Übungen aus klei- nen Spielen und sportartspezifischen Übungen)
- Variation der Informationsaufgabe (Abwechseln von optischen, akusti- schen, vestibulären, taktilen und kinästhetischen Reizen und Informatio- nen)
- Training unter Zeitdruck (Wettkampfsituationen schaffen durch Spiel- stände, Spielzeit und Ballgeschwindigkeiten)

Bei additivem Propriozeptionstraining stellt sich die Frage nach dem Zeitpunkt des sensomotorischen Trainings innerhalb der Trainingseinheit. Darüber besteht in der aktuellen Literatur bislang kein Konsens. Nach Schlumberger und Eder (2001, S. 29f) hat Stabilisationstraining zu Beginn einer Trainings- einheit den theoretischen Vorteil, dass

durch die akute Bahnung mono- und polysynaptischer Reflexwege [...] die spezifische Belastung gelenksichernder Muskeln [...] akute verletzungsprotektive Mechanismen in Gang gesetzt werden, die durch übliche spezifische Aufwärmmaßnahmen [...] vermutlich nicht zu erreichen sind.

Weitere Studien betrachten den Zeitpunkt der Trainingsmaßnahme aus anderer Perspektive. Sie zeigen, dass bei zunehmender Ermüdung die Spannung in der Muskulatur nachlässt und geringere propriozeptive Leistun- gen nachgewiesen werden können (Dohm-Acker, Spitzenpfeil & Hartmann, 2008; Lattanzio, Petrella, Spoule & Fowler, 1997; Rowe, Wright, Nyland,

Caborn et al., 1999; Wojtys, Wylie & Husten, 1996), so dass ein sensomotorisches Training nach hohen psychophysischen Belastungen ebenfalls sinnvoll erscheint. Durch Vorermüdungsbedingungen werden sportartspezifische Situationen simuliert. Ein Stabilisationstraining sollte jedoch nicht bei fortgeschrittener Ermüdung im Sinne individueller Erschöpfung, sondern nur bei moderatem Vorermüdungsgrad durchgeführt werden. Die Frage nach dem Zeitpunkt des propriozeptiven Trainingsreizes stellt sich bei einem integrierten Training nicht, da dieser durch die jeweilige Handballübung vorgegeben ist.

2.5.1.3 Sportartspezifische Anpassung

Da die unteren Extremitäten durch die sportartspezifische Fangbewegung stark von den oberen Extremitäten beeinflusst werden, ist eine Kombination von sensomotorischem Training und sportartspezifischen Übungen unerlässlich (Cowling & Steele, 2001). Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit den spezifischen Anpassungserscheinungen in Bezug auf die Sportart. So testeten Perrin, Deviterne, Hugel und Perrot (2002) bei Ballett-Tänzerinnen, Judokämpfern und entsprechend unspezifisch trainierenden Kontrollpersonen die posturale Kontrolle mit offenen und geschlossenen Augen. Mit Hilfe des visuellen Systems waren Tänzerinnen und Judokämpfer und letztere auch bei geschlossenen Augen, leistungsfähiger. Es scheint, dass die Tänzerinnen sich stark über die visuelle Kontrolle im Gleichgewicht halten. Dagegen ist die Sportart der Judoka von unvorhergesehen externen Perturbationen gekennzeichnet, so dass das visuelle System zu langsam reagiert und stattdessen eine schnellere Informationsübertragung benötigt wird (Perrin et al., 2002). Folglich muss ein sensomotorisches Training die sportartspezifischen Anpassungserscheinungen miteinbeziehen. Bei der Übungsauswahl sollte berücksichtigt werden, dass schon kleinste Modifizierungen der Trainingsinhalte veränderte Anpassungen zur Folge haben (Bruhn, 2009). Dies spricht für eine bewusste zielorientierte Gestaltung und Auswahl der einzelnen Übungselemente je nach sportartspezifischem Anforderungsprofil.

2.5.1.4 Belastungsparameter

Gegenwärtig mangelt es noch an wissenschaftlicher Forschung hinsichtlich der Belastungsparameter eines integrierten handballspezifischen und sensomotorischen Trainings. Es gibt keine abgesicherten Befunde zu Belastungs-normativen, so dass keine Richtwerte über Reizintensität, -dichte, -umfang, -

dauer und –häufigkeit bestehen (Bruhn, 2003; Jerosch, 2007; Rebel, 2000). Daher können sich die Belastungsparameter ausschließlich an sportartspezifischen und trainingspraktischen Kriterien orientieren. In der vorliegenden Arbeit werden die Belastungsparameter durch die trainingswissenschaftliche Vorgabe der jeweiligen Handballübung definiert. Auf diese Weise wird der optimale Transfer von integrativem Propriozeptionstraining zu Trainings- und Wettkampfpraxis unterstützt.

2.5.1.5 *Compliance*

Sensomotorische Präventionsprogramme können nur in enger Zusammenarbeit mit Trainern und Spielern realisiert und nachhaltig etabliert werden. Dabei spielt der Begriff Compliance eine entscheidende Rolle. In der Medizin bedeutet Compliance Therapietreue bzw. die Bereitschaft des Patienten, mit dem Arzt zu kooperieren und an therapeutischen Maßnahmen mitzuarbeiten (Wintersteller, 2008). In dieser Arbeit beschreibt Compliance die Anwendung und nachhaltige Etablierung des vorliegenden integrativen Propriozeptionstrainings in den handballspezifischen Trainingsalltag (Konzepttreue). Dabei nehmen die Trainer eine Schlüsselfunktion ein, da sie den Trainingsprozess steuern. Damit sich die Integration propriozeptiver Übungen in den bestehenden Trainingsablauf durchsetzen kann, muss dies für die Trainer bequem sein und darf nur wenig Zeit in Anspruch nehmen (Petersen et al., 2002). Entscheidend ist dabei auch die einfache Handhabung und Einsetzbarkeit der Hilfsmittel und der damit ausbleibende organisatorische Aufwand. Die in der vorliegenden Studie eingesetzten Geräte gehören überwiegend zur Grundausstattung einer Sporthalle und werden im alltäglichen sportartspezifischen Training genutzt. Dazu zählen insbesondere verschiedene Bälle, Ringe, Hütchen, Matten, Langbänke, kleine und große Kästen (vgl. Abbildung 17).



Abb.17. Propriozeptive Hilfsmittel für die Handballpraxis

Die eigentliche Trainingsintension darf durch das Propriozeptionstraining nicht vernachlässigt und die zeitlichen Trainingsumfänge nicht gesteigert werden. Doppelte Nutzung der Trainingszeit und -maßnahmen sowie deren verletzungsprophylaktische Umsetzung führen zu einer Erhöhung der Akzeptanz bei Trainern. Ihr Wissenstand und ihre Kompetenz bei Anleitung und Korrektur spielen für die Integration von Präventionsprogrammen in den Trainingsablauf eine entscheidende Rolle. Durch zusätzliche Aufklärung der Spieler über die Funktion und Bedeutung von Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe kann die Eigenverantwortlichkeit und Motivation der Sportler gefördert werden, so dass einer optimalen Ausführung der Übungen nichts entgegensteht. Nur in Zusammenarbeit mit Trainern und Spielern kann sich ein integriertes Propriozeptionstraining in der Sportpraxis erfolgreich etablieren.

2.5.2 Konzeption des Interventionsprogramms (Übungs-CD)

Als Resultat der zusammengefassten Studienergebnisse wurde die Forderung nach einem Präventionstraining im Handballsport deutlich. Dabei ist ein sportartspezifisches Propriozeptionstraining als Verletzungsprophylaxe unerlässlich, um eine optimale Übertragung von Übung zu Sportart zu gewährleisten. Unter Berücksichtigung der im letzten Abschnitt beschriebenen trainingswissenschaftlichen Grundlagen und deren Kombination mit propriozeptiven Übungen wurde die vorliegende CD „Spezifische Ballsport-Übungen

mit integriertem Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe“ konzipiert. Der gesamte Übungskatalog steht elektronisch zur Verfügung.

Die Integration des Propriozeptionstrainings in die einzelne Übung schafft möglicherweise eine höhere Akzeptanz und Compliance bei Trainern, da auf diese Weise keine zusätzliche Trainingszeit benötigt wird. Darüber hinaus werden ausschließlich Geräte, die keinen zusätzlichen Aufwand bedeuten, verwendet.

Das Beherrschen der Grundposition (Einbeinstand) ist Voraussetzung für die Durchführung der Übungen. Auf diese Weise werden Ausgleichsbewegungen in Spielbein, Hüfte, Rumpf und Arme vermieden.

Die Belastungsparameter ergeben sich durch die jeweilige trainingswissenschaftliche Vorgabe der Handballübung selbst, auf diese Weise wird ein optimaler Transfer vom Training in den Wettkampf angestrebt. In jeder von insgesamt drei Trainingseinheiten pro Woche sollten mindestens zwei propriozeptive Übungen geschult werden, dabei ist auf eine optimale Ausführungsqualität zu achten. Korrektur, Steuerung des Trainingsprozess und Aufklärung der Spieler im Vorfeld sollte durch den Trainer erfolgen.

Die Übungs-CD enthält bekannte handballspezifische Übungen (Baumberger, 1999; Emrich, 2003), die durch Modifizierung innerhalb der einzelnen Übung propriozeptive Reize setzen. Die Anwendungsoberfläche der CD ist selbst erklärend gestaltet und benötigt keine Zusatzinformationen. Zur besseren Navigation und Übersicht ist die Übungs-CD in einzelne Kategorien (Aufwärmten, Koordinationsspiele, Koordinationsübungen, Kräftigung, Torhüter und Zirkel) gegliedert. Dadurch ist der Trainingsabschnitt, in den die Übung integriert werden soll, wählbar (vgl. Abbildung 18). Jede Kategorie beinhaltet eine Vielzahl von Übungen, die durch Organisationshinweise (z.B. benötigte Geräte), Ablauf und Variationsmöglichkeiten näher beschrieben werden. Zur besseren Veranschaulichung sind Videosequenzen der Übungsdurchführung, Fotos der Variationsmöglichkeiten und Aufbauskizzen beigefügt. Auf diese Weise ist Durchführung und Intensität der Übung schnell ersichtlich. Eine Druckansicht der ausgewählten Übung ermöglicht darüber hinaus eine praxisorientierte Handhabung für den Trainer (vgl. Anhang F).

Wegweiser durch den Übungskatalog

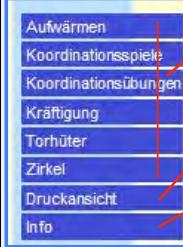
1. Start:
Zum Starten legen Sie die CD in das CD-ROM Fach Ihres Computers ein. ⇒ Der Übungskatalog startet automatisch!

2. Startseite:



Über den Exit-Knopf können Sie den Katalog verlassen.

3. Inhaltsverzeichnis:
Das Inhaltsverzeichnis erleichtert Ihnen die Navigation durch den Übungs - Katalog. Zu den einzelnen Menüpunkten gelangen Sie per Mausklick.



Übersicht der einzelnen Kategorien: Hierunter finden Sie die einzelnen Übungen.

Hier befindet sich der komplette Übungskatalog zum Ausdrucken.

Hier finden Sie eine Zeichenerklärung, Infos zum Katalog und eine Kontakt-Adresse für Fragen und Anregungen.

4. Aufbau der Übungen:



Logo: Mit einem Klick auf das Logo gelangen Sie wieder zur Startseite.

Bilder: Diese zeigen Ihnen wie die Übung bzw. Variation aussieht.

Film: Dieser zeigt Ihnen den Ablauf der Übungen. Start per Mausklick.

Text: Hier wird Organisation, Ablauf und Variationsmöglichkeiten der Übung beschrieben.

Hinweis:
Beim Aufrufen der Druckansichten kann ein Hinweis auf Viren oder fehlerhafte Hyperlinks erscheinen.
Bestätigen Sie mit "JA" und die Druckansicht öffnet sich!

Abb.18. Wegweiser durch die Übungs-CD

2.6 Zusammenfassung und Hypothesenbildung

Nach der Hinführung zum Thema dieser Arbeit wurde die Funktionsweise des sensomotorischen Systems anhand seiner komplexen Strukturen aufgezeigt. Auf Basis der physiologischen Grundlagen wurde der aktuelle Forschungsstand hinsichtlich der vorliegenden Fragestellungen der Arbeit besprochen. Als bedeutsam erwies sich hierfür besonders die angewandte Forschung in den Bereichen der Gelenk- und Standstabilität, der Verletzungsverteilung und –ursachen sowie Erkenntnisse aus allgemeinen und handballspezifischen Präventionsprogrammen. Bei näherer Betrachtung von Verletzungsstatistiken lässt sich die Tendenz erkennen, dass Verletzungen weniger auf Gegnerkontakt, sondern vielmehr auf Eigenverschulden zurückzuführen sind. Die Studien zur Topographie der handballspezifischen Verletzungen bestätigen, dass die untere Extremität einen großen Schwachpunkt darstellt. Vor allem Knie- und Sprunggelenke sind extrem verletzungsanfällig. Obwohl durch sensomotorisches Training „die Anzahl potentieller Verletzungssituationen möglicherweise reduziert wird“ (Gruber, 2007, S. 131) und es „in einer potentiellen Verletzungssituation zu einer schnelleren aktiven Gelenkstabilisierung kommt“ (Gruber, 2007, S. 131), haben sich diese Trainingsformen bislang nicht etabliert. Auch die vorgestellten Präventionsprogramme sprechen für die Wirksamkeit eines präventiven sensomotorischen Trainings um Sportverletzungen im Ballsport, insbesondere im Handball, zu reduzieren. Dabei haben die in den Studien aufgeführten Übungen additiven Charakter und sind mit einem zusätzlichen Zeitaufwand verbunden. Das Interventionsprogramm der vorliegenden Untersuchung hat sich daher zum Ziel gesetzt, propriozeptive und handballspezifische Übungen zusammen in das Training einzugliedern, ohne die eigentliche Trainingsintention der Ballsportart zu vernachlässigen. Daher werden handballspezifische Trainingsmaßnahmen so modifiziert, dass in den einzelnen Übungen propriozeptive Reize integriert sind. Auf diese Weise werden Trainingszeit und -maßnahmen doppelt genutzt. Bei der Betrachtung der theoretischen Grundlagen und dem Stand der Forschung bleiben folgende Fragestellungen ungeklärt:

1. Kann ein integriertes Propriozeptionstraining die Verletzungsinzidenz im Handballsport reduzieren?
2. Ist eine Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens der unteren Extremität nach acht Wochen Intervention nachweisbar?

3. Compliance: Kann sich das vorliegende Konzept im Handball nachhaltig etablieren?

Aufbauend auf dem Forschungsstand werden folgende Hypothesen in der vorliegenden Arbeit überprüft:

- H 1: Durch ein integriertes Propriozeptionstraining über acht Wochen können Verletzungen der unteren Extremität reduziert werden.
- H 2: Das subjektive Stabilitätsempfinden der Interventionsgruppe wird durch das angewandte Konzept verbessert.
- H 3: Die propriozeptive Trainingsintervention ist compliant, d.h. sie kann sich im handballspezifischen Trainingsalltag etablieren.

Gleichzeitig entwickelten sich aus Fragestellungen und Hypothesen die Hauptzielparameter Verletzungsinzidenz, subjektives Stabilitätsempfinden und Compliance.

3 Empirische Untersuchung

Die Untersuchung wurde vom 14. Juni bis 19. September 2007 in der deutschen Handball Regionalliga Süd der Damen über einen Zeitraum von jeweils acht Wochen durchgeführt. Es handelte sich um eine prospektive und kontrollierte Interventionsstudie. Ziel der Untersuchung war festzustellen, ob sich ein integratives handballspezifisches Propriozeptionstraining im leistungsorientierten Trainingsalltag etablieren kann und welche Auswirkungen es auf das subjektive Stabilitätsempfinden und die Verletzungsinzidenz der unteren Extremität hat (vgl. Fragestellungen in Abschnitt 2.6).

Alle Trainer der Regionalliga Süd wurden angeschrieben (vgl. Anhang A), von denen sieben Mannschaften an der vorliegenden Studie teilgenommen haben. Die Zielparameter wurden durch ein Prä-Post-Studiendesign (vgl. Abbildung 19) erhoben. Zunächst wurde mit einer computergenerierten Zufallszahlenfolge die Untersuchungsgruppe randomisiert und in eine Interventions- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die Interventionsgruppe integrierte in die reguläre Sportpartizipation ein propriozeptives Training, während die Kontrollgruppe ausschließlich handballspezifisch trainierte. Alle Spielerinnen absolvierten vor Beginn und nach Ablauf des Interventionszeitraums dieselben Tests. Nach der Saison 2007/2008 wurde durch ein Telefoninterview die Verletzungsstatistik der vergangenen Spielzeit erhoben.

Nach Abschluss der Untersuchungen wurden auch den Mannschaften der Kontrollgruppe die Übungs-CD und die nötige Unterstützung für deren Anwendung zur Verfügung gestellt.

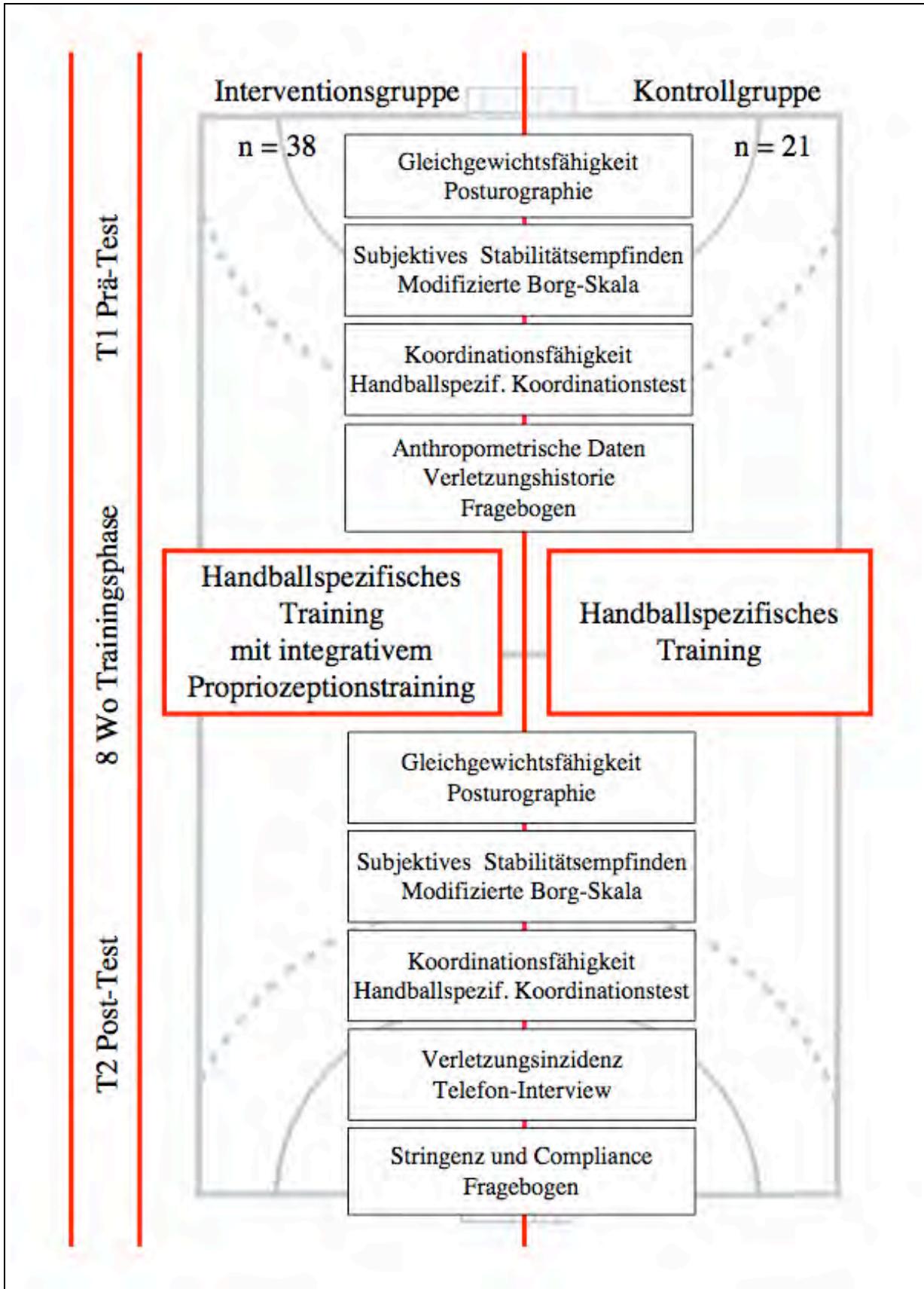


Abb.19. Studiendesign

3.1 Stichprobe

Den Prä-Test absolvierten 85 Spielerinnen aus sieben Mannschaften, davon haben 59 Testpersonen aus sechs Mannschaften die Post-Untersuchung nach acht Wochen vollständig abgeschlossen. Eine Mannschaft der Kontrollgruppe musste nach dem Prä-Test aus der Studie ausscheiden. Sie konnte aus finanziellen Gründen ihre ausländischen Spielerinnen nicht halten und nahm deshalb nicht am Post-Test teil. Damit lag die Dropout-Rate bei 22,1% (n=26). Nur die Spielerinnen mit vollständig vorhandenen Datensätzen wurden in der Ergebnisauswertung berücksichtigt.

Die Teams wurden randomisiert in eine Interventions- (n=38) und eine Kontrollgruppe (n=21) eingeteilt. Alle Mannschaften trainierten drei bis vier Mal in der Woche jeweils eineinhalb bis zwei Stunden. Interventions- und Kontrollgruppe unterschieden sich nicht signifikant bezüglich Gewicht ($t = -0,45$; $df = 57$; $p = .065$), Alter ($t = 0,62$; $df = 57$; $p = .054$) und Trainingsalter ($t = 0,63$; $df = 57$; $p = .053$). Die Probandinnen der Kontrollgruppe waren signifikant größer als die der Interventionsgruppe ($t = -2,03$; $df = 57$; $p = .005$). Das durchschnittliche Alter der Interventionsgruppe betrug 22,47 Jahre, das der Kontrollgruppe 21,52 Jahre (vgl. Tabelle 11 und 12). Eingang in diese Studie fanden nur Spielerinnen, die keine Beeinträchtigung des körperlichen Wohlbefindens aufwiesen. Ebenso wenig durften die Probandinnen akute Verletzungen oder Erkrankungen der unteren Extremität aufweisen.

Tab. 11. Mittelwerte (MW) der anthropometrischen Daten der Interventions- und Kontrollgruppe (IG und KG)

	MW - Alter [Jahre]	MW - Trainingsalter [Jahre]	MW - Größe [cm]	MW - Gewicht [kg]
IG	22,47	5,74	168,42	64,13
KG	21,52	4,90	171,86	65,19
MW ges	22,14	5,44	169,64	64,51

Tab. 12. Standardabweichung (STABW) der anthropometrischen Daten der Interventions- und Kontrollgruppe (IG und KG)

	STABW - Alter [Jahre]	STABW - Trainingsalter [Jahre]	STABW - Größe [cm]	STABW - Gewicht [kg]
IG	5,74	4,77	5,88	7,73
KG	5,51	5,05	6,85	10,11
STABW ges	5,63	4,85	6,40	8,58

Die Stichprobe wies eine Vielzahl von früheren Verletzungen auf. So war jede Spielerin bis zum ersten Messzeitpunkt durchschnittlich 4,79 Mal so stark verletzt, dass sie mindestens eine Woche pausieren musste. Dabei betrafen 37% aller Verletzungen das Sprunggelenk, 23% das Kniegelenk und 40% andere Körperregionen. Diese Daten bestätigen die in Abschnitt 2.3.6 dargestellten Studienergebnisse von Andrén-Sandberg (1994), Heck und Henke (1995), Leidinger et al. (1990) und Menke (2000) bezüglich der Topographie von Handballverletzungen.

Für die dritte Fragestellung dienten sowohl oben genannte Spielerinnen der Interventionsgruppe als auch deren Trainer als Stichprobe. Es handelte sich um vier Trainer, deren durchschnittliches Alter 46,25 Jahre betrug. Sie konnten alle die Handball B-Lizenz vorweisen.

3.2 Intervention

Ein Aufklärungsgespräch mit den Trainern zu Sinn und Zweck eines propriozeptiven Trainings eröffnete das Projekt. Die Trainer erhielten eine interaktive Übungs-CD und wurden angewiesen, in drei gewöhnlichen Handball-Trainingseinheiten pro Woche je zwei Übungen der CD durchzuführen. Weitere Anweisungen zur Anwendung der CD wurden absichtlich nicht gegeben, da ihr Gebrauch selbst erklärend gestaltet ist und keine Zusatzinformationen benötigt werden. Die konkrete Übungsauswahl wurde den Trainern freigestellt, um so ein praxisnahes Abbild der eigenverantwortlichen Nutzung des entworfenen Trainingsinstruments zu erhalten. Die vorliegende Studie kann so die praktische Handhabung der Übungs-CD und die Konsequenzen ihrer Anwendung realistisch aufzeigen. Tabelle 13 verdeutlicht durch die Darstellung einer exemplarischen Trainingseinheit zum Thema Schulung und Verbesserung gruppentaktischer Angriffsmittel die unkomplizierte Integration der Übungen in die Sportpraxis. In die Kräftigungsübungen und das Einwerfen der Torhüter werden propriozeptive Reize integriert. Die Eingliederung erfolgt fließend, ohne zusätzlichen organisatorischen Aufwand und fügt sich nahtlos in das Gesamttrainingskonzept ein.

Jede Übung der CD wird durch Organisationshinweise wie benötigte Geräte, Erläuterungen zum Ablauf und Variationsmöglichkeiten näher beschrieben. Zur besseren Veranschaulichung sind Videosequenzen der Übungsdurchführung, Fotos der Variationsmöglichkeiten und Aufbauskizzen beigefügt. Auf diese Weise ist Durchführung und Intensität der Übung für den Trainer schnell ersichtlich. Eine Druckansicht der ausgewählten Übung ermöglicht darüber hinaus eine praktische Handhabung für den Trainer. Ausgewählte Übungen können ausgedruckt und bequem angewendet werden. Die Abbildungen 20 und 21 zeigen exemplarisch die Druckansicht der im Trainingsplan verwendeten Übungen aus den Kategorien „Kräftigung“ und „Torhüter“.

Die Dauer des Übungszeitraumes betrug acht Wochen und fand in der Vorbereitungsphase der Saison statt. Dabei wurden die Belastungsnormative durch die trainingswissenschaftlichen Vorgaben der jeweiligen Handballübung bestimmt. Weitere Rahmenbedingungen und Inhalte der interaktiven Übungs-CD orientierten sich an den Erkenntnissen der Literatur, die in Abschnitt 2.5 ausführlich erläutert wurden.

Tab. 13. Exemplarischer Trainingsplan mit integrierten Trainingsmaßnahmen der Übungs-CD

Thema: Schulung und Verbesserung der gruppentaktischen Angriffsmittel Kreuzen, Parallelstoß und Rückpass			
Übung	Ziel	Organisation	Geräte
Begrüßung Vorstellung des Trainingsinhaltes	Einstimmung	Kreisform	
AUFWÄRMEN			
Linienlaufen mit verschiedenen Fortbewegungsarten	Erste Herz-Kreislauf-Aktivierung	1/2 Halle	
Pfostenball mit Kreuzung	Erwärmung Einstimmung auf das Trainingsthema	Ganze Halle	Hemdchen Ball
Skippings im Deuserband	Kräftigung Schnelligkeitstraining Verletzungsprophylaxe	Halbe Halle 2er Teams	Jedes Team mit einem Deuserband
HAUPTTEIL			
Torhüter einwerfen Übung 6	Torhüter aufwärmen Verletzungsprophylaxe	Halbe Halle 2 Gruppen auf Pfostenhöhe 1 Abwehrspielerin	Jede Spielerin mit Ball 4 Hütchen
Themenbezogenes Torhüter einwerfen Stoßen, Rückpass, Kreuzung, Torwurf in vorgegebene Ecken	Torhüter aufwärmen Einstimmung auf das Trainingsthema	Halbe Halle 2 Gruppen auf Pfostenhöhe 2er Teams	Pro 2er Team einen Ball
2:2 im Zentrum Parallelstoß Kreuzung Option	Lücken stoßen Sicheres Weiterspielen, trotz Körperkontakt Timing	Halbe Halle 2 Abwehrspielerinnen 2er Teams im Angriff	Jedes Team im Angriff mit einem Ball 2 Hemdchen
3:3 im Zentrum mit Auslösehandlung Kreuzung mit Parallelstoß und Torwurf	2 Abwehrspielerinnen binden Sicheres Weiterspielen, trotz Körperkontakt Timing	Halbe Halle 3 Abwehrspielerinnen 3er Teams im Angriff	Jedes Team im Angriff mit einem Ball 3 Hemdchen
3:3 mit Optionen: Kreuzung Parallelstoß Rückpass	s. o. Entscheidungstraining Rückpassverhalten (Stoßrichtung, Timing)	Halbe Halle 3 Abwehrspielerinnen 3er Teams im Angriff	Jedes Team im Angriff mit einem Ball 3 Hemdchen
4:4 im Zentrum mit Kreisläufer (KL) mit Auslösehandlung, danach Optionen	s. o. Zusammenspiel KL	Halbe Halle 4 Abwehrspielerinnen 4er Teams im Angriff	Jedes Team im Angriff mit einem Ball 4 Hemdchen
SCHLUSS			
Themenbezogenes Abschlusspiel Tore nur nach Kreuzung oder Rückpass	Anwendung Transfer ins Spiel	Ganze Halle 7:7	Hemdchen Ball
Cool down Auslaufen ohne Schuhe	Abtransport der Abfallprodukte aus Muskeln	Ganze Halle	

Kräftigung

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe

Skippings im Deuserband

Organisation:

- 2er Teams
- jeweils 1 Deuserband
- gegebenenfalls 1 kleine Matte oder 1 Weichbodenmatte

Ablauf:

- 1 Spieler hält das Deuserband, der andere führt Skippings im Deuserband aus
- Trainer gibt den Übenden ein akustisches Signal für einen sofortigen Einbeinstand → Balance
- stehen die Übenden stabil und ruhig, fährt er mit den Skippings fort
- Übung in 3 Serien à 15 – 30 sec. durchführen

Variationen:

- Übung wird auf einer Matte ausgeführt
- der haltende Spieler versucht den Stand des Übenden durch Ziehen des Deuserbandes in verschiedene Richtungen zu stören



Abb.20. Auszug aus der Übungs-CD, Druckansicht der Kräftigungsübung „Skippings im Deuserband“

Torhüter

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe

Übung 6

Organisation:

- Spieler stehen mit Ball in 2 Reihen auf RM
- 2 Hütchen an 9m, Abstand 2 – 3m
- 1 Hütchen an 11m nach links versetzt
- 1 Hütchen an 12m nach rechts versetzt
- 1 Verteidiger an 9m auf HL

Ablauf:

- die ersten beiden Spieler starten gleichzeitig
- einbeiniges Hüpfen zum ersten Hütchen, rückwärts zum hinteren Hütchen
- links: Torwurf
- rechts: Körpertäuschung, leichter Stoß vom Verteidiger
→ einbeinige Landung → Sprungwurf, stabiles Landen, wenn möglich auf dem Sprungbein
- Spieler stellen sich immer abwechselnd links und rechts an

Variationen:

- Sprint zum Hütchen an 9m
- verschiedene Fortbewegungsarten zwischen den Hütchen (Side-Steps, Anfersen, Skippings, Ball um die Hüften kreisen etc.)

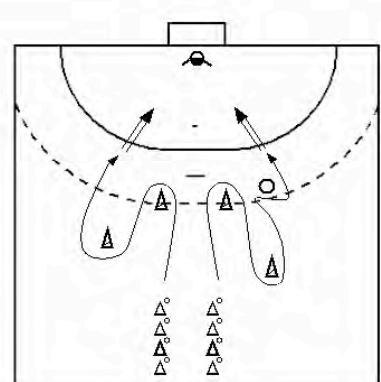


Abb.21. Auszug aus der Übungs-CD, Druckansicht der Torhüterübung 6

3.3 Datenerhebung

Die übergeordneten Fragestellungen dieser Arbeit beschäftigen sich mit der Verletzungsinzidenz und dem subjektivem Stabilitätsempfinden infolge eines propriozeptiven Trainings sowie der Compliance (Etablierung) der angewandten Übungen im Trainingsalltag. Studien aus verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen wie der Sportwissenschaft, Medizin, Neurologie und Gerontologie, beleuchten die Fragestellung der Evidenz eines propriozeptiven Trainings aus verschiedenen Blickwinkeln. Es werden unterschiedliche Variablen betrachtet, dabei überwiegen folgende: Verletzungsinzidenz, Reflexlatenzenzeiten, subjektives Empfinden und Gleichgewichtsfähigkeit (vgl. Abschnitt 2.3.2 und 2.3.3 sowie Melzer, Benjuya & Kaplanski, 2005; Nagy, Barnai, Domján-Preszner, Angyan et al., 2007; Lauenroth, Schwesig, Pudszuhn, Bloching et al., 2008). Durch Sichtung der Literatur (vgl. Kapitel 2) und der zu bearbeitenden Fragestellungen (vgl. Abschnitt 2.6) ergab sich die Auswahl der zu erhebenden Variablen und damit einhergehend die verwendeten Messinstrumente für die vorliegende Untersuchung. So wurden neben dem Hauptzielparameter Verletzungsinzidenz, subjektives Stabilitätsempfinden und Compliance ergänzend die Nebenzielparameter Gleichgewichtsfähigkeit und Koordinationsfähigkeit erfasst (vgl. Abbildung 19). Die Reflexlatenzenzeiten wurden nicht erhoben, da wie in Abschnitt 2.3.2 beschrieben, die Verarbeitungszeit bei monosynaptischen Reflexen deutlich zu langsam ist um eine Schutzfunktion einzuleiten und so Verletzungen zu vermeiden (Jerosch, 2007; Johansson et al., 1991; Pope et al., 1991). Sie sind für somit für die Fragestellungen der Arbeit nicht relevant. Als Messinstrumente dienten für die Verletzungsinzidenz ein Telefon-Interview (vgl. Anhang E), für das subjektive Stabilitätsempfinden die modifizierte Borg Skala, für die Compliance ein Trainer- und Spielerfragebogen (vgl. Anhänge C und D) und für die Gleichgewichtsfähigkeit die Posturographie. Zusätzlich untersuchte ein handballspezifischer Koordinationstest die sportmotorischen Auswirkungen als möglichen Nebeneffekt eines sensomotorischen Trainings.

Die Versuchsbedingungen (Versuchsaufbau, Tageszeit, Reihenfolge der Teststationen, Instruktionen) zwischen Prä- und Post-Test wurden konstant gehalten. Die Spielerinnen wurden über die Vorgehensweise an den einzelnen Teststationen detailliert instruiert und gaben ihr Einverständnis zur Teilnahme. Die Verblindung der Datenerhebung wurde dadurch gesichert, dass die

Testleiter nicht informiert waren, welcher Testgruppe die Versuchspersonen angehörten.

3.3.1 Fragebogen-Erhebung

Der Eingangs-Fragebogen für die Spielerinnen (vgl. Anhang B) erfasste, neben persönlichen Daten (Alter, Größe, Gewicht, Trainingsalter, Spielposition etc.), auch frühere Verletzungen (Verletzungsart, -ursache, -situation, -topographie etc.). Er wurde im Rahmen des Prä-Tests ausgefüllt. Die Interventionsgruppe und ihre Trainer wurden nach dem Übungszeitraum ein weiteres Mal befragt. Dieser Fragebogen (vgl. Anhänge C und D) erfasste Angaben zu Übungsauswahl, Stabilitätsempfinden, Stringenz der Durchführung und Compliance des integrativen Propriozeptionstrainings.

Alle Angaben in den selbstadministrierten Fragebögen wurden von Spielerinnen und Trainern selbst getätigt.

3.3.2 Posturographie

Dem aktuellen Forschungsstand (vgl. Abschnitt 2.3.7) zufolge beeinflusst das propriozeptive Training die sensomotorischen „Triebwerke“, so dass sich verbesserte Balance-, Koordinations- und Reaktionsfähigkeiten ergeben, die sich wiederum positiv auf die Verletzungsinzidenz auswirken (Caraffa et al., 1996; Hewett et al., 1999; Mandelbaum et al., 2005; Myklebust et al., 2003). Die Untersuchungen können den direkten Zusammenhang zwischen Gleichgewichtsfähigkeit und Verletzungsinzidenz nicht bestätigen (Pfeifer, 2009). Somit gilt die Gleichgewichtsfähigkeit in der Prävention von Sportverletzungen lediglich als Nebenzielparameter und wird als solcher auch in der vorliegenden Untersuchung mit erhoben.

Das verwendete Messgerät ist eine Posturographie-Plattform der Firma IMM Elektronik. Posturographie ist ein Verfahren zur Haltungsanalyse und dient der Aufzeichnung von Körperschwankungen beim Stehen, in Ruhe oder bei instabiler Standfläche. Nach Stoll, Most und Tegenthoff (2004) stehen für die Auswertung einer statischen Posturographie die Frequenzanalyse, Aufzeichnungen von anterior/posterior und medial/lateral Schwankungen sowie die Flächenbestimmung zur Verfügung. Letzteres wurde auch in der vorliegenden Untersuchung durch das Gleichgewichts-Koordinations-System (GKS) ausgewertet, wobei eine Verringerung der beschriebenen Fläche einer Verbesserung entspricht.

rung der Gleichgewichtsfähigkeit gleichkommt. Das GKS kann durch vier sensible Kraftsensoren Lage und Bewegung des Körperschwerpunkts bestimmen. Dies geschieht durch die Aufzeichnung eines Markers, der den Druckpunkt des Körperschwerpunktes der Testperson veranschaulicht (vgl. Abbildung 22). Abgeleitet werden die Schwankungen in anterior/posterior bzw. medial-lateraler Richtung. Die Fehlertoleranz der Wiederholbarkeit liegt bei 0,08% (Köhler, 2007).

Die Gleichgewichtstests auf der Plattform wurden statisch und dynamisch durchgeführt. Die zwei Versuchsaufbauten werden in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

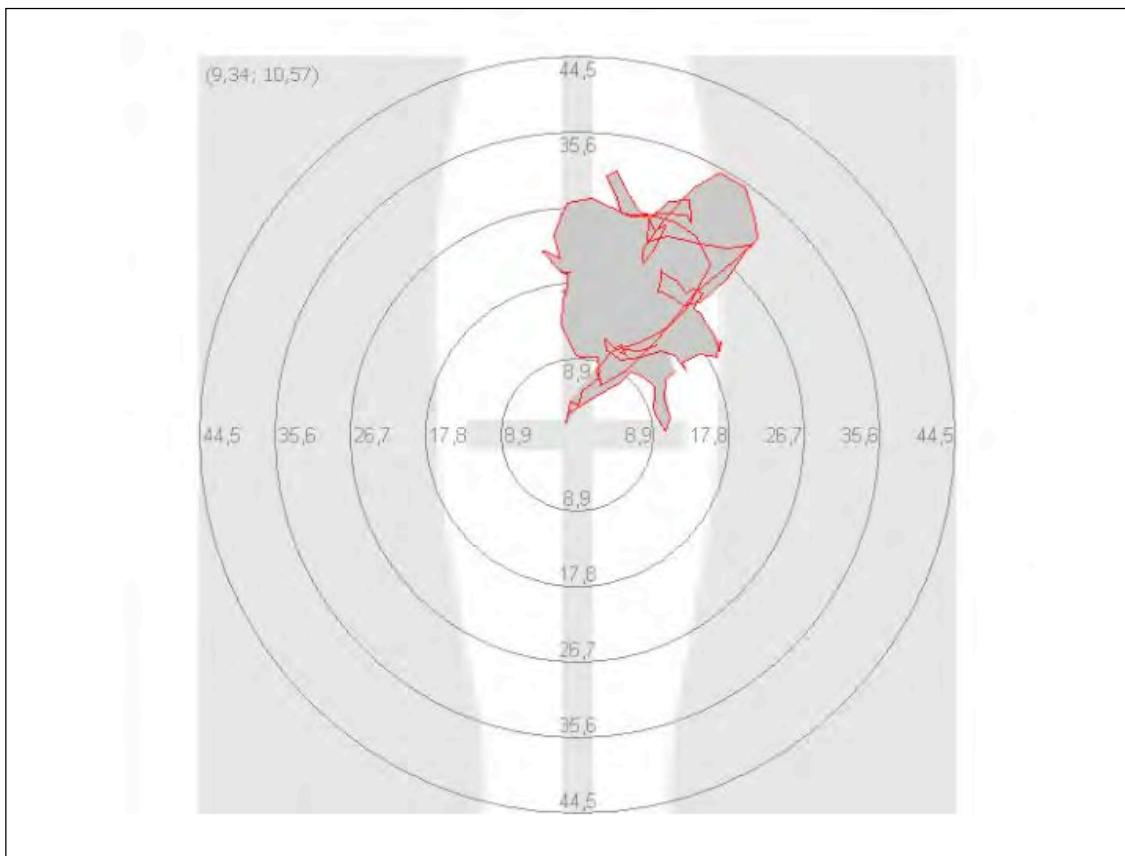


Abb.22. Single-Statik-Test: Aufzeichnung der beschriebenen Fläche durch den Marker

3.3.2.1 *Single-Statik-Test*

Nach einem standardisierten Versuchsaufbau wurde den Probandinnen zu Beginn der Eingangsuntersuchung der Versuchsablauf erklärt. Die vier Testübungen (Single-Statik-Test) bestanden aus einem statischen Einbeinstand auf dem linken bzw. rechten Bein und mit geöffneten bzw. geschlossenen Augen. Alle Tests wurden barfuss durchgeführt. Beide Arme wurden während

des gesamten Tests hinter dem Rücken verschränkt. Das zu untersuchende Standbein wurde im Knie leicht gebeugt (30°). Das Spielbein wurde im Kniegelenk zwischen 70° und 90° gebeugt, so konnten Ausgleichsbewegungen der Hüfte ausgeschlossen werden. Spiel- und Standbein durften sich nicht berühren. Abbildung 23 zeigt die Testposition der Versuchspersonen. Die Probandinnen fixierten bei den Tests mit geöffneten Augen eine Markierung an der Wand. Jeder Single-Statik-Test dauerte fünf Sekunden. Rechtes und linkes Bein wurden abwechselnd gemessen, wobei eine Markierung auf der GKS-Platte die genaue Platzierung des Fußes kennzeichnete.



Abb.23. Messgerät und Testposition der Versuchspersonen

3.3.2.2 *Dynamischer Sprungtest*

Da sich Anpassungerscheinungen hauptsächlich in funktionellen Untersuchungssituationen zeigen (Bruhn, 2009), kann eine Testung unter Ruhebedingungen die propriozeptive Funktion nur schwer erfassen (Quante & Hille, 1999). Das GKS misst ausschließlich das statische Gleichgewicht. Aus Interesse an der Weiterentwicklung der Messmethode wurde versuchsweise eine Feder-Rahmenkonstruktion entwickelt, in der die GKS Platte Platz fand (vgl. Abbildung 24). Auf diese Weise konnte die Auslenkung nach einem Sprung erfasst werden. Durch eine dynamische Messung einen besseren Transfer von Test- zu Trainings- bzw. Wettkampfsituation zu schaffen war

beabsichtigt. Während des Tests waren die Versuchspersonen angehalten von einer definierten Absprungposition auf die Platte zu springen, möglichst in der Markierung zu landen und dort fünf Sekunden stehen zu bleiben. Nach dem einbeinigen Absprung erfolgte die Landung auf demselben Bein. Der dynamische Sprungtest wurde mit dem rechten bzw. linken Bein und geöffneten Augen durchgeführt.



Abb.24. Federrahmenkonstruktion

3.3.2.3 *Modifizierte Borg Skala*

Eine Vielzahl von gerontologischen Studien (Melzer et al., 2005; Nagy et al., 2007; Lauenroth et al., 2008) erhob das subjektive Empfinden hinsichtlich des Fallrisikos bei Senioren. Talley, Wyman und Gross (2008) konnten eine signifikante Korrelation des subjektiven Empfindens (Activities-Specific Balance Confidence Scale) mit physischer Leistung und erfragtem Gesundheitsstatus nachweisen. Die Autoren betrachten daher Messungen des subjektiven Empfindens als angemessenes Instrument für Studien, die sich mit der Steigerung von physischen Funktionen befassen. Die vorliegende Studie untersuchte ebenfalls das subjektive Empfinden der Untersuchungsgruppe. So wurde am Ende jeder Testübung das subjektive Stabilitätsempfinden (vgl. Abschnitt 4.3) der unteren Extremität der Versuchsperson während des absolvierten Tests erfragt. Zur Bewertung wurde die modifizierte Borg Skala (Borg, 2004), auch CR-10-Skala („Category-Ratio-Scale“) genannt, herangezogen.

Die CR-10-Skala entspricht einer nicht linearen, leicht positiv beschleunigten Funktion in Bezug auf die Leistung. Sie weist elf Unterscheidungen von 0 bis 10 (0 = „überhaupt nichts“, 10 = „sehr, sehr stark“) auf. (Schefer, 2008, S.40)

Sie wird vor allem zur Erfassung von subjektiven Empfindungen verwendet. Die Spielerinnen bewerteten ihre Stabilität auf einer Skala von null bis zehn, wobei null für „kein Stand möglich“ und zehn für eine „sehr, sehr hohe Stabilität“ stand.

3.3.3 Handballspezifischer Koordinationstest

Einige Studien konnten durch ein sensomotorisches Training eine verbesserte Gewandtheit und eine Verbesserung der Laufökonomie nachweisen (Høiness, Glott & Ingjer, 2003; Turner et al., 2003). Durch die situative Neukombination koordinativer Fähigkeiten werden Gleichgewichtsanforderungen antizipiert (Laube, 2008), die die Verlaufsqualitäten verbessern (Hirtz et al., 2000). Zu letzteren zählen u. a. Ökonomie und Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe (Hirtz et al., 2000; Laube, 2008). Die resultierenden schnellen, sicheren und dynamischen Bewegungen stellen einen interessanten Nebeneffekt für den Handballsport dar. Dieser wurde durch den Parcours überprüft.

Der angewandte Koordinationstest wird durch Druckbedingungen (vgl. Abschnitt 2.5.1.2 und Abbildung 16) charakterisiert, unter denen die Bewegungsaufgabe zu erbringen ist. So beinhaltet er fünf der sechs motorisch-koordinativen Druckbedingungen nach Kröger und Roth (2002): Zeitdruck (möglichst schnelle Durchführung des Parcours), Präzisionsdruck (Einbeinstand auf der Langbank, genau drei Kontakte pro Reifen), Komplexitätsdruck (hintereinander geschaltete Einzelemente des Parcours), Organisationsdruck (Prellen und Slalom, Stabilisation im Einbeinstand und Prellen) und Variabilitätsdruck (Veränderung der Unterstützungsfläche durch die Langbank). Der Parcours koppelt die angeführten Druckbedingungen mit den handballtypischen, einfachen Fertigkeiten Prellen, Laufen und Werfen. Bei der Durchführung des Koordinationsparcours wird eine ökonomische, harmonische und präzise Bewegungsausführung erwartet. Der vorliegende Koordinationstest setzte sich im einzelnen aus einem Prellslalom durch fünf Stangen, Überwinden eines großen Kastens, Überlaufen einer umgedrehten Langbank mit zwei Stabilisierungselementen (zu Beginn auf dem linken Fuß stehen und dreimal tippen, zum anderen Ende balancieren und auf dem rechten Fuß stehen und dreimal tippen), Durchqueren einer Reifenbahn (drei Kontakte in jedem der acht Reifen) und einem Torwurf zusammen (vgl. Abbildung 25). Es wurde auf einen technisch sauberen Bewegungsablauf trotz höchstem Tempo

bei allen Elementen geachtet und die Zeit vom ersten bis zum letzten Hütchen gemessen. Der Aufbau des Parcours entsprach immer denselben Richtlinien. Reihenfolge und Abstände zwischen den einzelnen Geräten wurden im Vorfeld festgelegt.

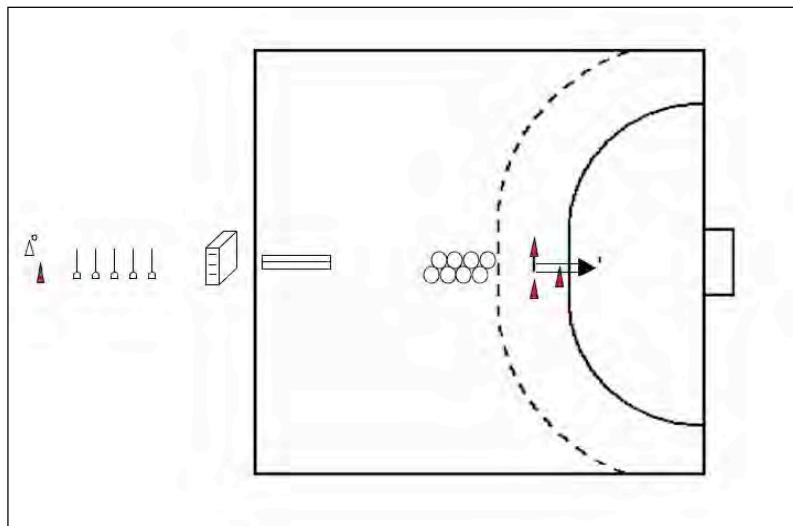


Abb.25. Handballspezifischer Koordinationstest

3.3.4 Telefon-Interview

Nach Pfeifer (2009) sollte der Hauptzielparameter der Studien die Inzidenz von Sportverletzungen sein, da es keine greifbare, wissenschaftlich gesicherte Begründung dafür gibt, dass Muskelreaktionszeiten, Gleichgewichtsfähigkeit und Stellungssinn „gültige Surrogate für das Verletzungsrisiko darstellen“ (Pfeifer, 2009, S. 32). Auch Quante und Hille (1999) schreiben den Erfolg eines propriozeptiven Trainings alleinig der erreichten Reduktion typischer Verletzungen zu. So wurden nach Abschluss der Saison 07/08 in einer Telefonumfrage die Verletzungen in der vergangenen Spielzeit an Sprung- und Kniegelenk abgefragt und mit den Ergebnissen der Saison 06/07 verglichen. Da unter dem Aspekt der propriozeptiven Fehlfunktion alle Verletzungen ohne Fremdeinwirkung zu verstehen sind (Quante & Hille, 1999), wurden auch die Verletzungsursachen mit bzw. ohne gegnerische Einwirkung erfasst. Die Ausfalldauer (vgl. Abschnitt 4.2.4) der Spielerinnen wurde auf Basis ihrer Aussagen anhand drei Verletzungsschweregrade berechnet: 1 = „minor“ (0 bis 7 Tage), 2 = „moderate“ (8 bis 21 Tage) und 3 = „severe“ (> 21 Tage) (Emery et al., 2007; McGuine & Keene, 2006). Darüber hinaus werden die Zusammenhänge zwischen subjektivem Stabilitätsempfinden und Verletzungsinci-

denz untersucht. Alle Telefon-Interviews wurden ebenfalls von verblindeten Testleitern durchgeführt.

3.4 Datenauswertung

Die erhobenen Daten wurden mit dem Softwarepaket SPSS 11.5 statistisch verarbeitet. Alle folgenden Tests wurden mit dem Signifikanzniveau $p \leq .05$ (Irrtumswahrscheinlichkeit: $\alpha = 0,05 = 5\%$) berechnet.

Die Untersuchung der einzelnen Parameter erfolgt durch die im Folgenden beschriebenen Vorgehensweisen. Zunächst wird durch den t-Test bzw. Wilcoxon-Test (als nichtparametrisches Pendant) für unabhängige Stichproben überprüft, ob sich Interventions- und Kontrollgruppe zum ersten Messzeitpunkt unterscheiden und, mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests, ob die Daten normalverteilt sind. In den Abschnitten, in denen nicht explizit darauf hingewiesen wird, unterscheiden sich die Untersuchungsgruppen zu T1 nicht signifikant. Außerdem sind die Daten in diesem Fall normalverteilt. Bei Normalverteilung wurden, dem klassischen Prä-Post-Design der Studie folgend, Mittelwertvergleiche der Eingangs- und Ausgangsmessung durchgeführt. Hierfür wurde der t-Test für gepaarte Stichproben verwendet. Die Varianzanalyse berücksichtigt die Gruppenzugehörigkeit und überprüft so die Wirksamkeit des vorliegenden integrierten Propriozeptionstrainings. Die Varianzanalyse mit den Messwiederholungen T1 und T2 wurde deshalb zur Überprüfung der Interaktionseffekte verwendet.

Bei der Auswertung der Daten zur Verletzungsinzidenz (vgl. Abschnitt 4.2) wird aufgrund der Skalierung oder nicht normalverteilten Stichprobe auf nichtparametrische Tests zurückgegriffen. Da bei ihnen „nicht die Messwerte selbst, sondern deren Rangplätze verarbeitet werden, sind sie auch unempfindlich gegen Ausreißer“ (Bühl & Zöfel, 2002, S.287). So analysiert der Wilcoxon-Test die Signifikanzwerte der Veränderung abhängiger Stichproben. Als nichtparametrisches Pendant zur Varianzanalyse wird der Mann-Whitney-U-Test (Wilcoxon Rangsummen-Test) durchgeführt. Um die Interaktion von Gruppe und Zeit zu berücksichtigen, werden Differenzwerte von T1 und T2 gebildet ($y_{diff} = yt1 - yt2$).

Bei der Berechnung des Zusammenhangs zweier Variablen (vgl. Abschnitt 4.3.1) wird auf die Rangkorrelation nach Spearman zurückgegriffen.

4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden zur Überprüfung der Hypothesen (vgl. Abschnitt 2.6) die Ergebnisse der vorliegenden Studie dargestellt. Die übergeordnete Fragestellung in dieser Arbeit lautet, ob ein integratives Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe im Handballsport beitragen kann und sich somit die Verletzungsinzidenz der Interventionsgruppe reduzieren lässt. Zur Beantwortung der zwei weiteren Fragestellungen werden die Daten zu subjektivem Stabilitätsempfinden sowie der Compliance des vorliegenden Programms ausgewertet. Entsprechend gliedert sich das folgende Kapitel in Haupt- und Nebenzielparameter. Zunächst werden deskriptive Ergebnisse aus der Fragebogen-Erhebung zum Messzeitpunkt T1 und T2 (vgl. Anhänge B, C und D) abgebildet, die Verletzungshistorie, Erwartungshaltung, Akzeptanz und Compliance der vorliegenden Untersuchungsgruppe betreffend. Anschließend wird der Hauptzielparameter, die Verletzungsinzidenz der Stichprobe aufgezeigt, wobei Sprung- und Kniegelenk getrennt ausgewertet werden. Zusätzlich wird auf die Ausfalldauer nach einer Verletzung und die Veränderung der Verletzungsursachen eingegangen. Schließlich erfolgt die Analyse eines weiteren Hauptzielparameters, das subjektive Stabilitätsempfinden der Spielerinnen, mittels der modifizierten Borg Skala. Außerdem werden mögliche Zusammenhänge mit der Verletzungsinzidenz untersucht. Die ergänzende Betrachtung der Ergebnisse des GKS, hinsichtlich des statischen Einbeinstands und des dynamischen Sprungtests, zeigen mögliche Wirkungen der Intervention auf die Gleichgewichtsfähigkeit auf. Abschließend wird die für den Koordinationsparcours benötigte Zeit als möglicher Nebeneffekt eines integrierten Propriozeptionstrainings ausgewertet.

4.1 Verletzungshistorie bis zum ersten Messzeitpunkt

Der folgende Abschnitt bezieht sich auf die Auswertung der Fragebögen zum ersten Messzeitpunkt (vgl. Anhang B). Deskriptiv werden Verletzungshäufigkeiten und -ursachen der Untersuchungsgruppe gezeigt und Ergebnissen aus der Literatur gegenübergestellt.

4.1.1 Verletzungshäufigkeit

Aktuelle Statistiken zu Sportverletzungen veranschaulichen, dass Handball zu den verletzungsträchtigsten Sportarten zählt (vgl. Abschnitt 2.3.4). Er rangiert hinter Fußball auf Platz zwei der Verletzungshäufigkeit. Dies spiegelt sich auch in der Anzahl an Verletzungen der hier untersuchten Spielerinnen wieder (vgl. Tabelle 14).

Tab. 14. Gegenüberstellung Verletzungsstatistik der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T1 mit Angaben aus der Literatur (vgl. Abschnitt 2.3.4 und 2.3.6)

	Gesamtstichprobe bis T1	Gesundheitsbericht NRW (Henke, 2003) Handball Vereins- sport	Wedderkopp et al. (1997) Frauenhandball Leistungssport
Verletzte SpielerInnen (% der Gesamtspielerzahl)	96,9% (57 von 59 Probandinnen)	15,2%	40,7% pro 1000 Spielstunden 3,4% pro 1000 Trainingsstunden
Verletzungen Sprunggelenk (% der Verletzungen)	37% (43 Verletzungen)	26,6%	
Verletzungen Kniegelenk (% der Verletzungen)	23% (26 Verletzungen)	18%	
Andere Verletzungen (% der Verletzungen)	40% (46 Verletzungen)	55,4%	

Die topographische Verteilung der Gesamtstichprobe zeigt eine starke Gefährdung der unteren Extremität bei der vorliegenden Untersuchungsgruppe. So war jede Probandin bis zum ersten Messzeitpunkt durchschnittlich 4,79 Mal

so stark verletzt, dass sie mindestens eine Woche pausieren musste. Fast alle Spielerinnen erlitten schon mindestens eine Verletzung (vgl. Tabelle 14). Dabei betrafen 37% aller Verletzungen das Sprunggelenk, 23% das Kniegelenk und 40% andere Körperregionen. Diese Zahlen sind vergleichbar mit dem Gesundheitsbericht NRW (Henke, 2003), wobei der deutliche Unterschied bezüglich der prozentual verletzten Spieler auf die untersuchten Spielklassen zurückzuführen ist. Der Gesundheitsbericht bezieht sich auf die gesamte Vereinslandschaft, einschließlich Breitensport. Die vorliegende Studie untersuchte ausschließlich leistungsorientierte Handballerinnen.

4.1.2 Verletzungsursachen

Bis zum ersten Messzeitpunkt (T1) nahmen Verletzungsursachen, die nicht auf Gegnereinwirkung zurückzuführen sind, eine vorrangige Stellung ein. Insgesamt gaben nur 38% Gegnereinwirkung als Verletzungsgrund an (vgl. Abbildung 26). 62% der Spielerinnen beschreiben Ursachen ohne Gegnereinwirkung, deren konkrete Aufschlüsselung in Abbildung 27 veranschaulicht ist.

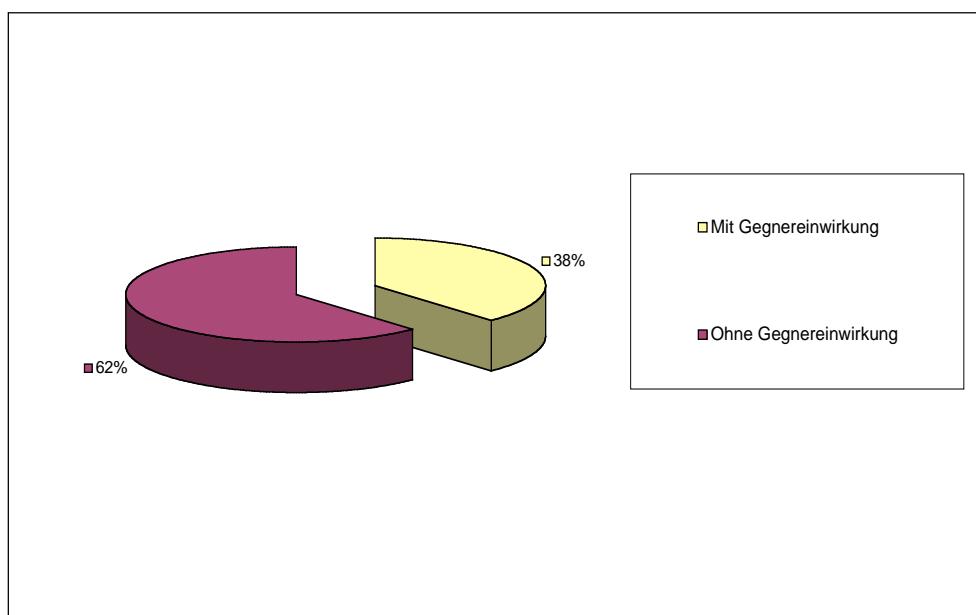


Abb.26. Verteilung der Verletzungsursachen der Gesamtstichprobe bis zum Messzeitpunkt T1

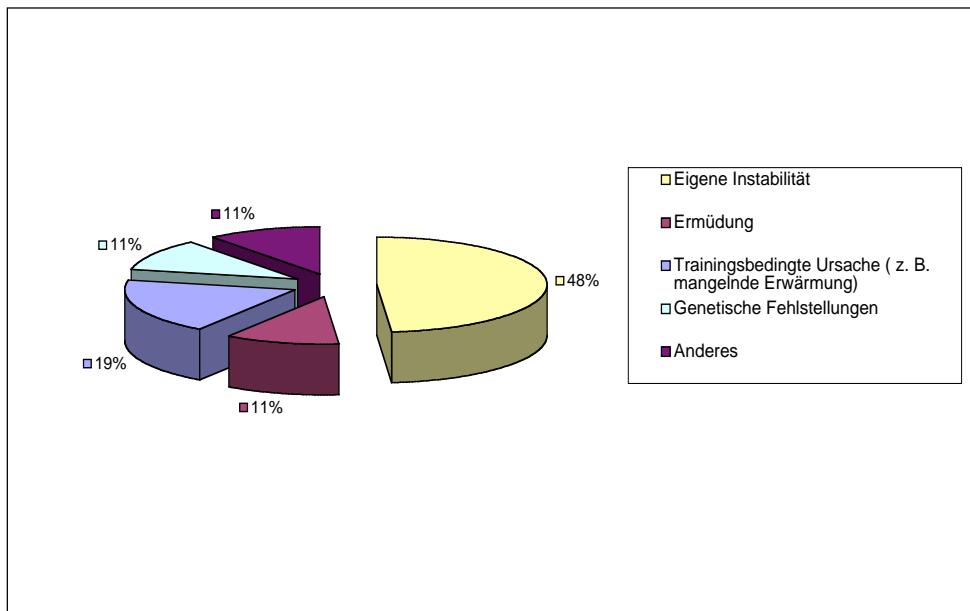


Abb.27. Aufschlüsselung der Verletzungsursachen ohne Gegnereinwirkung der Gesamtstichprobe bis zum Messzeitpunkt T1

4.2 Verletzungsinzidenz

Im folgenden Abschnitt werden die Ergebnisse des Telefon-Interviews ausgewertet, wobei die Messzeitpunkte T1 bzw. T2 den Spielzeiten 06/07 bzw. 07/08 entsprechen. Die Analyse des Hauptzielparameters Verletzungsinzidenz beschäftigt sich ausschließlich mit Verletzungen von Sprung- (SG) und Kniegelenk (KG). Zunächst werden Ergebnisse der Verletzungsinzidenz in Bezug auf die Gruppenzugehörigkeit dargestellt. Anschließend wird die Analyse in „verletzte Spielerinnen“ und „Verletzungsanzahl“ unterteilt, um auch Mehrfachverletzungen zu erfassen. Anfangs werden deskriptive Verletzungszahlen wiedergegeben und darauf folgend die Veränderungen ausgewertet. Schließlich werden Sprung- und Kniegelenk hinsichtlich der Verletzungsinzidenz getrennt voneinander analysiert.

Da die Daten teilweise nicht normalverteilt oder nicht intervallskaliert sind, werden hierfür nichtparametrische Tests angewendet. Als nichtparametrisches Verfahren zur Klärung der Interaktionsfrage (Gruppe x Zeit) wurden Differenzwerte von T1 und T2 gebildet ($y_{diff} = yt1 - yt2$), um mittels Mann-Whitney-U-Test zu analysieren, ob sich Interventions- und Kontrollgruppe hinsichtlich ihrer Lageveränderungen voneinander unterscheiden. Tabelle 15 zeigt, dass die Differenz der Anzahl der Verletzungen signifikant ist ($p = .039$), was einen eindeutigen Rückschluss auf den Einfluss des integrativen Propriozeptionstrainings zulässt.

Tab. 15. Mann-Whitney-U-Test: Prüfung der Differenzen der Gesamt-Verletzten sowie der Gesamt-Verletzungsanzahl in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

	Differenz der Verletzten	Differenz der Anzahl der Verletzungen
Mann-Whitney-U	314,00	276,50
Wilcoxon-W	545,00	507,50
Z	-1,147	-2,06
Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	,141	,039

Tab. 16. Mann-Whitney-U-Test: Prüfung der Differenzen der Verletzten sowie der Verletzungsanzahl getrennt nach Topographie in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

	Differenz der am SG Verletzten	Differenz der Anzahl an SG-Verletzungen	Differenz der am KG Verletzten	Differenz Anzahl KG-Verletzungen
Mann-Whitney-U	337,00	317,50	336,00	336,00
Wilcoxon-W	568,00	548,50	567,00	567,00
Z	-1,10	-1,42	-1,471	-1,471
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,270	,155	,141	,141

Die folgenden Abbildungen 28 und 29 veranschaulichen die Anzahl der verletzten Spielerinnen sowie der Verletzungsanzahl zu den Messzeitpunkten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08) der Untersuchungsgruppen. Die abgebildeten Häufigkeiten werden in den nächsten Abschnitten näher erläutert. Darüber hinaus wird der Haupteffekt „Zeit“ analysiert. Dabei wird die Auswertung in „verletzte Spielerinnen“ und „Verletzungsanzahl“ unterteilt.

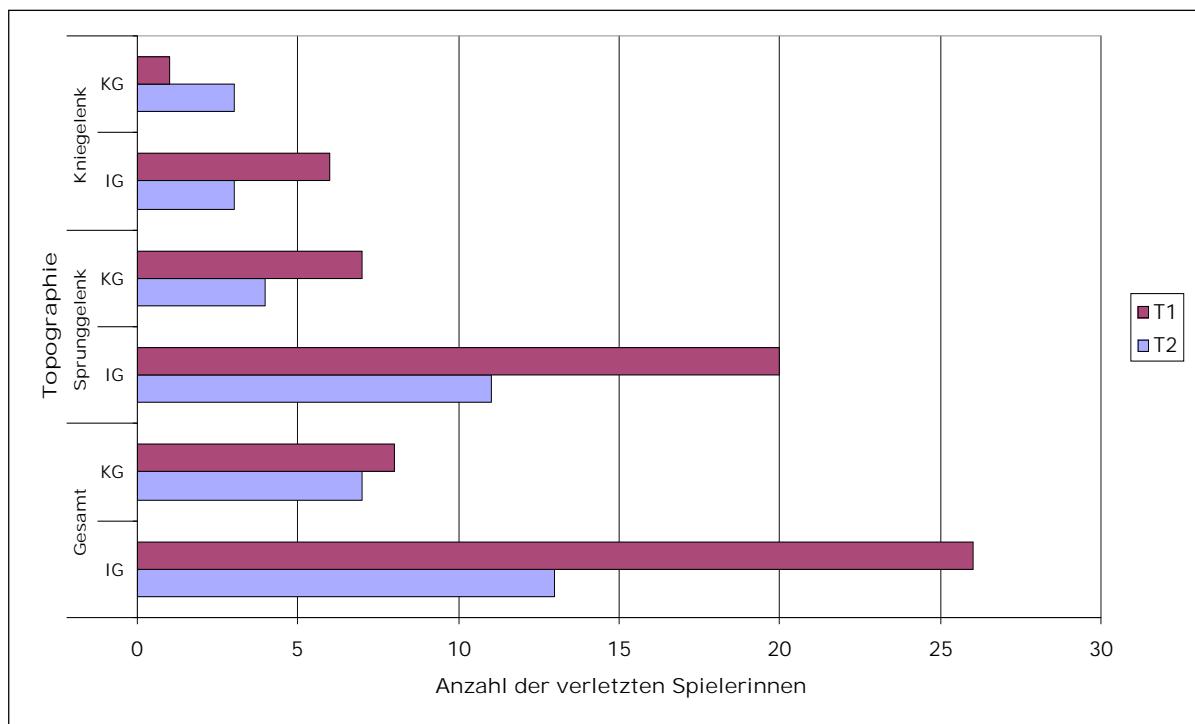


Abb.28. Verletzte Spielerinnen der Interventions- (n=38) und Kontrollgruppe (n=21) in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

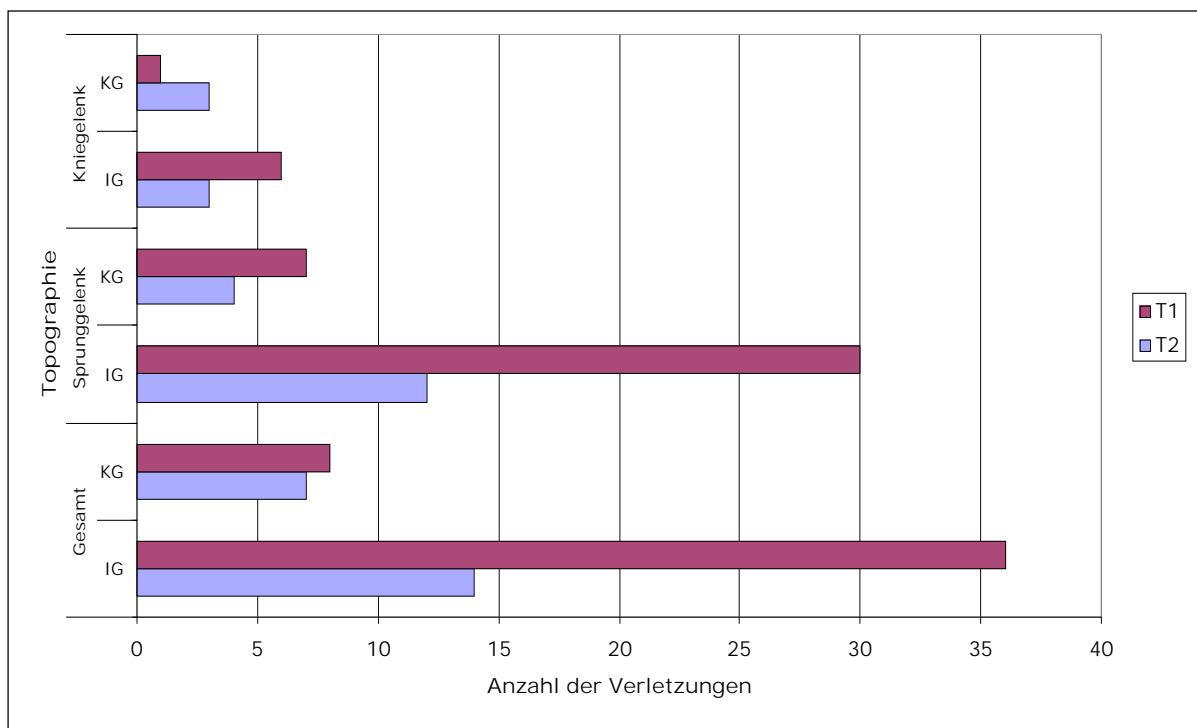


Abb.29. Anzahl der Verletzungen der Interventions- (n=38) und Kontrollgruppe (n=21) in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

4.2.1 Verletzte Spielerinnen

Tabelle 17 stellt die Anzahl verletzter Spielerinnen in den Spielzeiten 06/07 bzw. 07/08 in der Interventions- (n=38) und Kontrollgruppe (n=21) gegenüber. Nach der Betrachtung des Gesamtwerts wird zwischen Sprunggelenks- und Kniegelenksverletzungen unterschieden. Es zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Häufigkeiten zum Messzeitpunkt T2 sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe. Einzig die Kniegelenksverletzungen erhöhen sich in der Kontrollgruppe im Prä-Post-Vergleich.

Tab. 17. Verletzte Spielerinnen der Interventions- (n=38) und Kontrollgruppe (n=21) zu den Messzeitpunkten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Gruppe	Saison 06/07			Saison 07/08		
	Gesamt	Sprunggelenk	Kniegelenk	Gesamt	Sprunggelenk	Kniegelenk
IG n=38	26	20	6	13	11	3
KG n=21	8	7	1	7	4	3

Der Wilcoxon-Test überprüft die Veränderung der Anzahl an verletzten Spielerinnen von Messzeitpunkt T1 (Saison 06/07) zu Messzeitpunkt T2 (Saison 07/08) (vgl. Tabelle 18). So kam es in der Interventionsgruppe zu einer signifikanten Reduzierung der Verletzten ($p = .033$) und der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen ($p = .025$) im Vergleich zu der Saison 07/08. Im Gegensatz dazu konnten bei der Kontrollgruppe keine signifikanten Veränderungen festgestellt werden. Weder in der Interventionsgruppe ($p = .257$) noch in der Kontrollgruppe ($p = .317$) kam es zu einer signifikanten Veränderung der Anzahl der am Kniegelenk verletzten Spielerinnen im Vergleich zu der Saison 07/08.

Tab. 18. Wilcoxon-Test: Überblick über die Veränderung der Anzahl an verletzten Spielerinnen

		Verletzte 06/07 – 07/08	Sprunggelenks-Verletzte 06/07 – 07/08	Kniegelenks-Verletzte 06/07 – 07/08
IG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-2,132 ,033	-2,236 ,025	-,134 ,257
KG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-,378 ,705	-1,342 ,180	-1,000 ,317

Da sich die Stichprobenzahl von Interventions- (n=38) und Kontrollgruppe (n=21) durch den Ausfall einer Kontrollmannschaft unterschieden, wird die Zahl der verletzten Spielerinnen in Abbildung 30 in Abhängigkeit der Gesamtspielerzahl dargestellt. Die Veränderung dieser Prozentzahl ist von praktischem Interesse für Mannschaft, Trainer und Verein. Auffallend ist das unterschiedliche Ausgangsniveau der Untersuchungsgruppen zu T1.

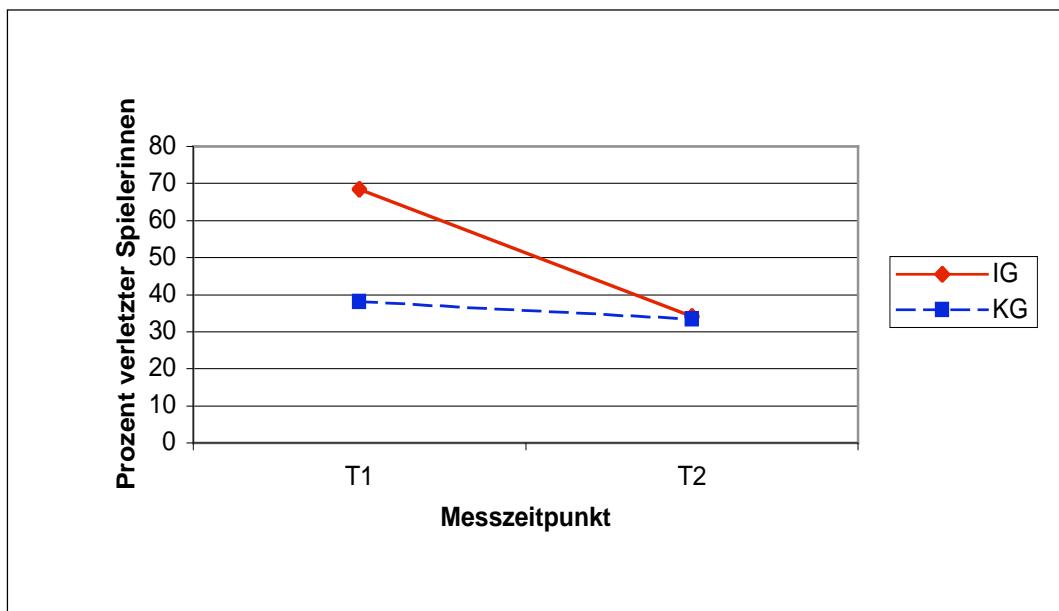


Abb.30. Prozentzahl verletzter Spielerinnen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

4.2.2 Verletzungsanzahl

Tabelle 19 stellt die Anzahl der Verletzungen in den Spielzeiten 06/07 bzw. 07/08 in der Interventions- ($n=38$) und Kontrollgruppe ($n=21$) gegenüber. Dabei wird wiederum zwischen Sprunggelenks- und Kniegelenksverletzungen unterschieden. Es zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Verletzungsanzahl zum Messzeitpunkt T2 sowohl in der Interventions- als auch der Kontrollgruppe. In letzterer erhöht sich die Anzahl der Kniegelenksverletzungen im Prä-Post-Vergleich.

Tab. 19. Verletzungen der Interventions- ($n=38$) und Kontrollgruppe ($n=21$)

Gruppe	Saison 06/07			Saison 07/08		
	Gesamt	Sprunggelenk	Kniegelenk	Gesamt	Sprunggelenk	Kniegelenk
IG $n=38$	36	30	6	14	12	3
KG $n=21$	8	7	1	7	4	3

Bei der Betrachtung der Veränderung der Verletzungsanzahl (vgl. Tabelle 20) konnte der Wilcoxon-Test in der Interventionsgruppe eine signifikante Reduzierung ($p = .004$) der Gesamtanzahl belegen. Ebenfalls signifikant ($p = .007$) erweist sich der Rückgang von Sprunggelenksverletzungen in der Interventionsgruppe. Die Kontrollgruppe zeigt für die oben genannten Parameter keine signifikanten Effekte. Die Veränderung der Anzahl von Kniegelenksverletzungen ist sowohl in der Kontroll- ($p = .317$) als auch in der Interventionsgruppe ($p = .257$) nicht signifikant. Allerdings verringert sich die Anzahl der Kniegelenksverletzungen in der Interventionsgruppe im Gegensatz zur Kontrollgruppe (vgl. Tabelle 20).

Tab. 20. Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl an Verletzungen

Gruppe		Anzahl Verletzungen 06/07 – 07/08	Anzahl SG-Verletzungen 06/07 – 07/08	Anzahl KG-Verletzungen 06/07 – 07/08
IG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-2,914 ,004	-2,679 ,007	-1,134 ,257
KG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-,378 ,705	-1,342 ,180	-1,000 ,317

Zur besseren Veranschaulichung stellt Abbildung 31 die relative Verletzungszahl dar. Das unterschiedliche Ausgangsniveau der Untersuchungsgruppen zu T1 wird auch bezüglich dieser Variablen deutlich.

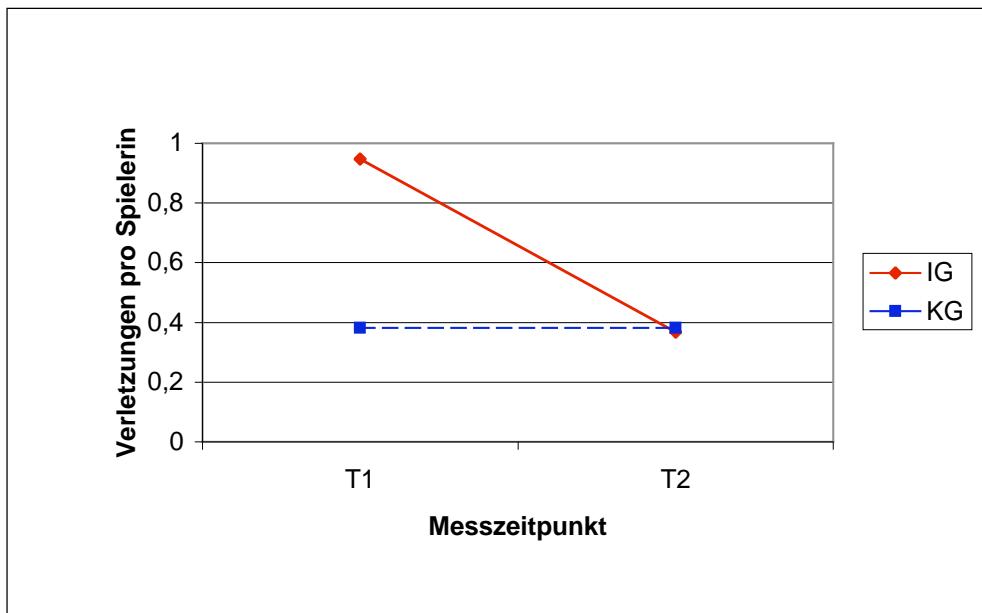


Abb.31. Anzahl der Verletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Vertiefend werden im Folgenden weitere Ergebnisse zu Sprung- und Kniegelenksverletzungen getrennt voneinander ausgewertet.

4.2.3 Sprunggelenksverletzungen

In der Saison 06/07 kam es in der Interventionsgruppe zu 0,79 Sprunggelenksverletzungen pro Spielerin, in der Kontrollgruppe zu 0,33 pro Spielerin (vgl. Abbildung 32). Bemerkenswert ist das unterschiedliche Ausgangsniveau von Interventions- und Kontrollgruppe. In beiden Gruppen verringerten sich die Sprunggelenksverletzungen in der Saison 07/08. In der Interventionsgruppe signifikant auf 0,28 in der Kontrollgruppe auf 0,19 pro Spielerin.

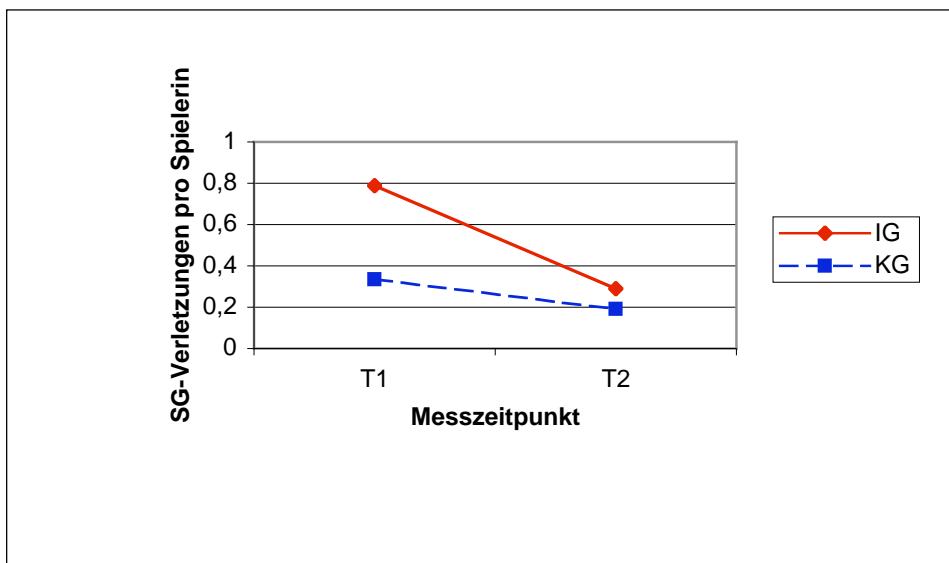


Abb.32. Veränderung der Anzahl der Sprunggelenksverletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Tabelle 21 zeigt die signifikante Reduzierung der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen in der Interventionsgruppe, die auf einen positiven Effekt des integrierten Propriozeptionstrainings hinweist.

Zur Verdeutlichung der signifikanten Reduzierung der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen zeigt Abbildung 33 den positiven Effekt des Propriozeptionstrainings prozentual am Sprunggelenk.

Tab. 21. Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Gruppe	Sprunggelenks-Verletzte 06/07 – 07/08	
	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	
IG		-2,236 ,025
KG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-1,342 ,180

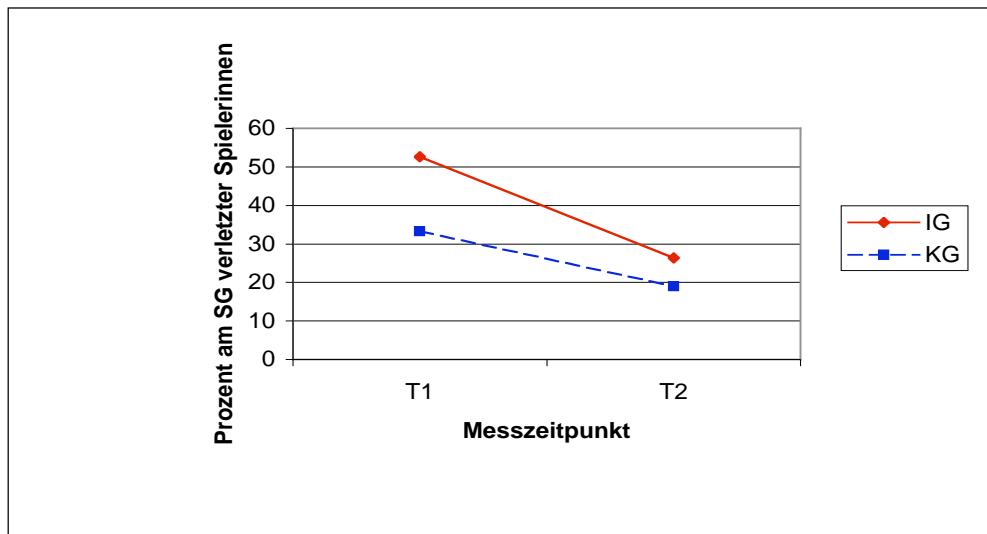


Abb.33. Prozentzahl der am Sprunggelenk verletzter Spielerinnen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

4.2.4 Kniegelenksverletzungen

In der Saison 2006/2007 kam es in der Interventionsgruppe zu 0,16 Kniegelenksverletzungen pro Spielerin, in der Kontrollgruppe zu 0,05 pro Spielerin (vgl. Abbildung 34). In der darauf folgenden Saison konnten die Verletzungen in der Interventionsgruppe verringert werden, während in der Kontrollgruppe ein Anstieg nachgewiesen wurde.

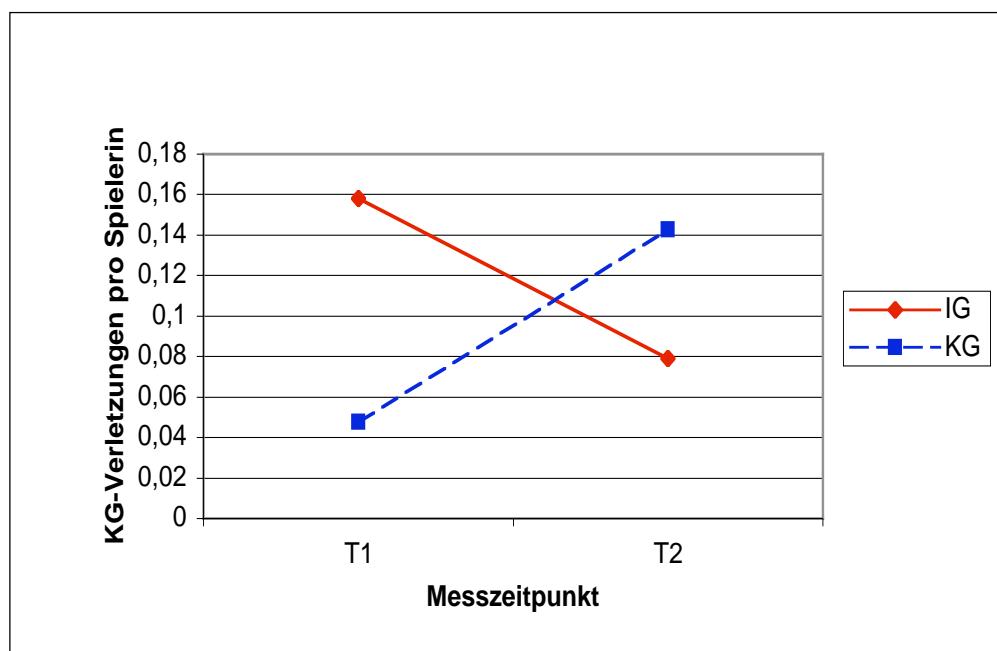


Abb.34. Veränderung der Anzahl der Kniegelenksverletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Wird mittels des Wilcoxon-Tests der Effekt des integrativen Interventionsprogramms am Kniegelenk betrachtet, so lässt sich weder in Interventions- noch Kontrollgruppe eine signifikante Reduzierung der dort verletzten Spielerinnen feststellen (vgl. Tabelle 22).

Tab. 22. Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl der am Kniegelenk verletzten Spielerinnen

Gruppe	Kniegelenks-Verletzte 06/07 – 07/08	
	Z	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
IG	-,134	,257
KG	-1,000	,317

Wird der Einfluss des Interventionsprogramms auf die am Kniegelenk verletzten Spielerinnen betrachtet, so zeigt sich in der Interventionsgruppe ein deutlicher Rückgang aber kein signifikanter Effekt (vgl. Tabelle 22). Die Kontrollgruppe zeigt ebenfalls keine signifikanten Veränderungen. Die graphische Darstellung (vgl. Abbildung 35) veranschaulicht eine prozentuale Zunahme der am Kniegelenk verletzten Spielerinnen in der Kontrollgruppe.

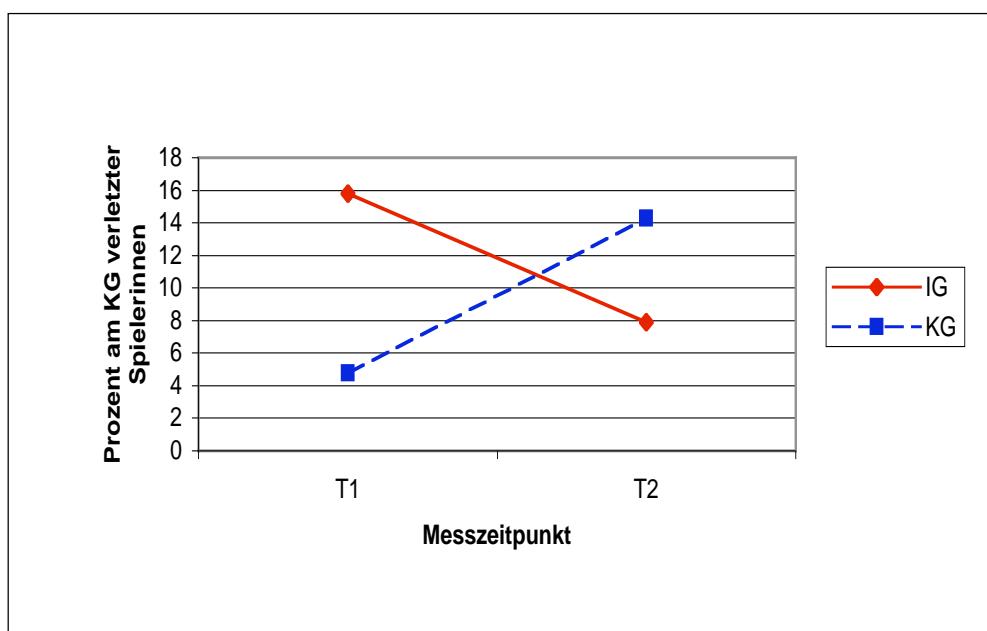


Abb.35. Prozentzahl der am Kniegelenk verletzter Spielerinnen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

4.2.5 Ausfalldauer

Da jede Verletzung eine Zwangspause für den Sportler und somit auch einen Verlust für Trainer und Mannschaft bedeutet, nimmt die Ausfalldauer in der Praxis eine entscheidende Rolle ein. Diese wird anhand des Schweregrads der Verletzung analysiert.

Der Wilcoxon-Test (vgl. Tabelle 23) zeigt einen signifikanten Effekt ($p = .033$) hinsichtlich der Ausfalldauer der Spielerinnen in der Interventionsgruppe. Dieser Effekt bleibt bei der Kontrollgruppe aus ($p = .884$).

Abbildung 36 dokumentiert den signifikanten Rückgang der Ausfalldauer in der Interventionsgruppe. Besonders deutlich wird dieser bei schweren Verletzungen mit langen Ausfallzeiten (8 bis 21 Tage und mehr als 21 Tage).

Tab. 23. Wilcoxon-Test: Veränderung der Ausfalldauer aufgrund von Verletzungen gemessen am Schweregrad

Gruppe		Veränderung der Ausfalldauer 06/07 – 07/08
IG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-2,135 ,033
KG	Z Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	-,146 ,884

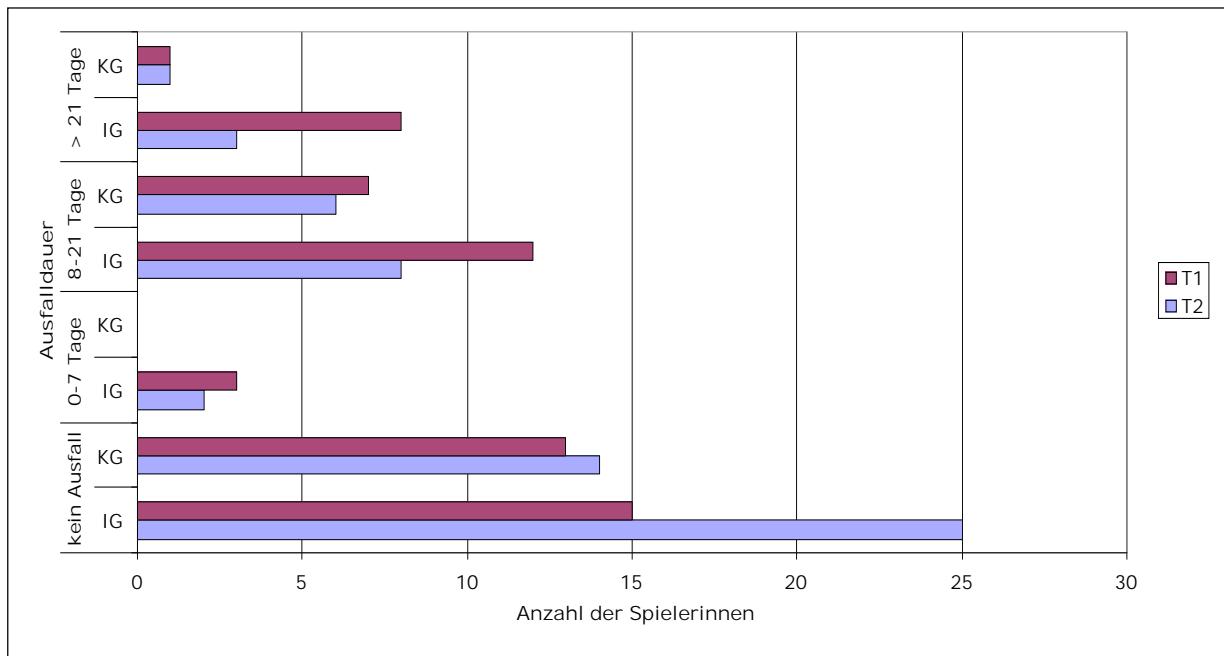


Abb.36. Ausfalldauer von Spielerinnen nach Verletzungen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

4.2.6 Verletzungsursachen

Im Folgenden werden die Verletzungsursachen der in den Spielzeiten 06/07 (T1) und 07/08 (T2) aufgetretenen Verletzungen analysiert. Es wird zwischen Ursachen „mit Gegnereinwirkung“ und „ohne Gegnereinwirkung“ unterschieden.

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests für unabhängige Stichproben kann zum Messzeitpunkt T1 kein signifikanter Gruppenunterschied ($p = .908$) nachgewiesen werden. Dagegen zeigen die Daten zum Messzeitpunkt T2 einen signifikanten Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe ($p = .010$) bezüglich der Verletzungsursachen (vgl. Tabelle 24). Die deskriptive Statistik ist in den Abbildungen 37 und 38 dargestellt.

Tab. 24. Mann-Whitney-U-Test: Überprüfung der Gruppenunterschiede hinsichtlich der aufgetretenen Verletzungsursachen in den Spielzeiten 06/07 und 07/08

	Verletzungsursachen in 06/07 (T1)	Verletzungsursachen in 07/08 (T2)
Mann-Whitney-U	78,0	14,00
Wilcoxon-W	354,50	42,00
Z	-,12	-2,59
Asymptotische Signifikanz (2- seitig)	,908	,010

Zur besseren Veranschaulichung der gezeigten Ergebnisse machen die Abbildungen 37 und 38 die Veränderung der Verletzungsursachen der Spielzeit 06/07 (T1) zu 07/08 (T2) graphisch sichtbar. Die Höhe der Balken zeigt die Verletzungsanzahl, wobei innerhalb der Balken die zugeschriebenen Verletzungsursachen anteilig abgebildet sind. Die Reduzierung der Verletzungsursachen „ohne Gegnereinwirkung“ in der Interventionsgruppe ist deutlich erkennbar. Im Gegensatz dazu erhöht sich die Anzahl der Verletzungen „ohne Gegnereinwirkung“ in der Kontrollgruppe.

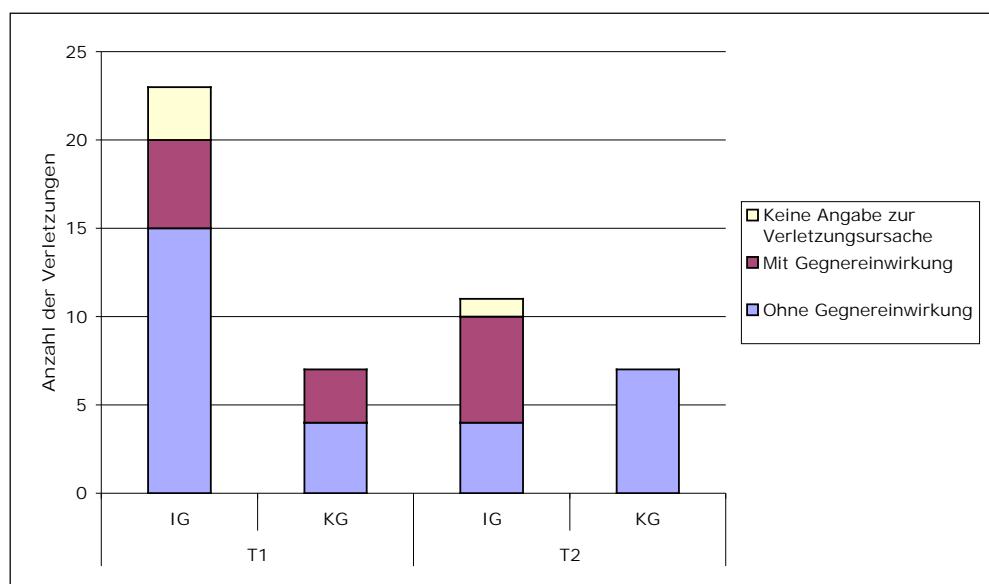


Abb.37. Anzahl der Verletzungen und ihre Ursachen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

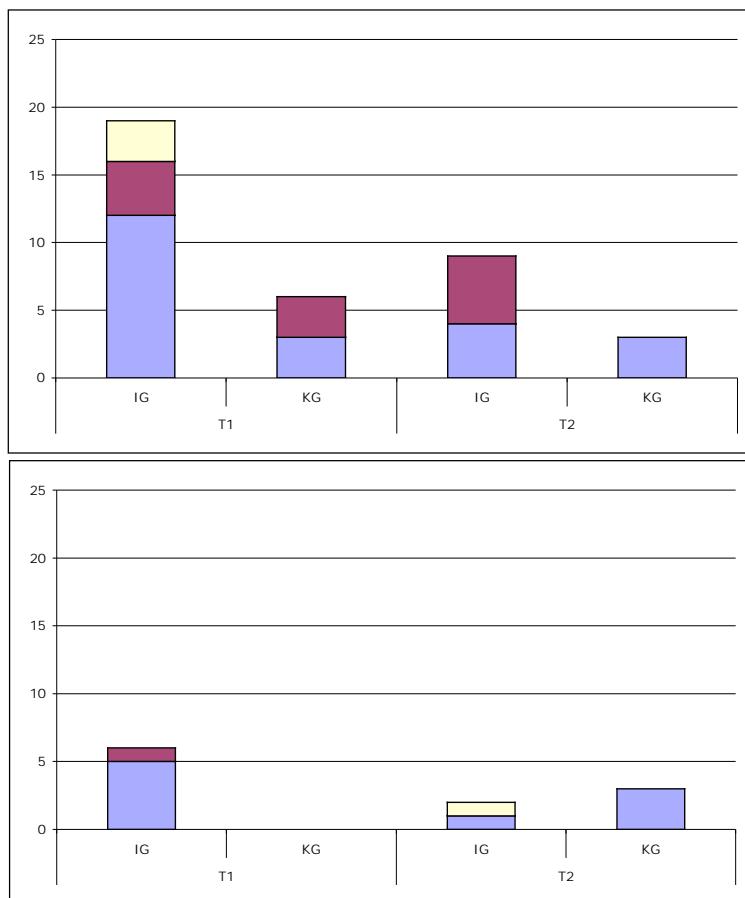


Abb.38. Anzahl der Sprung- (oben) und Kniegelenksverletzungen (unten) und ihre Ursachen in den Spielzeiten T1 (Saison 06/07) und T2 (Saison 07/08)

Fazit

Zusammenfassend zeigen die in Abschnitt 4.2 vorgestellten Ergebnisse des Hauptzielparameters Verletzungsinzidenz eine Reduzierung der Verletzungen der unteren Extremität. Dabei ergibt sich in der Interventionsgruppe eine signifikante Reduzierung der Gesamtanzahl der Verletzten und der Anzahl der am Sprunggelenk Verletzten. Das gleiche zeigt sich bei der Gesamt-Verletzungsanzahl sowie der Anzahl an Sprunggelenksverletzungen. Die signifikante Reduzierung der Verletzungsanzahl, in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit, ist auf den Einfluss des Interventionsprogramms zurückzuführen. Die Ergebnisauswertung der Ausfalldauer nach Verletzungen weist, ohne Berücksichtigung der Interaktion mit der Gruppenzugehörigkeit, einen signifikanten Rückgang in der Interventionsgruppe nach. Bei der Analyse der Verletzungsursachen wird ein signifikanter Einfluss der Gruppenzugehörigkeit deutlich. Die Verletzungsursachen „ohne Gegnereinwirkung“ sind in der Interventionsgruppe deutlich reduziert.

4.3 Subjektives Stabilitätsempfinden

Nach jeder Messung auf dem GKS wurde das subjektive Stabilitätsempfinden der Versuchsperson während des absolvierten Tests auf einer Skala von null bis zehn erfragt.

Nach dem t-Test für unabhängige Stichproben unterscheiden sich Interventions- und Kontrollgruppe zum Messzeitpunkt T1 signifikant voneinander. Die Untersuchungsgruppen starten hinsichtlich ihres subjektiven Stabilitätsempfindens beim Einbeinstand mit offenen Augen ($t = 3,07$; $df = 57$; $p = .003$) und geschlossenen Augen ($t = 2,30$; $df = 57$; $p = .025$) von unterschiedlichen Ausgangsniveaus. Dagegen ist ihr Ausgangsniveau beim Sprung vergleichbar ($t = 1,08$; $df = 57$; $p = .283$). Diese Tatsache wird bei der folgenden Varianzanalyse mitberücksichtigt.

Letztere kann bei den gemittelten Einbeinstandmodalitäten (E = Einbeinstand; O = geöffnete Augen; Z = geschlossene Augen; sj = subjektives Stabilitätsempfinden) keinen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf das subjektive Stabilitätsempfinden nachweisen (vgl. Tabellen 25 und 26). Dagegen zeigt sich beim Sprung (S) ein signifikanter ($p = .048$) gruppenspezifischer Einfluss (vgl. Tabelle 27).

Tab. 25. Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfindens von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit offenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	10,46	8,07	,006	,124
ZEIT*GRUPPE	1	2,64	2,04	,159	,034
FEHLER	57	1,30			

Tab. 26. Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfindens von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit geschlossenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	16,21	13,35	,001	,190
ZEIT*GRUPPE	1	,31	,26	,614	,004
FEHLER	57	1,21			

Tab. 27. Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfindens von T1 zu T2 beim Sprung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	3,38	2,54	,117	,043
ZEIT*GRUPPE	1	5,45	4,09	,048	,067
FEHLER	57	1,33			

Wird ausschließlich der Zeitfaktor betrachtet, zeigt der t-Test in der Interventionsgruppe eine signifikante Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens sowohl beim Einbeinstand als auch beim Sprung (vgl. Tabelle 28). Im Gegensatz dazu kann bei den Spielerinnen der Kontrollgruppe keine signifikante Veränderung festgestellt werden.

Tab. 28. T-Test: Veränderungen des subjektiven Stabilitätsempfindens von T1 zu T2 bei den Einbeinstandmodalitäten (EO und EZ) und beim Sprung (S)

		Gepaarte Differenzen								
Gruppe	Differenz T2-T1	MW	Standard- abweichung	Standardfehler des MW	95% Konfiden- zintervall der Differenz		T	df	Sig. (2- seitig)	
					Untere	Obere				
IG	EO-sj	-,93	1,17	,19	-1,32	-,55	-4,93	37	,000	
	EZ_sj	-,88	1,49	,24	-1,37	-,39	-3,66	37	,001	
	S_sj	-,80	1,77	,29	-1,39	-,22	-2,80	37	,008	
KG	EO-sj	-,31	2,20	,48	-1,31	,69	-,64	20	,527	
	EZ_sj	-,67	1,68	,37	-1,43	,10	-1,82	20	,085	
	S_sj	,10	1,34	,30	-,51	,70	,33	20	,748	

Abbildung 39 veranschaulicht anhand der Mittelwerte die Verbesserung des subjektiven Stabilitätsempfindens beider Gruppen im Einbeinstand, wobei die Verbesserungen in der Interventionsgruppe signifikant sind. Beim Sprung zeigt sich kein einheitliches Bild, da sich das subjektive Empfinden in der Interventionsgruppe signifikant verbessert, in der Kontrollgruppe dagegen verschlechtert.

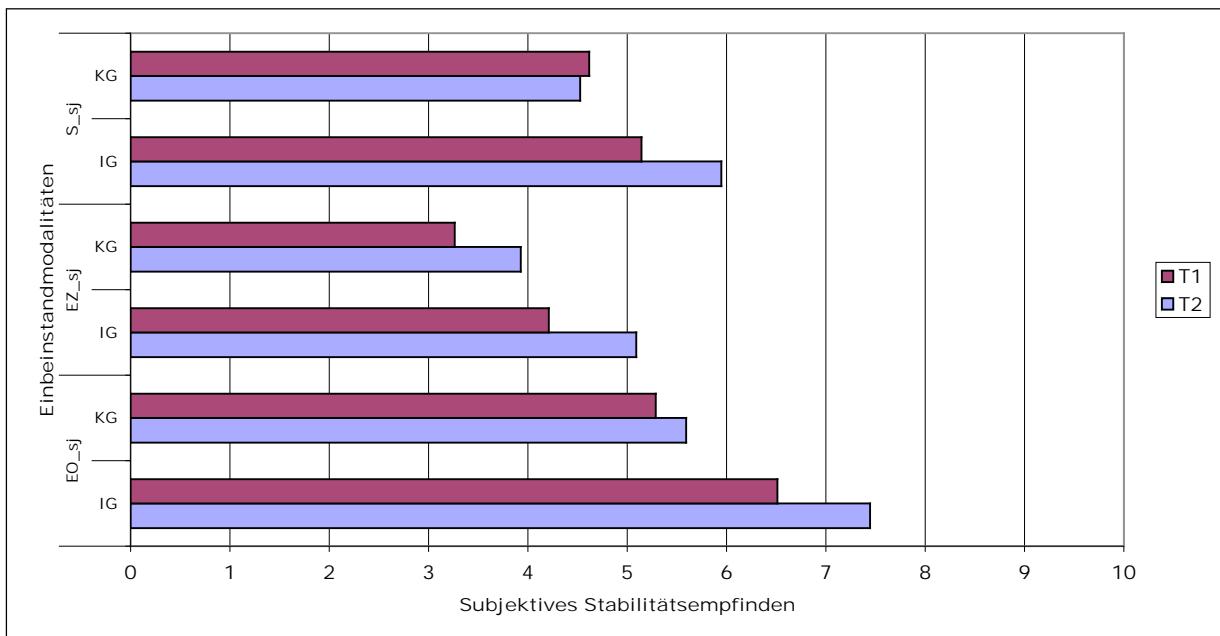


Abb.39. Mittelwerte des subjektiven Stabilitätsempfindens im Einbeinstand und beim Sprung

4.3.1 Zusammenhänge mit Verletzungen

Die Anwendung der modifizierten Borg Skala zur Überprüfung des subjektiven Stabilitätsempfindens der Spielerinnen wird in diesem Abschnitt mit einigen der bereits dargestellten Parameter in Zusammenhang gebracht. Dabei berechnet die Rangkorrelation nach Spearman die Zusammenhänge zwischen subjektivem Stabilitätsempfinden und dem Auftreten einer Verletzung (Verletzte Spielerinnen) sowie der Anzahl an aufgetretenen Verletzungen (Verletzungen). Wie aus Tabelle 29 ersichtlich, können keine signifikanten Korrelationen zu den Verletzungsparametern nachgewiesen werden.

Auch die Analyse des Zusammenhangs zwischen subjektivem Stabilitätsempfinden und Sprung- und Kniegelenksverletzungen zeigt keine signifikanten Korrelationen.

Tab. 29. Korrelation nach Spearman: Zusammenhang zwischen subjektivem Stabilitätsempfinden und der Anzahl verletzter Spielerinnen sowie der Verletzungsanzahl in den Spielzeiten 06/07 und 07/08 (n = 59)

		Subjektives Stabilitätsempfinden 06/07	Subjektives Stabilitätsempfinden 07/08
Verletzte Spielerinnen 06/07	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,018 ,897	-,239 ,160
Verletzungen 06/07	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,050 ,717	-,146 ,397
Verletzte Spielerinnen 07/08	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,239 ,076	,182 ,289
Verletzungen 07/08	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,235 ,081	,191 ,264

Fazit

Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse in Abschnitt 4.3 eine signifikante Steigerung der Mittelwerte des subjektiven Stabilitätsempfindens in der Interventionsgruppe, die jedoch nicht mit Sicherheit auf den Einfluss des integrierten Propriozeptionstrainings zurückzuführen sind.

4.4 Erwartungen und Compliance

Die Erwartungen der Spielerinnen, die an die vorliegende Intervention gestellt wurden, bezogen sich meist auf eine Verbesserung der Stabilität, einen Sicherheitsgewinn in Training und Wettkampf sowie eine allgemein verminderte Verletzungsanfälligkeit. Die Mehrzahl der Trainer (67%) erwartete eine verletzungsprophylaktische Wirkung des integrierten Propriozeptionstrainings. Im Folgenden werden Ergebnisse des Spielerinnen- und Trainerfragebogens zum zweiten Messzeitpunkt (vgl. Anhänge C und D) ausgewertet. Sie befassten sich mit Akzeptanz und Compliance des integrativen Konzepts. 60% sahen ihre Erwartungen vollständig, 20% teilweise erfüllt (vgl. Abbildung 40). „Teilweise“ deshalb, da sich trotz der Intervention vereinzelt Verletzungen ereigneten.

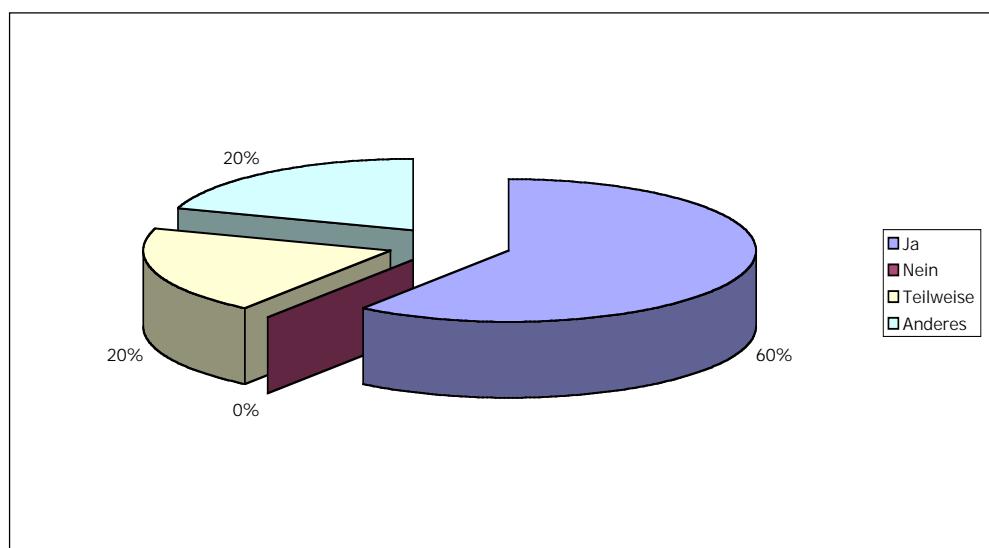


Abb.40. Erfüllung der Erwartungen (Trainer)

Alle Spielerinnen und alle Trainer dieser Untersuchung halten die Integration eines propriozeptiven Trainings für eine sinnvolle Möglichkeit, die Gelenkstabilität kontinuierlich zu verbessern. Als Grund wird die verletzungsprophylaktische Wirkung genannt. Auch die Tatsache, dass ein integriertes Training kaum Trainingszeit in Anspruch nimmt, die eigentliche ballsportspezifische Intention nicht einschränkt und zusätzlich Verletzungen vorbeugen kann, macht eine Integration für Trainer und Spielerinnen sinnvoll.

Vor dem ersten Messzeitpunkt nutzten die Trainer bereits vereinzelt Stabilitätsübungen in ihren Trainingseinheiten (60%), wobei die Übungen nicht in

handballspezifische Übungsformen eingegliedert, sondern additiv trainiert wurden. 100% der Trainer integrierten während der Intervention die Trainingsmaßnahmen der Übungs-CD „regelmäßig mit kleinen Abänderungen“. Nach Aussage der Trainer begeisterten sich ausnahmslos alle Spielerinnen für das Konzept und nahmen es positiv auf, was durch die Angaben zur konsequenten Übungsdurchführung (Stringenz) von der Mehrzahl der Probandinnen bestätigt wurde. Sie trainierten nach eigener Aussage während der propriozeptiven Übungsformen größtenteils „sehr konzentriert“ (vgl. Abbildung 41).

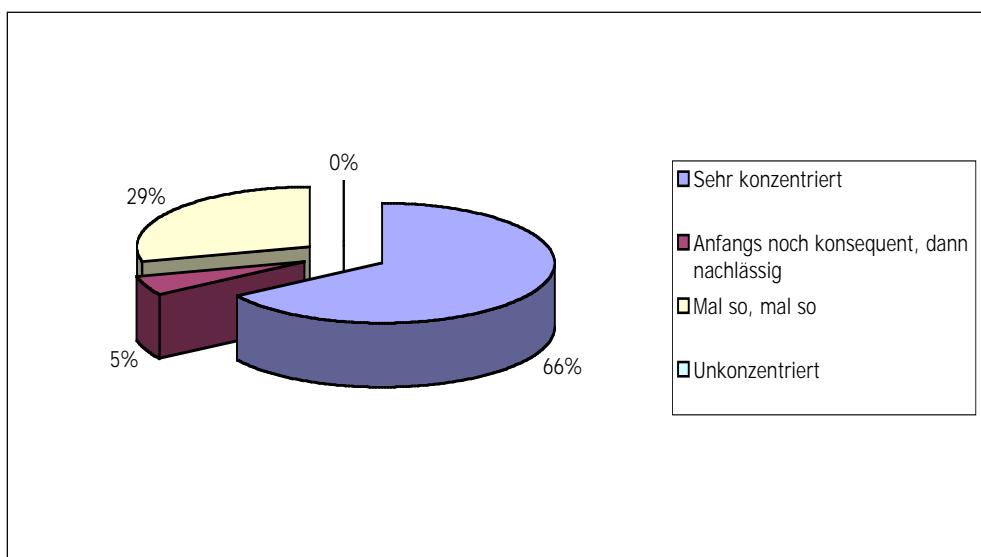


Abb.41. Stringenz der Spielerinnen während der Übungsausführung

Das integrative Konzept dieser Studie sagte 100% der Trainer zu, so dass sie weiterhin regelmäßig auf die Übungs-CD zurückgreifen wollen um eine mögliche Reduzierung von Verletzungen und so die kontinuierliche Spielstärke ihres Teams zu gewährleisten. So fordern und unterstützen überdies 94,7% der Spielerinnen die weitere Integration eines Propriozeptionstrainings in den bestehenden Ablauf jeder Trainingseinheit.

Fazit

Zusammenfassend bestätigen die in Abschnitt 4.1 aufgeführten Ergebnisse der Verletzungshistorie in der vorliegenden Untersuchungsgruppe die Angaben aus der Literatur. Außerdem geht aus der Fragebogen-Erhebung zum zweiten Messzeitpunkt die große Anerkennung der Wirksamkeit des angewandten Konzepts durch Trainer und Spielerinnen hervor. Diese gilt als Voraussetzung für die Compliance - der weiteren konsequenten Fortführung

des Programms. Bei ausnahmslos allen Trainern soll, nach eigener Aussage, die Integration propriozeptiver Reize in einzelne Übungen fester Bestandteil jeder Trainingseinheit werden. Dies wird auch von der Mehrzahl der Spielerinnen gefordert.

4.5 Gleichgewichtsfähigkeit

4.5.1 Single-Statik-Test

Beim Single-Statik-Test erfasste das GKS die durch den Körperschwerpunkt der Versuchspersonen beschriebene Fläche (in cm²) während der Einbeinstandmodalitäten (E) mit offenen (O) bzw. geschlossenen Augen (Z). Da bei keinem der Einbeinstandmodalitäten Unterschiede zwischen rechtem und linkem Bein auftraten, werden diese in der Ergebnisdarstellung nicht getrennt voneinander behandelt. Wird mittels der Varianzanalyse der Einfluss des Propriozeptionstrainings auf die beschriebene Fläche (F) betrachtet, so lässt sich kein signifikanter Effekt der Gruppenzugehörigkeit auf die Fläche nachweisen (vgl. Tabellen 30 und 31).

Tab. 30. Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit offenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	25,09	1,86	,178	,032
ZEIT*GRUPPE	1	18,91	1,40	,241	,024
FEHLER	57	13,48			

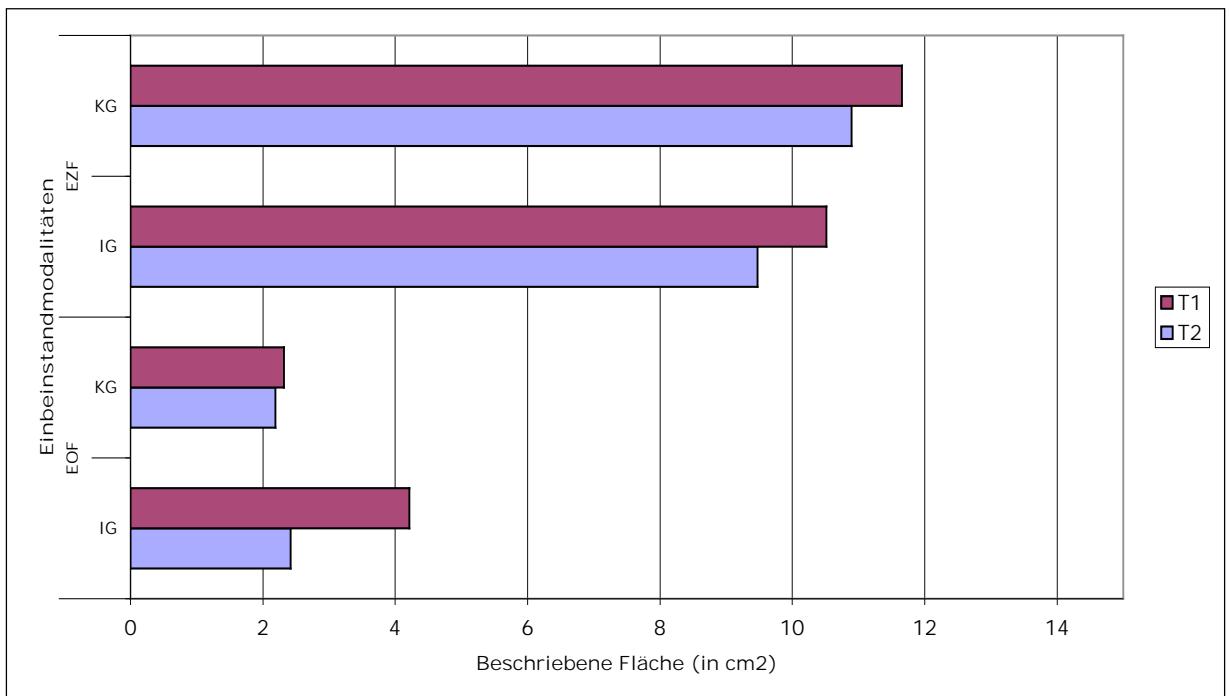
Tab. 31. Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit geschlossenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	21,80	,98	,327	,017
ZEIT*GRUPPE	1	0,51	,02	,881	,000
FEHLER	57	22,33			

Da die Varianzanalyse keinen signifikanten gruppenspezifischen Effekt nachweisen kann, wurden die Veränderungen der Fläche mittels des t-Tests hinsichtlich des Zeitfaktors analysiert. Tabelle 32 zeigt weder bei der Interventions- noch bei der Kontrollgruppe signifikante Effekte, dafür machen Tabelle 32 und Abbildung 42 eine Verringerung aller Mittelwerte der beschriebenen Fläche bei beiden Untersuchungsgruppen sichtbar.

Tab. 32. T-Test: Veränderung der beschriebenen Fläche im Einbeinstand

		Gepaarte Differenzen								
Gruppe	Differenz T2-T1	MW	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwer- tes	95% Konfidenzin- tervall der Differenz		T	df	Sig. (2- seitig)	
					Untere	Obere				
IG	EOF	1,80	6,40	1,04	-,31	3,90	1,73	37	,092	
	EZF	1,03	6,72	1,09	-1,18	3,24	,95	37	,349	
KG	EOF	,13	,96	,21	-,31	,56	,61	20	,552	
	EZF	,76	6,61	1,44	-2,25	3,77	,53	20	,604	

Abb.42. Mittelwerte der beschriebenen Fläche (cm²) bei den Einbeinstandmodalitäten

Die Ergebnisse des Single-Statik-Tests zeigen keine signifikanten Veränderungen der beschriebenen Fläche bei den Einbeinstandmodalitäten. Sie weisen lediglich auf eine Verringerung der Fläche in beiden Untersuchungsgruppen hin.

4.5.2 Dynamischer Sprungtest

Die Auswertung des „Experiments Federrahmen“ beim dynamischen Sprungtest (S) analysiert die beschriebene Fläche (F) und das subjektive Stabilitätsempfinden (vgl. Abschnitt 4.3) der Untersuchungsgruppe. Im Folgenden wird ausschließlich die beschriebene Fläche ausgewertet.

Tabelle 33 zeigt mittels Varianzanalyse den Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die beschriebene Fläche über den Zeitraum von Messzeitpunkt T1 zu T2. Sie scheint keinen signifikanten Einfluss auf die beschriebene Fläche zu haben.

Tab. 33. Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Sprung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	48,45	,22	,643	,004
ZEIT*GRUPPE	1	6,65	,03	,863	,001
FEHLER	57	222,63			

Mittels des t-Tests wurde die beschriebene Fläche nach Gruppen getrennt analysiert, es kam zu keinen signifikanten Ergebnissen (vgl. Tabelle 34). Auffällig sind die hohen Werte bei der Standardabweichung. Tabelle 34 und Abbildung 43 zeigen durch die Mittelwerte eine Vergrößerung der beschriebenen Fläche bei beiden Untersuchungsgruppen.

Tab. 34. T-Test: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Sprung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

		Gepaarte Differenzen							
		Differenz T2-T1	MW	Standard- abweichung	Standardfehler des Mittelwer- tes	Untere	Obere		
Gruppe							T	df	
IG	SF	-,84	22,44	3,64	-8,22	6,53	-,23	37	,818
KG	SF	-1,83	18,36	4,01	-10,19	6,52	-,46	20	,652

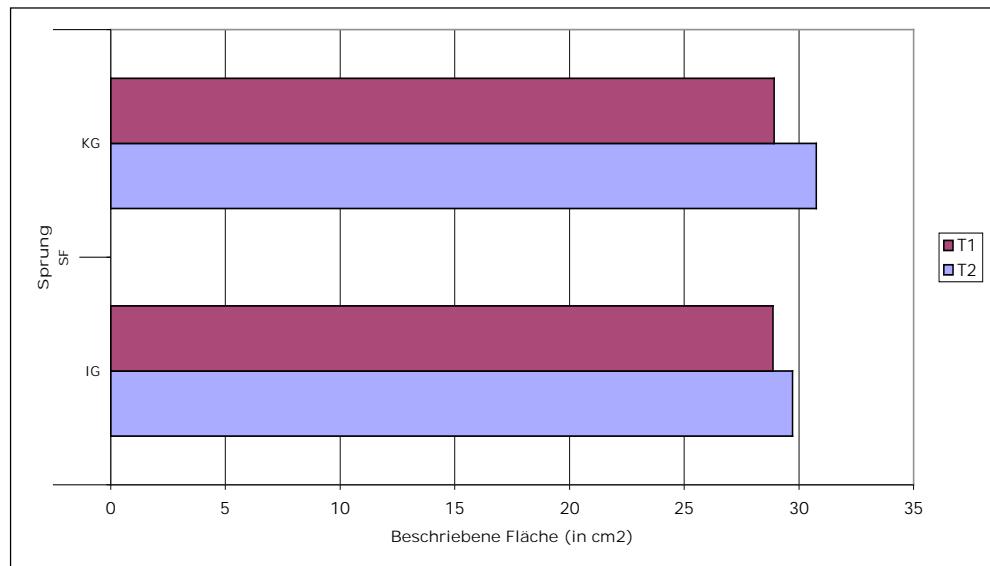


Abb.43. Mittelwerte der beschriebenen Fläche (cm^2) beim Sprung

Fazit

Zusammenfassend zeigt die Analyse der Weiterentwicklung der Messmethode, mit dem Versuch die dynamische Komponente zu integrieren, keine signifikanten Effekte bei der beschriebenen Fläche. Darüber hinaus konnte eine Vergrößerung der Fläche beider Untersuchungsgruppen aufgezeigt werden.

4.6 Koordinationsfähigkeit

Die Analyse der koordinativen Fähigkeiten der Spielerinnen erfolgt durch die Auswertung der für den Koordinationsparcours benötigten Zeit.

Die Varianzanalyse kann einen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die für den Koordinationsparcours benötigte Zeit nachweisen. Tabelle 35 zeigt den signifikanten Effekt ($p = .001$) beim Test der Innersubjektkontraste.

Tab. 35. Varianzanalyse: Veränderung der benötigten Zeit von T1 zu T2 im Koordinationsparcours in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit

Effekt	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz	Partielles Eta-Quadrat
ZEIT	1	185,42	44,52	,000	,439
ZEIT*GRUPPE	1	49,69	11,93	,001	,173
FEHLER	57	4,17			

Mittels t-Test kann außerdem gezeigt werden, dass die Interventionsgruppe die für den Koordinationsparcours benötigte Zeit signifikant ($p < .001$) verringert. Im Gegensatz dazu kann bei der Kontrollgruppe keine signifikante ($p = .055$) Veränderung der benötigten Zeit festgestellt werden.

Abbildung 44 veranschaulicht die Veränderung der Mittelwerte der für den Parcours benötigten Zeit beider Untersuchungsgruppen von Messzeitpunkt T1 und Messzeitpunkt T2.

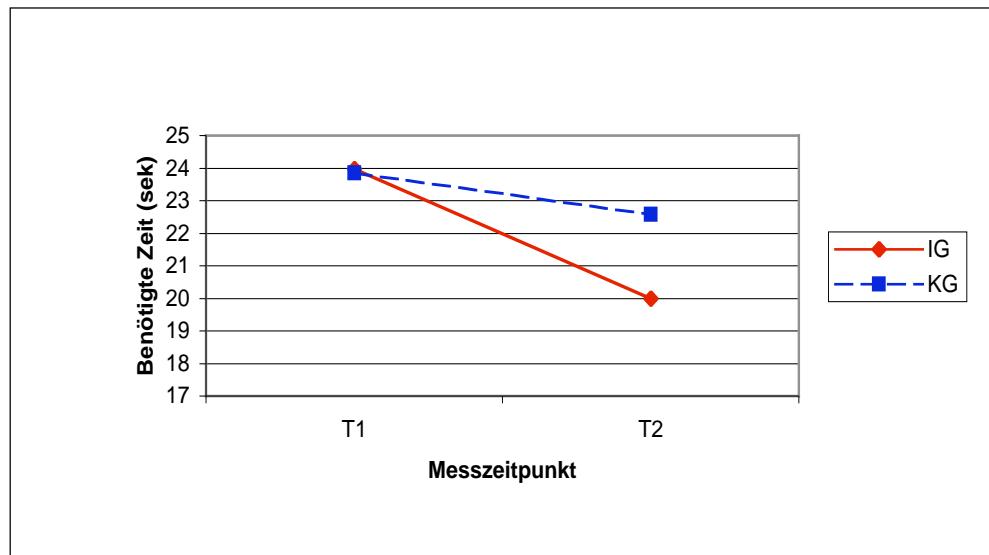


Abb.44. Mittelwerte der benötigten Zeit (in sek) im Koordinationsparcours

Fazit

Zusammenfassend ergibt die Überprüfung der Koordinationsfähigkeit der Untersuchungsgruppe einen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die für den Parcours benötigte Zeit. Die Verringerung der benötigten Zeit in der Interventionsgruppe sichert die Effektivität des integrierten Propriozeptionstrainings hinsichtlich des Nebeneffekts der Koordinationsfähigkeiten.

4.7 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die folgende Zusammenfassung gibt einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse dieses Kapitels. Entsprechend der Fragestellungen wurden die Ergebnisse in Haupt- und Nebenzielparameter gegliedert.

Die in Abschnitt 4.1 dargestellte Auswertung der Verletzungshistorie der vorliegenden Untersuchungsgruppe (Fragebogen-Erhebung zum Messzeitpunkt T1) bestätigt die Angaben aus der Literatur. So spielen Verletzungen der unteren Extremität sowohl in der untersuchten Stichprobe als auch in der Literatur eine übergeordnete Rolle.

Die Betrachtung des Hauptzielparameters Verletzungsinzidenz (vgl. Abschnitt 4.2) ergibt eine Reduzierung der Verletzungsanzahl und der an der unteren Extremität verletzten Spielerinnen. Die Veränderung der Verletzungsanzahl wird bei der gruppenspezifischen Überprüfung signifikant. Hier sichert die Reduzierung der Verletzungsanzahl die Effektivität des integrativen Propriozeptionstrainings. Bei der Analyse des Zeitfaktors zeigt sich in der Interventionsgruppe bei der Anzahl der Verletzten, bei der am Sprunggelenk-Verletzten und bei der Gesamt-Verletzungsanzahl sowie der Anzahl an Sprunggelenksverletzungen ein signifikanter Rückgang. Weder in der Kontrollgruppe noch bei Kniegelenksverletzungen können signifikante Veränderungen nachgewiesen werden. Wird die Ausfalldauer nach Verletzungen betrachtet, lässt sich in der Interventionsgruppe eine signifikante Abnahme der Ausfalldauer feststellen. Des Weiteren zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die Verletzungsursache. Die Analyse der Verletzungsursachen „ohne Gegenreinwirkung“ zeigt eine signifikante Reduzierung in der Interventionsgruppe.

Bei der Selbsteinschätzung der Stabilität (vgl. Abschnitt 4.3) zeigt sich kein signifikanter Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf das subjektive Stabilitätsempfinden der Spielerinnen. Bei der Prüfung des Zeitfaktors wird eine signifikante Verbesserung bei den Einbeinstandmodalitäten und beim Sprung in der Interventionsgruppe deutlich.

Für diese Arbeit ist die Compliance des Trainingsprogramms von entscheidender Bedeutung. Die Auswertung der Fragebogen-Erhebung zum Messzeitpunkt T2 (vgl. Anhänge C und D) zeigt die außerordentliche Anerkennung der Wirksamkeit des integrierten Propriozeptionstrainings durch Trainer und

Spielerinnen. Dies wird durch die regelmäßige Nutzung der Übungs-CD aller Trainer und die konsequente Übungsdurchführung bei der Mehrzahl der Spielerinnen deutlich. Zusätzlich wird das integrierte Propriozeptionstraining bei allen Trainern auch in Zukunft einen festen Bestandteil jeder Trainingseinheit darstellen, was nahezu alle Spielerinnen unterstützen.

Beim Single-Statik-Test (vgl. Abschnitt 4.5.1) zeigt sich kein signifikanter Einfluss des integrierten Propriozeptionstrainings auf die beschriebene Fläche in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit. Dessen ungeachtet verringern sich alle Mittelwerte der Einbeinstandmodalitäten in der Interventionsgruppe signifikant. Beim Sprungtest (vgl. Abschnitt 4.5.2) ergeben sich keine signifikanten Effekte auf die beschriebene Fläche. Demnach zeigt die Posturographie keine signifikanten Verbesserungen durch das Interventionsprogramm.

Die abschließende Analyse des Koordinationsparcours in Abschnitt 4.6 ergibt einen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf die für den Parcours benötigte Zeit. So lässt sich ein positiver Nebeneffekt des integrierten Propriozeptionstrainings auf die Koordinationsfähigkeit der Spielerinnen nachweisen.

5 Diskussion

Die folgenden Kapitel befassen sich mit der Interpretation der in Kapitel 4 vorgestellten Ergebnisse und nehmen gleichzeitig Bezug zum aktuellen Forschungsstand (vgl. Kapitel 2). Die inhaltliche Gewichtung wird durch die übergeordneten Fragestellungen der Arbeit bestimmt. Es ist zu klären, ob das vorliegende Konzept die Verletzungsinzidenz verringert, ob es sich auf das subjektive Stabilitätsempfinden auswirkt und inwiefern es sich im Handballsport etablieren kann. Entsprechend strukturiert werden zuerst die Ergebnisse der Hauptzielparameter - Verletzungsinzidenz, Compliance sowie subjektives Stabilitätsempfinden, und anschließend die Ergebnisse der Nebenzielparameter - Gleichgewichtsfähigkeit und Koordinationsfähigkeit diskutiert.

5.1 Hauptzielparameter

5.1.1 Verletzungsinzidenz

Wie schon in Abschnitt 4.1 – Verletzungshistorie bis zum ersten Messzeitpunkt - erwähnt, bestätigen die Angaben der vorliegenden Untersuchungsgruppe die in der Literatur dargestellten Ergebnisse. So bestärkt auch diese Untersuchung die hohe Verletzungsrate im Handballsport (vgl. Abschnitt 2.3.4 sowie Henke, 2003; Seil et al., 1998; Wedderkopp et al., 1997) sowie die stärkste Gefährdung der unteren Extremität (vgl. Abschnitt 2.3.6 sowie Andrén-Sandberg, 1994; Menke, 2000; Leidinger et al., 1990; Heck & Henke, 1995).

In frühen Studien wird in Aussagen zur Verletzungsursache der Gegnerkontakt als Hauptgrund für eine Verletzung im Handball angegeben (vgl. Abschnitt 2.3.5 sowie Nielsen & Yde, 1988). Diese Tendenz kann sowohl von aktuellen Studien (Boden et al., 2000; Froböse et al., 1996; Griffis et al., 1989; Teitz, 2000) als auch der vorliegenden Untersuchungsgruppe bis zum ersten Messzeitpunkt nicht bestätigt werden, da sich dort die Mehrzahl der Verletzungen ohne Gegnereinwirkung ereignete.

Die Ergebnisse in Abschnitt 4.2 zeigen insgesamt eine deutliche Reduzierung der Verletzungen der unteren Extremität. Die Effekte bestätigen die erste Fragestellung (vgl. Abschnitt 2.6) und sind eindeutig auf das angewandte Propriozeptionstraining zurückzuführen. Somit tragen die modifizierten Übun-

gen der Trainings-CD, bei regelmäßiger Anwendung von lediglich zwei Übungen pro Einheit, zur Verletzungsprophylaxe bei. Diese Tatsache stellt eine einmalige Chance für Spieler, Trainer und Verein dar, da ohne die eigentliche Trainingsintention zu vernachlässigen, Verletzungen der unteren Extremität vermieden werden können. Daraus folgen die kontinuierliche Spielstärke des Teams und damit eine verbesserte Chance auf Erfolg. Das integrative Propriozeptionstraining als obligatorischer Bestandteil jeder Trainingseinheit stellt somit die Voraussetzung für eine möglichst verletzungsfreie und erfolgreiche Saison dar.

Die vorliegende Studie bestätigt damit eine Vielzahl von Ballsportuntersuchungen (vgl. Abschnitt 2.3.7.1 sowie Emery et al., 2007) und spezifischen Untersuchungen im Handballsport (vgl. Abschnitt 2.3.7.2 sowie Petersen et al., 2002; Olsen et al., 2005; Wedderkopp et al., 1999). Diese wiesen im Anschluss an sensomotorische Interventionen eine allgemeine Verletzungsreduktion der unteren Extremität nach.

5.1.1.1 Sprunggelenksverletzungen

Eine differenzierte topographische Betrachtung zeigt, dass die Sprunggelenksverletzungen der hier untersuchten Handballerinnen signifikant reduziert werden konnten. Dies bestätigt die in Abschnitt 2.3.7.1 beschriebenen Studien, die ebenfalls eine Verringerung der Sprunggelenksverletzungen nachwiesen (Tropp et al., 1985; Verhagen et al., 2004; McGuine & Keene, 2006). Es wurden neben der Verletzungsanzahl, die Mehrfachverletzungen einschließt, auch die Anzahl der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen analysiert. Hierbei ergab sich ebenfalls eine signifikante Verringerung der Anzahl der verletzten Spielerinnen. Insgesamt kann die signifikante Verletzungsreduktion am Sprunggelenk der vorliegenden Untersuchung weder bei der Verletzungsanzahl noch bei der Anzahl verletzter Spielerinnen mit Sicherheit dem vorliegenden integrativen Trainingsprogramm zugeordnet werden.

5.1.1.2 Kniegelenksverletzungen

Bei der Betrachtung des Kniegelenks konnte eine Vielzahl von Ballsportstudien (vgl. Abschnitt 2.3.7.1 sowie Caraffa et al., 1996; Gilchrist et al., 2005; Griffin, 2000; Hewett et al., 1999; Mandelbaum et al., 2005) durch ein sensomotorisches Training eine Reduktion von Kniegelenksverletzungen belegen. Myklebust et al. (2003) wiesen im Handballsport durch ein additives Proprio-

zeptionstraining mit handballspezifischen Inhalten eine Verringerung der Kniegelenksverletzungen nach. Die vorliegende Studie kann ebenfalls eine Verringerung der Kniegelenksverletzungen zeigen, diese aber statistisch nicht bestätigen. Möglicherweise ist dies der geringen Anzahl an beiden Messzeitpunkten aufgetretenen Kniegelenksverletzungen zuzuschreiben.

5.1.1.3 Unterschiedliche Effekte an Sprung- und Kniegelenk

Insgesamt zeigen sich unterschiedliche Effekte an Sprung- und Kniegelenk. Das angewandte integrative Propriozeptionstraining konnte eine signifikant reduzierte Verletzungsrate am Sprunggelenk bei der Interventionsgruppe gegenüber der Kontrollgruppe nachweisen. Gleichzeitig blieb der Effekt am Kniegelenk aus. Sensomotorische Trainingsmaßnahmen zeigten nach einer Studie von Verhagen et al. (2004) ebenfalls unterschiedliche Effekte an Sprung- und Kniegelenk. So konnten die Autoren die Sprunggelenksverletzungen bei 739 Volleyballspielerinnen in der Interventionsgruppe halbieren, dagegen waren die Kniegelenksverletzungen nach einem sensomotorischen Training mehr als doppelt so hoch. Schon Sonderman et al. (2000) vermuteten, dass die Verbesserung eines Gelenksystems ein anderes zum Schwachpunkt macht. Bruhn und Gollhofer (2001) immobilisierten deshalb das Sprunggelenk beim Sensomotoriktraining mit Hilfe eines Skischuhs, wiesen die gewünschten Kniegelenksaktivitäten nach und bestätigten die Erkenntnisse von Sonderman et al. (2000) und Verhagen et al. (2004). Die vorliegende Studie bestätigt die Aussage von Bruhn (2009), dass Ergebnisse am Kniegelenk weniger positiv zu bewerten sind als die des Sprunggelenks. Daher sollte das Training spezifisch angepasst werden, damit das betroffene Gelenksystem die beabsichtigten Trainingswirkungen erreicht und Verletzungen erfolgreich reduziert werden können. Eine Vielzahl von Autoren (vgl. Abschnitt 2.3.7 sowie Gilchrist et al., 2005; Griffin et al., 2000; Hewett et al., 1999; Myklebust et al., 2003) konnte durch Kombination von sensomotorischem Training und Aufklärung über Verletzungsmechanismen sowie entsprechendes Bewusstmachen einer gesunden Kniestellung zur Verletzungsprophylaxe beitragen.

Die Hypothese 1 (vgl. Abschnitt 2.6) besagt, dass ein integriertes Propriozeptionstraining die Verletzungsinzidenz bei Handballspielerinnen reduziert und somit zur Verletzungsprophylaxe beiträgt. Insgesamt kann die Hypothese für Verletzungen der unteren Extremität verifiziert werden. Die signifikante Reduzierung speziell bei Sprunggelenksverletzungen in der Interventionsgruppe kann aber nicht eindeutig auf das vorliegende Interventionsprogramm zurückgeführt werden. Die Kniegelenksverletzungen konnten in der Interventionsgruppe halbiert werden, zeigen aber keinen signifikanten Effekt.

5.1.1.4 Ausfalldauer

Jede Verletzung bedeutet eine Zwangspause für den Sportler und somit einen zusätzlichen Verlust für Trainer und Mannschaft (vgl. Abschnitt 2.3.6 sowie Leidinger et al., 1990). Aus diesem Grund ist die Ausfalldauer nach Verletzungen für Sportler, Trainer und Mannschaft von großem Interesse. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ausfalldauer (vgl. Abschnitt 4.2.5) anhand des Schweregrads der Sprung- und Kniegelenksverletzung diskutiert.

Die Ausfalldauer der vorliegenden Untersuchungsgruppe pro Verletzung der unteren Extremität betrug sieben Wochen und bekräftigt damit Studien (vgl. Abschnitt 2.3.6 sowie Heck & Henke, 1995; Leidinger et al., 1990), die dem Sportler im Durchschnitt ebenso lange Zwangspausen nach Sprung- und Kniegelenksverletzungen nachwiesen. Die Analyse der Ausfalldauer der untersuchten Handballspielerinnen ergab einen signifikanten Rückgang dieser in der Interventionsgruppe.

Die signifikante Abnahme der Ausfalldauer in der Interventionsgruppe, vor allem bei Langzeitverletzungen, ist ein interessantes Ergebnis für Spieler und Trainer. Die dargestellten Angaben zur Ausfalldauer nach Verletzungen in den Spielzeiten 06/07 und 07/08 machen die resultierenden Konsequenzen greifbarer und unterstreichen somit die Wirksamkeit des vorliegenden Konzepts.

5.1.1.5 Verletzungsursachen

Die Analyse der Verletzungsursachen vor und nach dem angewandten Interventionsprogramm in den Spielzeiten 06/07 und 07/08 bestätigen die Angaben aus der Literatur (vgl. Abschnitt 2.3.5 sowie Boden et al., 2000; Froböse et al.,

1996; Griffis et al., 1989; Teitz, 2000). Sie stellen fest, dass sich ein Großteil der Verletzungen „ohne Gegnereinwirkung“ ereignet. In der vorliegenden Studie wurden deshalb Ursachen „mit“ bzw. „ohne Gegnereinwirkung“ detailliert ausgewertet. So zeigt sich zum zweiten Messzeitpunkt (Saison 07/08) – im Gegensatz zum ersten Messzeitpunkt (Saison 06/07) - ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Verletzungsursache zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Die Verletzungsursachen „ohne Gegnereinwirkung“ reduzieren sich in der Interventionsgruppe deutlich. Da alle Verletzungen ohne Fremdeinwirkung der propriozeptiven Fehlfunktion zugeordnet werden können (Quante & Hille, 1999), ist eine Reduktion dieser Verletzungsursache als Erfolg zu werten. Aufgrund der geringen Anzahl Spielerinnen, die in diese Analyse miteinbezogen werden konnten, lässt sich kein signifikanter Effekt nachweisen. Dessen ungeachtet deuten die vorliegenden Ergebnisse auf einen positiven Einfluss des angewandten Trainingskonzepts hin.

Zusammenfassend kann die Auswertung der Verletzungsinzidenz die Hypothese 1 bestätigen. Nach Quante und Hille (1999) und Pfeifer (2009) ist die Verletzungsinzidenz der einzige relevante Zielparameter bei der Prävention von Sportverletzungen. Außerdem zeigen sich unterschiedliche Effekte an Sprung- und Kniegelenk, die es zu berücksichtigen gilt. So muss das integrative Proprioceptionstraining entsprechend angepasst werden, um nicht das Kniegelenk zu schwächen. Die signifikante Abnahme der Ausfalldauer nach Verletzungen als mögliche Folge des angewandten Präventionsprogramms ist von hoher praktischer Relevanz für Sportler und Trainer. Letztlich ist die Spielstärke eines Teams entscheidend - Verletzungen von Spielern bzw. deren Ausfälle schwächen das Team und verringern die Chance auf Erfolg. Dies ist in der Kommunikation mit den Trainern eines der entscheidenden Argumente, da sie an ihrem Erfolg gemessen werden. Darüber hinaus konnten die Verletzungsursachen „ohne Gegnereinwirkung“ in der Interventionsgruppe reduziert werden, was auf einen positiven Einfluss des vorliegenden Programms hindeutet, da unter dem Aspekt der propriozeptiven Fehlfunktion alle Verletzungen ohne Fremdeinwirkung zu verstehen sind (Quante & Hille, 1999).

5.1.2 Subjektives Stabilitätsempfinden

Die Erhebung des subjektiven Stabilitätsempfindens begründet sich durch Studien aus der Gerontologie (Melzer et al., 2005; Nagy et al., 2007; Lauenroth et al., 2008), die bei Untersuchungen zur Sturzprophylaxe das subjektive Empfinden ihrer Untersuchungsgruppe miterfassten.

Es wird postuliert, dass nur der Übende selbst einschätzen kann, ob durch ein Interventionsprogramm ein verbessertes Stabilitätsempfinden wahrgenommen wird. Letzteres spiegelt die Gesamtheit der Reaktionen des Körpers wider und beinhaltet auf diese Weise sowohl die Wahrnehmung der Propriozeptoren (Afferenz) als auch die efferenten Antworten. Auf diese Weise ergänzen sich objektive und subjektive Daten zu einem Gesamtbild. Die Ergebnisse des subjektiven Stabilitätsempfindens beim Single-Statik-Test (vgl. Abschnitt 4.3) zeigen zum Messzeitpunkt T1 einen signifikanten Unterschied zwischen Interventions- und Kontrollgruppe. Die Interventionsgruppe startet von einem deutlich höheren Ausgangsniveau als die Kontrollgruppe. Da die verwendete modifizierte Borg Skala einer nicht linearen, leicht positiv beschleunigten Funktion entspricht (vgl. Abschnitt 3.3.2.3) ist das Ergebnis des t-Tests umso beachtlicher. Trotz des deutlich höheren Ausgangsniveaus zeigt er bei der Analyse des Zeitfaktors eine signifikante Steigerung aller Mittelwerte in der Interventionsgruppe. Auf diese Weise bleibt der bei Talley et al. (2008) beschriebene Ceiling Effekt aus. Erstaunlich ist die Erhöhung der Mittelwerte in der Kontrollgruppe, obwohl hier keine Intervention durchgeführt wurde. Liu-Ambrose, Khan, Eng, Lord et al. (2004) konnten in ihrer Studie ebenfalls einen Anstieg des subjektiven Empfindens sowohl in der Kontrollgruppe ohne Training als auch in der Interventionsgruppe feststellen. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen subjektivem Empfinden und objektiven Veränderungen des Sturzrisikos. Es scheint, dass Spielerinnen durch die bekannte Messsituation beim zweiten Messzeitpunkt eine verbesserte Stabilität wahrnehmen. Auf diese Weise verbessern sich neben den Werten der Interventions- auch die Werte der Kontrollgruppe.

Talley et al. (2008) konnten eine signifikante Korrelation des subjektiven Empfindens mit physischer Leistung und erfragtem Gesundheitsstatus nachweisen. Daher betrachten die Autoren Messungen des subjektiven Empfindens als angemessenes Instrument für Studien, die sich mit der Steigerung von physischen Funktionen befassen. In der vorliegenden Untersuchungs-

gruppe wurden mögliche Zusammenhänge zwischen subjektivem Stabilitäts-empfinden und weiteren Parametern, die hinsichtlich der Verletzungsinzidenz bedeutsam sind, analysiert (Verletzungsanzahl, verletzte Spielerinnen, Sprung- und Kniegelenksverletzungen, am Sprung- bzw. Kniegelenk verletzte Spielerinnen zu jeweils beiden Messzeitpunkten). Es ergaben sich keine Korrelationen. Auch der erwartete Zusammenhang zwischen Verletzungsinzidenz und subjektivem Stabilitätsempfinden konnte nicht bestätigt werden.

Zusammenfassend können die Erwartungen, die an das subjektive Stabilitäts-empfinden gestellt wurden, nicht erfüllt werden. Obwohl 60,5% der Spielerinnen der Interventionsgruppe nach eigener Aussage ein sichereres Gefühl in Sprung- und Kniegelenk wahrnehmen, kann dies statistisch nicht eindeutig belegt werden. Möglicherweise war der Stichprobenumfang zu gering, um signifikante Ergebnisse bezüglich der Interaktionseffekte (Gruppe x Zeit) zu erhalten.

Insgesamt lassen sich keine signifikante Effekte des subjektiven Stabilitäts-empfindens auf das integrative Konzept zurückführen, so dass die in Abschnitt 2.6 formulierte Hypothese 2, dass durch ein integriertes Propriozeptionstraining das subjektive Stabilitätsempfinden der Spielerinnen verbessert wird, nicht verifiziert werden kann. Es können ausschließlich signifikante Steigerungen der Interventionsgruppe nachgewiesen werden, die nicht unmittelbar dem Trainingsprogramm zuzuordnen sind.

5.1.3 Compliance

Compliance beschreibt die Anwendung und nachhaltige Etablierung des vorliegenden integrativen Propriozeptionstrainings in den handballspezifischen Trainingsalltag und stellt damit einen wesentlichen Aspekt für die Wirksamkeit der angewandten Intervention dar. Dies unterstreicht das in Abschnitt 2.3.7.2 beschriebene Präventionsprogramm (Rebholz, 2003), das sich aus additiven propriozeptiven Grundübungen zusammensetzt. In dieser Studie haben nur 27% der Spielerinnen das Programm „voll durchgezogen“ und ebenso viele haben es „gar nicht“ gemacht (vgl. Abbildung 45). Darüber hinaus betrachten 73% dieser Versuchsgruppe das propriozeptive Training als Chance zur Verletzungsprophylaxe, jedoch nur unter der Bedingung, dass es als fester

Bestandteil in jede Trainingseinheit integriert wird. 75% der Probandinnen waren nicht bereit weiterhin zusätzlich zu trainieren, obwohl propriozeptives Training inzwischen einen hohen Stellenwert genießt.

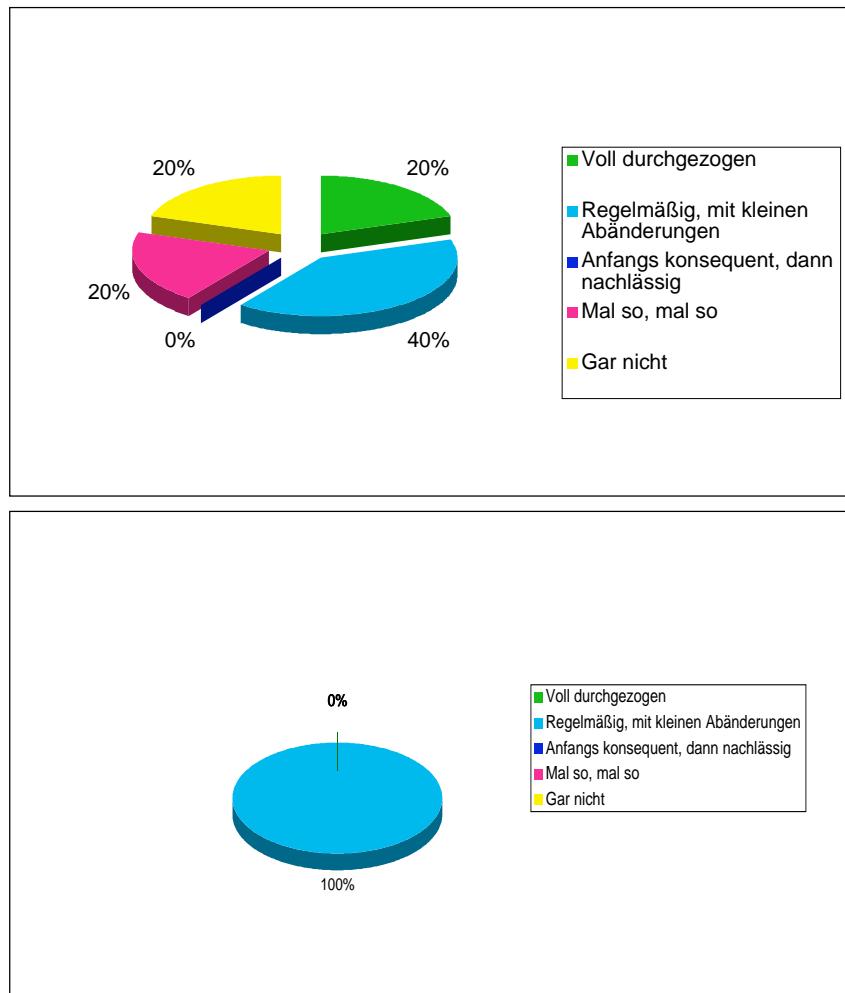


Abb.45. Engagement der Trainer oben: während der Durchführung der Pilotstudie (Rebholz, 2005, S. 81); unten: während der Durchführung der beschriebenen Intervention

Die in dieser Arbeit angewandten propriozeptiven Reize sollten über einen Zeitraum von zwei Monaten in den Trainingsablauf eingliedert werden. Dazu wurden in jeder Trainingseinheit zwei Übungen des integrativen Konzepts durchgeführt. Im Gegensatz zur Pilotstudie (vgl. Abschnitt 2.3.7.2 sowie Rebholz, 2005) haben alle Trainer die Übungen „regelmäßig mit kleinen Abänderungen“ durchgeführt, wohingegen nur 20% der Trainer das Trainingsprogramm 2005 „voll durchgezogen“, 40% „regelmäßig mit kleinen Abänderungen“ und 20% es „gar nicht“ genutzt haben (vgl. Abbildung 14). Dies unterstreicht, dass der entscheidende Faktor für die Etablierung des Konzepts

in den Trainingsalltag, die Integration der propriozeptiven Reize in handballspezifische Übungen ist.

Ziel der Übungs-CD ist vor allem die Sensibilisierung der Trainer für die unerschöpflichen Möglichkeiten eines integrierten Propriozeptionstrainings, ohne die eigentliche Trainingsintention vernachlässigen zu müssen. So ist es erwünscht, dass die Trainer „ihre“ Übungen im Sinne eines propriozeptiven Reizes modifizieren, um so zur Verletzungsprophylaxe ihrer Mannschaft beizutragen. Die Akzeptanz und Anerkennung der Wirksamkeit des vorliegenden Konzepts seitens der Trainer und Spielerinnen ist beeindruckend. So fordern und unterstützen 95% der Probandinnen die weitere Integration eines Propriozeptionstrainings in den bestehenden Trainingsablauf. 100% der Trainer geben an, dass die Eingliederung der Übungs-CD auch in Zukunft einen festen Bestandteil jeder Trainingseinheit darstellen wird.

Bei der Interpretation des Hauptzielparameters lässt sich folgendes Fazit ziehen. Um sicherzustellen, dass Spieler propriozeptiv arbeiten, müssen die Übungen Bestandteil der Trainingseinheit sein. Sowohl Trainer als auch Spieler müssen den Nutzen eines integrierten Propriozeptionstrainings erkennen. Der Trainer nimmt eine Schlüsselfunktion ein. Ohne seine Überzeugung und Kompetenz bei Anleitung und Korrektur ist eine nachhaltige Compliance nicht realisierbar. Der Trainer muss die Integration von Präventionsprogrammen in den Trainingsablauf steuern und die Eigenverantwortlichkeit der Spieler durch Aufklärung über Funktion und Wirksamkeit fördern. Nur auf diese Weise können sich integrierte Propriozeptionsprogramme nachhaltig etablieren und zur Verletzungsprophylaxe beitragen. Das in dieser Studie thematisierte propriozeptive Präventionsprogramm konnte diese Anforderungen und Erwartungen erfüllen. Es sicherte sich vor allem durch seinen integrativen Ansatz die erwartete Compliance.

Somit kann Hypothese 3 verifiziert werden, da das Konzept des integrativen Propriozeptionstraining über acht Wochen den Anforderungen entsprechend durchgeführt wurde und Trainer und Spielerinnen das verwendete Konzept weiterhin nutzen wollen.

5.2 Nebenzielparameter

5.2.1 Gleichgewichtsfähigkeit

Bei der Analyse des Einbeinstands im Single-Statik-Test (vgl. Abschnitt 4.5.1) kann kein signifikanter Einfluss des Propriozeptionstrainings auf die beschriebene Fläche festgestellt werden. Auch bei der gruppenunabhängigen Überprüfung des Zeitfaktors zeigen sich keine signifikanten Effekte. Lediglich eine nähere Betrachtung der Differenzen der Mittelwerte weist auf eine Verringerung der Fläche in beiden Untersuchungsgruppen hin. Somit kann die vorliegende Studie den in der Literatur nachgewiesenen positiven Einfluss auf die Gleichgewichtsfähigkeit einer sensomotorischen Trainingsmaßnahme statistisch nicht bestätigen (vgl. Abschnitt 2.3.3 sowie Bernier & Perrin, 1998; Eils & Rosenbaum, 2001; Hoffman & Payne, 1995; Rozzi et al., 1999). Allerdings sind Untersuchungsergebnisse der Standstabilisation kritisch zu betrachten, da zur Messung bislang kein einheitliches Standardverfahren existiert (vgl. Abschnitt 2.3.3 sowie Gundlach, 1985; Allum & Shepard, 1999). Daher sind die Ergebnisse durch die sehr unterschiedlichen Trainings- und Untersuchungsmethoden (Bruhn, 2009) nur schwer vergleichbar. Außerdem kann nach Bruhn (2009) durch Veränderungen der Standstabilisation keine verletzungsprophylaktische Wirkung nachgewiesen werden.

Aus diesem Grund soll im Folgenden die angewandte Messung der Gleichgewichtsfähigkeit bzw. Standstabilisation kritisch betrachtet werden. Die Gleichgewichtsfähigkeit steht in enger Verbindung zur Standstabilität (Gruber, 2001), welche die stetigen Körperschwerpunktschwankungen durch Ausgleichsbewegungen (Bruhn, 2003) kompensiert. Die Muskulatur versucht dabei den Körperschwerpunkt wieder über die Unterstützungsfläche zu bringen (Dietz, 2003). Da Körperschwankungen von Alter, Körpergröße, Gewicht und Geschlecht beeinflusst werden, wird die Definition eines Normbereichs erschwert (Stoll et al., 2004).

Die Standstabilisation bezieht ihre Informationen hauptsächlich aus den vestibulären und taktilen Systemen und nutzt zusätzlich die Informationen aus dem Gelenkkraum (propriozeptives System). Bei einer genaueren Betrachtung der Sportarten zeigten Perrin et al. (2002), dass zweikampforientierte Sportarten, die von externen Störgrößen charakterisiert sind – zu denen auch der

Handballsport zählt – eine schnelle Informationsübertragung benötigen (vgl. Abschnitt 2.5.1.3). Das propriozeptive System kann externe Störgrößen sehr schnell kompensieren (vgl. Abschnitt 2.5.1.3 sowie Johansson et al., 1990), während das vestibuläre System eher an langsamem Schwankungen und großen Auslenkungen beteiligt ist (Diener et al., 1984; Dietz, 1992; Mauritz & Dietz, 1980; Riemann & Guskiewicz, 2000) und kaum Einfluss auf die Standstabilisation ausübt (Lee & Tatton, 1982). Daher ist ein optimaler Transfer von Messsituation zu Trainings- bzw. Wettkampfsituation nicht gewährleistet. Nach Bruhn (2009) können sensomotorische Trainingseffekte nur nachgewiesen werden, wenn die Untersuchungssituation der Trainingssituation sehr ähnlich ist. Die Messbedingungen müssen funktionell sein, allerdings führt diese Forderung meist zu einem Rückgang der Messsicherheit durch die schlechter kontrollierbaren Bedingungen (Gruber, 2001). Abbildung 46 zeigt den Zusammenhang zwischen Messsicherheit und Funktionalität für die Messung eines beliebigen Parameters.

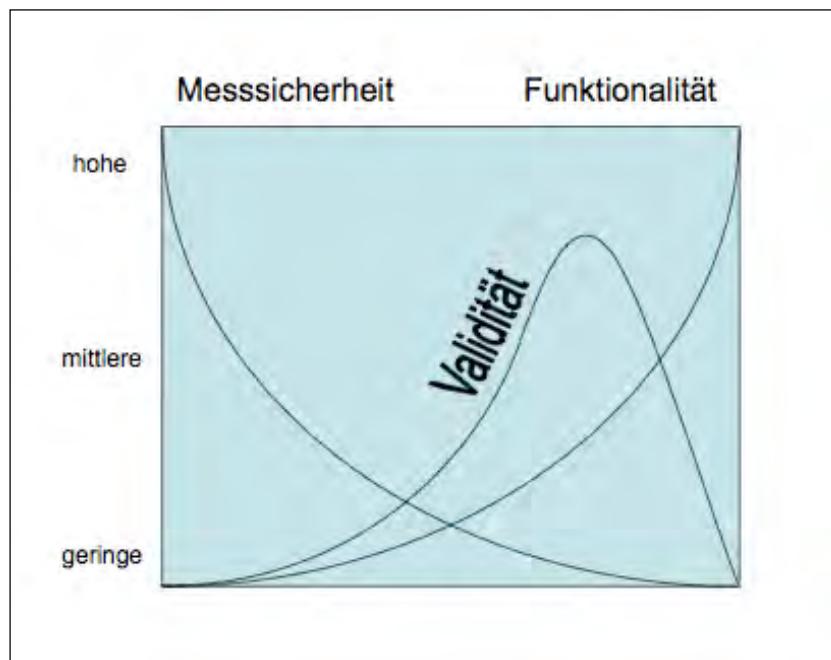


Abb.46. Zusammenhang zwischen Funktionalität und Messsicherheit (Gruber, 2001, S. 175)

In der vorliegenden Untersuchung wurde mittels eines Federrahmens der Versuch unternommen, in die statische Messmethode eine dynamische Komponente zu integrieren. Allerdings konnte die Analyse des „Experiments Sprung“ (vgl. Abschnitt 4.5.2) keinen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit und keinen signifikanten Effekt hinsichtlich des Zeitfaktors auf die

beschriebene Fläche nachweisen. Zudem wurde eine Vergrößerung der Fläche bei beiden Untersuchungsgruppen festgestellt, was auf einen Rückgang der Gleichgewichtsfähigkeit hinweisen würde.

Die Auswertung der Fläche steht im Gegensatz zu den subjektiven Wahrnehmungen der Spielerinnen. Deren Analyse zeigt einen signifikanten Einfluss der Gruppenzugehörigkeit auf das subjektive Stabilitätsempfinden und gleichzeitig eine signifikante Verbesserung des Stabilitätsempfindens in der Interventionsgruppe. Damit wäre der Effekt des integrativen Propriozeptionstrainings gesichert. In der Kontrollgruppe können dagegen nur Tendenzen hinsichtlich einer Reduzierung des subjektiven Empfindens nachgewiesen werden.

Trotzdem sind die Ergebnisse beim Sprungtest kritisch zu betrachten, da weder ein standardisierter Absprung noch eine standardisierte Landung realisierbar waren. So sprangen Spielerinnen deutlich höher als andere und landeten entsprechend aus größerer Höhe auf dem Federrahmen, was die Landung drastisch erschwerte. Dies spiegelte sich auch in den hohen Werten der Standardabweichung in Bezug auf die beschriebene Fläche wider. Die angewandte „Dynamische Messmethodik“ kann die im Handball benötigte dynamische Stabilität weder messen noch beurteilen. Somit ist das vorliegende Experiment misslungen.

Darüber hinaus basiert die vorliegende Messung der Gleichgewichtsfähigkeit auf der Tatsache, dass bewusst verfügbare Information über die Lage und Stellung der Gelenke genutzt wird. Es ist demnach eine künstliche Situation, die kaum Rückschlüsse auf die sportliche Bewegung zulässt und ist deshalb für die Beurteilung des propriozeptiven Systems ungeeignet (Gollhofer, Lohrer & Alt, 2000b). Auch Ashton-Miller, Wojtys, Husten und Fry-Welch (2001) ordnen Leistungsverbesserungen nach sensomotorischen Übungen nicht einem singulären Prozess im sensomotorischen System, also der Propriozeption zu. Die angewandte statische Testmethode „Einbeinstand“ prüft die Bruttoleistung des neuromuskulären Systems, so dass die Gesamtheit der Analysatoren und die motorischen Funktionen eine wichtige Rolle spielen (Bruhn, 2003). Auch Quante und Hille (1999) vertreten die Meinung, dass die Messung propriozeptiver Leistung als Ganzes nicht möglich ist. Das dynamische Verhalten beteiligter muskularer und neuronaler Strukturen ist sehr komplex und kann nicht vollständig erfasst werden. Abbildung 47 markiert den Bereich, in dem die propriozeptive Testung erfolgen sollte und zeigt die

vergleichsweise geringe Bedeutung des propriozeptiven Systems bei geringer Aktivität. Erst höhere Belastungsanforderungen wie in Training und Wettkampf fordern das propriozeptive System verstärkt.

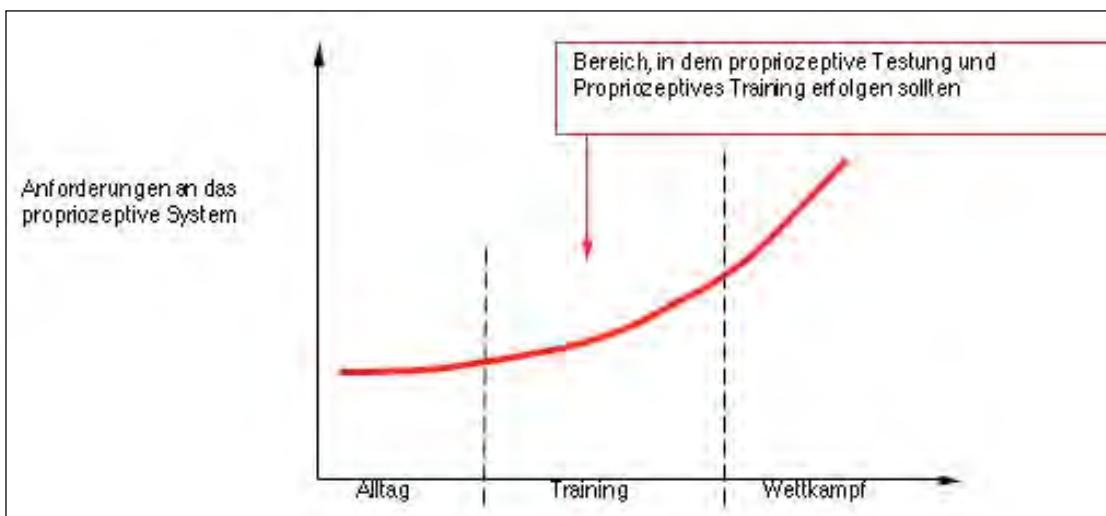


Abb.47. Zusammenhang von Belastung des Bewegungsapparates und Anforderung an das propriozeptive System (Quante & Hille, 1999, S. 309)

Die Komplexität der Propriozeption erschwert die Suche nach geeigneten Testverfahren ungemein. Die Analyse der beschriebenen Fläche zeigt in der vorliegenden Studie keine signifikanten Ergebnisse. Selbst wenn diese erzielt würden, würden sie nach Quante und Hille (1999) keine eindeutigen Rückschlüsse auf die zweckmäßige Verbesserung propriozeptiver Funktionen zulassen. Demzufolge existiert für die Autoren kein Test zur Erfolgskontrolle propriozeptiven Trainings. Seine Wirksamkeit kann nach Quante und Hille (1999) ausschließlich durch Reduktion typischer Verletzungen erfolgen.

5.2.2 Koordinationsfähigkeit

Ökonomie und Geschwindigkeit der Bewegungsabläufe werden durch situative Neukombination von koordinativen Fähigkeiten und Antizipation der Gleichgewichtsanforderungen verbessert (Hirtz et al., 2000; Laube, 2008). Dieser Effekt wurde in der vorliegenden Arbeit durch den handballspezifischen Koordinationsstest als ergänzender Parameter nachgewiesen. In Bezug auf die Koordinationsfähigkeit bestätigten sich demnach die erwarteten unterschiedlichen Verbesserungen zwischen den Untersuchungsgruppen. Sowohl die Reduktion der für den Parcours benötigten Zeit als auch eine deutliche Gruppenspezifität ist zu erkennen und statistisch zu belegen.

Die durch das integrative Propriozeptionstraining hervorgerufenen ökonomischeren und schnelleren Bewegungsabläufe können möglicherweise in den Wettkampf übertragen werden und stellen so eine attraktive Begleiterscheinung des vorliegenden Konzepts dar.

5.3 Zusammenfassung der Diskussion

Zusammenfassend ist die Auswertung der Verletzungsinzidenz eine eindeutige Bestätigung für die Wirksamkeit des integrativen Propriozeptionstrainings, da Verletzungen der unteren Extremität deutlich reduziert wurden. In der Interventionsgruppe konnten Sprunggelenksverletzungen nahezu halbiert und Kniegelenksverletzungen sogar halbiert werden. Gleichzeitig reduzierten sich Ausfalldauer der Spielerinnen und Verletzungsursachen „ohne Gegnereinwirkung“ in der Interventionsgruppe. In der Praxis bedeutet das für den Sportler eine kontinuierliche handballspezifische Weiterentwicklung, ohne verletzungsbedingte Rückschläge. Die daraus resultierende konstante Spielstärke der Mannschaft begünstigt die Chancen auf Erfolg.

Die Steigerung des subjektiven Stabilitätsempfindens in der Interventionsgruppe kann statistisch nicht eindeutig auf das vorliegende Konzept zurückgeführt werden, so dass die Analyse dieses Hauptzielparameters kritischer zu betrachten ist.

Trainer und Spielerinnen der Interventionsgruppe erkannten Nutzen und Wirksamkeit des integrierten Propriozeptionstrainings. Durch Kompetenz und Überzeugung der Trainer sowie Eigenverantwortlichkeit der Spielerinnen wurde die Compliance während des Projekts gewährleistet. Darüber hinaus wollen Trainer und Spielerinnen die modifizierten Übungen als festen Bestandteil in jede Trainingseinheit etablieren. Auf diese Weise ist eine nachhaltige Compliance gesichert.

Die Messung des Nebenzielparameters Posturographie kann in dieser Studie keine statistisch positiven Ergebnisse aufweisen. Die angewandte Messmethodik des statischen Einbeinstands gewährleistet keinen optimalen Transfer von Mess- zu Trainings- bzw. Wettkampfsituation und muss daher kritisch betrachtet werden. Der Versuch eine dynamische Komponente zu integrieren, konnte durch die schlecht standardisierbaren Bedingungen beim Sprungtest nicht erfolgversprechend durchgeführt werden. Es sind weitere Forschungsarbeiten nötig, um ein geeignetes Testverfahren zu entwickeln, das die Komplexität der Propriozeption erfassen kann.

Eine nützliche Begleiterscheinung sind die durch das integrative Propriozeptionstraining hervorgerufenen ökonomischeren und schnelleren Bewegungsab-

läufe der Interventionsgruppe im Koordinationsparcours. Eine Übertragung in die Wettkampfpraxis ist durchaus vorstellbar.

Somit konnte sowohl Hypothese 1 - Verletzungsreduktion nach dem angewandten integrativen Propriozeptionstraining als auch Hypothese 3 - Compliance, verifiziert werden. Dagegen musste Hypothese 2 zurückgewiesen werden, da die Steigerung des subjektiven Stabilitätsempfindens statistisch nicht nachgewiesen werden konnte.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Das Handballspiel gewann in den letzten Jahren deutlich an Schnelligkeit, Dynamik, Kraft und Athletik. Diese Tendenz macht den Sport attraktiver und spannender für den Zuschauer, gleichzeitig aber gefährlicher für den Sportler selbst (Leidinger et al., 1990). Die starke Gefährdung der unteren Extremität bei Handballspielern offenbart Handlungsbedarf für die Trainingspraxis. Eine aktive Unterstützung der stabilisierenden Strukturen zur Absicherung der Gelenksysteme ist dringend notwendig (Bruhn, 2003). Demzufolge lauteten die übergeordneten Fragestellungen dieser Arbeit, ob das vorliegende integrative Konzept eines propriozeptiven Trainings die bei Handballspielern häufig auftretenden Verletzungen der unteren Extremität vermindern kann. Ob sich gleichzeitig das subjektive Stabilitätsempfinden signifikant verbessert und ob sich das vorliegende Präventionsprogramm nachhaltig etablieren kann. Aus diesem Grund wurde bei Damen-Handball-Mannschaften (n=38) der Regionalliga Süd ein zweimonatiges integratives propriozeptives Trainingsprogramm durchgeführt. Durch Modifizierung einzelner handballspezifischer Übungen durch propriozeptive Reize wurden verletzungsprophylaktische Aspekte in das Training eingegliedert, ohne die eigentliche Trainingsintention des Handballsports zu vernachlässigen. Auf diese Weise wurden Trainingszeit und -maßnahmen doppelt genutzt und verletzungsprophylaktisch umgesetzt. Gleichzeitig dienten zwei weitere Teams als Kontrollgruppe (n=21), die ausschließlich handballspezifisch trainierten. Die Untersuchung charakterisierte ein Prä-Post-Studien-Design und legte bei der Messmethodik den Fokus auf die Hauptzielparameter Verletzungsinzidenz, subjektives Stabilitätsempfinden und Compliance. Die Verletzungsinzidenz konnte durch das integrative Propriozeptionstraining in der folgenden Saison deutlich reduziert werden. Die Anzahl der Sprunggelenksverletzungen konnten nahezu halbiert und die der Kniegelenksverletzungen halbiert werden. Das subjektive Stabilitätsempfinden der Spielerinnen wurde durch die Intervention gesteigert, konnte aber nicht endgültig auf das vorliegende Konzept zurückgeführt werden. Hinsichtlich der Compliance ergaben sich viel versprechende Resultate. Trainer und Spielerinnen erkennen den zweifachen Nutzen des Programms und bestehen auf eine obligatorische Eingliederung in jede Trainingseinheit. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen bereits nach achtwöchiger Anwendung des

integrativen Propriozeptionstrainings eine deutliche Reduktion typischer Sportverletzungen in der folgenden Saison. Die kontinuierliche Durchführung dieses Konzepts während der gesamten Saison stellt eine einzigartige Chance für Spieler und Trainer dar. Die Reduktion von Verletzungen schützt den Sportler vor Zwangspausen, verletzungsbedingten Rückschlägen und ermöglicht ihm die Konzentration auf handballspezifische Fortschritte und Weiterentwicklung. Außerdem sichern sich Trainer eine beständige Spielstärke ihres Teams und damit die besten Chancen auf Erfolg.

Aus der vorliegenden Studie lassen sich verschiedene Konsequenzen für Forschung und Praxis ziehen:

Weiterentwicklung der Messmethodik

Die Messung und Objektivierung sensomotorischer bzw. propriozeptiver Leistungsmerkmale ist sehr aufwendig und schwierig, da es sich beim sensomotorischen System um ein komplexes und vielschichtiges System handelt (Quante & Hille, 1999). Es ist unklar, ob die Anpassungerscheinungen in den sensorischen Analysatoren oder in den efferenten Systemen begründet liegen (Ashton-Miller et al., 2001; Bruhn, 2009). Vor dem Hintergrund des hohen Stellenwertes des sensomotorischen Trainings im Sport, in Prävention, Therapie und Rehabilitation sowie in Ermangelung valider, reliabler und praktikabler Assessments zur Diagnostik der sensomotorischen Leistungsfähigkeit ist es dringend erforderlich, derartige Verfahren zu entwickeln, zu evaluieren und in den Trainingsprozess von Sportlern zu integrieren.

Dabei dient die Verletzungsinzidenz weiterhin als relevanter Zielparameter. Sie stellt den wirksamsten Test zur Erfolgskontrolle propriozeptiven Trainings dar (Pfeifer, 2009; Quante & Hille, 1999).

Standardisierung und Trainingskontrolle

In der vorliegenden Arbeit wurde die Übungsauswahl den Trainern freigestellt, um so ein praxisnahes Abbild der eigenverantwortlichen Nutzung des entworfenen Trainingsinstruments zu erhalten. Auf diese Weise konnten die praktische Handhabung der Übungs-CD sowie die Konsequenzen ihrer Anwendung realistisch aufgezeigt werden. Um standardisierte Bedingungen bei der Nutzung der Übungs-CD und eine allgemeine Trainingskontrolle zu gewährleisten, wäre es für weitere Forschungsarbeiten denkbar, dass – im Rahmen

einer Laborstudie – derselbe Trainer die Trainingseinheiten aller Interventions- und Kontrollgruppen durchführt.

Integrativer Ansatz unterstützt Compliance auch im Leistungssport

Gerade im Leistungssport sind die Athleten hohen Verletzungsrisiken ausgesetzt. Dagegen ist gerade dort die Compliance verletzungspräventiver Programme schwer zu gewährleisten. Der Leistungsdruck steigt mit der Spielklasse und Trainingszeit ist für jeden Trainer sehr kostbar. Um verletzungsprophylaktische Elemente langfristig im Trainingsalltag zu etablieren genügt es nicht, deren Nutzen aufzuzeigen. Die Übungen müssen sich der eigentlichen Trainingsintension unterordnen und nahtlos in die sportspezifischen Übungen integrieren. Das vorgestellte integrative Konzept schafft eine doppelte Nutzung der Trainingszeit.

Die Übertragung dieses erfolgreichen Ansatzes auf andere Präventionsprogramme im Sport könnte ein Weg sein, um auch leistungsorientierte Sportler vor Verletzungen zu schützen.

Transfer in weitere zweikampforientierte Ballsportarten

Die in der vorliegenden Studie benutzte Übungs-CD beinhaltet beispielhaft Propriozeptionsübungen für den Handballsport. Ein nächster Schritt wäre der Transfer der Erkenntnisse auch in andere zweikampforientierte Ballsportarten. Durch die Gestaltung integrativer Präventionsübungen, z.B. im Basketball oder Fußball, könnten auch dort Trainer gleichzeitig ballsportspezifische Fortschritte und Verletzungsreduktion ermöglichen. Eine größere Anzahl Sportler würde so von den Erkenntnissen profitieren.

7 Literaturverzeichnis

- Allum, J.H. & Shepard, N.T. (1999). An overview of the Clinical Use of Dynamic Posturography in the Differential Diagnosis of Balance Disorders. *J Vestib Res*, 9 (4), 223-252.
- Alt, W., Lohrer, H. & Gollhofer, A. (1999). Functional Properties of Adhesive Ankle Taping: Neuromuscular and Mechanical effects Before and After Exercise. *Foot Ankle Int*, 20 (4), 238-245.
- Andrén-Sandberg, A. (1994). Injuries in Team Handball. In P.A.F.H. Renström (Ed.), *Clinical Practice of Sports Injury. Prevention and Care* (pp. 354-355). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Appelberg, M., Hullinger, M., Johansson, H. & Sojka, P. (1983). Actions on Gamma-Motoneurones Elicited by Electrical Stimulation of Group I, II, III Muscle Afferent Fibres in the Hindlimb of the Cat. *J. Physiol.*, 335, 237-292.
- Ashton-Miller, J.A., Wojtys, E.M., Husten, L.J. & Fry-Welch, D. (2001). Can Proprioception really be improved by Exercises? *Knee Surg Sports Traumatol Artrosc*, 9, 128-136.
- Bahr, R. & Krosshaug, T. (2005). Understanding Injury Mechanisms: A Key Component of Preventing Injuries in Sport. *Br. J. Sports Med.*, 39, 324-329.
- Barrack, R.L. & Skinner, H.B. (1990). The Sensory Function of Knee Ligaments. In D.M. Daniel, W.H. Akeson & J.J. O'Connor (Eds.), *Knee Ligaments - Structure, Function, Injury and Repair* (pp. 95-114). New York: Raven Press.
- Barrett, J.R., Tanji, J.L., Drake, C., Fuller, D., Kawasaki, R.I. & Fenton, R.M. (1993). High-Versus Low-Top Shoes for the Prevention of Ankle Sprains in Basketball Player. A Prospective Randomized Study. *Am J Sports Med*, 21 (4), 582-585.
- Baumberger, J. (1999). 704 Spiel und Übungsformen im Handball. Mit sportspielübergreifender Grundschulung. Schorndorf: Hofmann.
- Beard, D.J., Keyberd, P.J., Furgusson, C.M & Dodd, C.A.F. (1994). Proprioception after Rupture of the Anterior Cruciate Ligament. *J. Bone Joint Surg.*, 75, 311-315.
- Berger, W., Dietz, V. & Quintern, J. (1984). Corrective Reactions to Stumbling in Man: Neuronal Coordination of Bilateral Leg Muscle Activity During Gait. *J. Physiol.*, 357, 109-125.

- Bergui, M., Dimanico, U., Paglia, G., Quattrocolo, G., Troni, W. & Bergamini, L. (1992). Stretch Reflex of Quadriceps Femoris in Normal Man: Methodological Considerations and Normative Data. *Electromyography & Clinical Neurophysiology*, 32, 597-601.
- Bernier, J.N. & Perrin, D.H. (1998). Effect of Coordination Training on Proprioception of the Functionally Unstable Ankle. *J Orth Sports Phys Ther*, 27 (4), 264-275.
- Biedert, R.M., Müller, W., Lobenhoffer, P., Lattermann, C., Stauffer, E. & Zwick, E.B. (1998). Sensomotorische Funktion des Kniegelenks. *Sportorthopädie – Sporttraumatologie*, 14 (4), 186-194.
- Biedert, R.M. (2000). Contribution of the Three Levels of Nervous System Motor Control: Spinal Cord, Lower Brain, Cerebral Cortex. In S.M. Lephart & F.H. Fu (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. 23-30). Champaign, Ill. [u.a.]: Human Kinetics.
- Bizzini, M. (2000). Sensomotorische Rehabilitation nach Beinverletzungen. Stuttgart: Thieme.
- Boden, B.P., Dean, G.S., Feagin, J.A. & Garrett, W.E. (2000). Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Orthopaedics*, 23, 573-578.
- Borg, G. (2004). Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch. Ärzteblatt*, 101, 1016-1021.
- Bradshaw, J.L., Georgiou, N., Phillips, J.G., Iansek, R., Chiu, E., Cunnington, R. et al. (1998). Motor Sequencing Problems in Parkinson's Disease, Huntington's Disease and Tourette's Syndrom 1: A Review of Basal Ganglia Involvement. In J.P. Piek (Ed.), *Motor Behavior and Human Skill: A Multidisciplinary Approach* (pp. 305-317). Champaign, Ill [u.a.]: Human Kinetics.
- ten Bruggencate, G. & Dieringer, N. (2005). Sensomotorische Systeme: Körperhaltung, Bewegung und Blickmotorik. In R. Klinke, H.C. Pape & S. Silbernagel (Hrsg.), *Physiologie* (S. 735-784). Stuttgart: Thieme.
- Bruhn, S. (1999). *Funktionelle Stabilität am Kniegelenk*. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Bruhn, S. & Gollhofer, A. (2000). Untersuchungsmethode zur Erfassung funktionaler Stabilität am Kniegelenk. In K. Nicol & K. Peikenkamp (Hrsg.), *Apparative Biomechanik* (S. 275-280). Hamburg: Czwalina.

- Bruhn, S. & Gollhofer, A. (2001). Neurophysiologische Grundlagen der Propriozeption und Sensomotorik. *Medizinisch Orthopädische Technik*, 121 (3), 66-71.
- Bruhn, S. & Gollhofer, A. (2002). Beurteilung mechanischer und neurophysiologischer Effekte von Kniegelenksbandagen in funktionellen Testsituatien. *Sportverletzung Sportschaden*, 16, 15-21.
- Bruhn, S. (2003). *Sensomotorisches Training und Bewegungskoordination*. Habilitation, Universität Freiburg.
- Bruhn, S. (2009). *Sensomotorisches Training – Propriozeptive Training* (Band I). Expertise, Universität Rostock.
- Bühl, A. & Zöfel, P. (2002). SPSS 11. *Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows* (8. Aufl.). München: Pearson Studium.
- Burns, P.A., McMullan, S.S., Richardson, H.C., Ryan, W.G., Sedon, S., Whitemore, J. & Wilson, C.L. (1998). Electromyographic Responses to Tibial Displacement of Antagonist Muscles Acting at the Human Knee. *J. Physiol.*, 511, 61.
- Burstein, A.H. & Wright, T.M. (1997). *Biomechanik in Orthopädie und Traumatologie*. Stuttgart, New York: Thieme.
- Caraffa, A., Cerulli G., Projetti, M., Aisa, G. & Rizzo, A. (1996). Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Knee Surg Sports Traumatol Arthros*, 4, 19-21.
- Chimera, N.J., Swanik, K.A., Swanik, C.B. & Straub, S.J. (2004). Effects of Plyometric Training on Muscle-Activation Strategies and Performance in Female Athletes. *Journal of Athletic Training*, 39 (1), 24-31.
- Clark, F.J., Horch, K.W., Bach, S.M. & Larson, G.F. (1979). Contributions of Cutaneous and Joint Receptors to Static Knee-Position Sense in Man. *J. Neurophysiol.*, 42(3), 877-888.
- Cooper, R.L., Taylor, N.F. & Feller, J.A. (2005). A Randomised Controlled Trial of Proprioceptive and Balance Training After Surgical Reconstruction of the Anterior Cruciate Ligament. *Research in Sports Medicine. An International Journal*, 13 (3), 217-230.
- Cowling, E.J. & Steele, J.R. (2001). The Effect of Upper-Limb Motion on Lower-Limb Muscle Synchronicity. *J. Bone Joint Surg.*, 83-A, 35-41.
- Crago, P.E., Houk, J.C. & Rymer, W.Z. (1982). Sampling of Total Muscle Force by Tendon Organs. *J. Neurophysiol.*, 46 (6), 1069-1083.

- Day, B.L., Steiger, M.J., Thompson, P.D. & Marsden, C.D. (1993). Effect of Vision and Stance Width on Human Body Motion when Standing: Implications for Afferent Control of Lateral Sway. *J. Physiol.*, 469, 479-499.
- Deutscher Olympischer Sportbund (Hrsg.) (2009). Bestandserhebung 2008. *Deutscher Olympischer Sportbund*. Zugriff am 08. August 2009 unter http://www.dosb.de/fileadmin/fm-dosb/downloads/bestandserhebung/2008.3_Bestandserhebung.pdf
- Diener, H.C., Dichgans, J., Guschlbauer, B. & Mau, H. (1984). The Significance of Proprioception on Postural Stabilization as Assessed by Ischemia. *Brain Res.*, 296, 103-109.
- Dietz, V., Quintern, J. & Sillem, M. (1987). Stumbling Reactions in Man: Significance of Proprioceptive and Pre-Programmed Mechanisms. *J. Physiol.*, 386, 149-165.
- Dietz, V. (1992). Human Neuronal Control of Automatic Functional Movements: Interaction Between Central Programs and Afferent Input. *Physiological Review*, 72 (1), 33-69.
- Dietz, V. (2003). Neuronal Control of Functional Movement. In P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (pp. 11-26). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Dohm-Acker, M., Spitzenpfeil, P. & Hartmann, U. (2008). Auswirkung propriozeptiver Trainingsgeräte auf beteiligte Muskulatur im Einbeinstand. *Sportverletzung Sportschaden*, 22, 52-57.
- Eils, E. & Rosenbaum, D. (2001). A multi-station propriozeptive exercise program in patients with ankle instability. *Med Sci Sports Exerc*, 33 (12), 1991-1998.
- Emery, C.A., Cassidy, J.D., Klassen, T.P., Rosychuk, R.J. & 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., Rose, M.S., McAllister, J.R. & Meeuwisse, W.H. (2007). A Prevention Strategy to Reduce the Incidence of Injury in High School Basketball: A Cluster Randomized Controlled Trial. *Clinical Journal of Sports Medicine*, 17 (1), 17-24.
- Emrich, A. (2003). *Spielend Handball lernen in Schule und Verein* (4., korrigierte und ergänzte Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.

- Ferrell, W.R. & Smith, A. (1987). The Effect of Digital Nerve Block on Position Sense at the Proximal Interphalangeal Joint of the Human Index Finger. *Brain Res*, 425 (2), 369-371.
- Fetz, F. (1990). *Sensomotorisches Gleichgewicht im Sport*. Wien: Österreichischer Bundesverlag.
- Fitzgerald, G.K., Axe, M.J. & Snyder-Mackler, L. (2000). The Efficacy of Perturbation Training in Nonoperative Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation Programs for Physically Active Individuals. *Physical Therapy*, 80, 128-140.
- Fitzpatrick, R., Rogers, D.K. & McCloskey, D.I. (1994). Stable Human Standing with Lower-Limb Muscle Afferents Providing the only Sensory Input. *J. Physiol.*, 480 (2), 395-403.
- Freeman, M.A., Dean, M.R. & Hanham, I.W. (1965). The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J. Bone Joint Surg. Br.*, 47, 678-685.
- Freeman, M.A. & Wyke, B. (1967). The innervation of the knee joint. An anatomical and histological study in the cat. *J Anat*, 101 (3), 505 – 532.
- Frisch, H. (1996). *Programmierte Therapie am Bewegungsapparat*. Berlin: Springer.
- Froböse, I., Knaak, A.K. & Menke, W. (1996). Häufigkeit und Lokalisation von Verletzungen im Frauenhandball. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 9, 472-478.
- Gabel, H. (1984). Der Beitrag der wichtigsten sensorischen Analysatoren zur Gleichgewichtserhaltung. *Motorik*, 3, 129-137.
- Gandevia, S.C. & McClosky, D.I. (1976). Joint Sense, Muscle Sense and Their Combination as Position Sense, Measured at the Distal Interphalangeal Joint of the Middle Finger. *J. Physiol.*, 260, 387-407.
- Gauchard, G.C., Jeandel, C., Tessier, A. & Perrin, P.P. (1999). Beneficial effect of proprioceptive physical activities on balance control in elderly human subjects. *Neurosci. Lett.*, 273, 81-84.
- Ghez, C. & Krakauer, J. (2000). The Organisation of Movement. In E.R. Kandel, J.H. Schwartz & T.M. Jessell (Eds.), *Principles of Neuronal Sciences* (pp. 653-673). New York: McGraw-Hill.
- Gielen, C.C.A.M., Ramaekers, L. & van Zuylen, E.J. (1988). Long-Latency Stretch Reflexes as Co-Ordinated Functional Responses in Man. *J. Physiol.*, 407, 275-292.

- Gilchrist, J., Mandelbaum, B.R., Melancon, H., Ryan, G.W., Silvers, H.J., Griffin, L.Y. et al. (2005). A Randomized Controlled Trial to Prevent Non-contact Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Collegiate Soccer Players. *Am J Sports Med*, 36, 1476-1483.
- Gordon, J. & Ghez, C. (1991). Muscle Receptors and Spinal Reflexes: The Stretch Reflex. In E.R. Kandel, J.H. Schwartz & T.M. Jessell (Eds.), *Principles of Neural Science* (pp. 564-580). New York: McGrawHill.
- Gollhofer, A., Alt, W. & Lohrer, H. (2000a). Prevention of Excessive Forces with Braces and Orthotics. In B.M. Nigg & J. Mester (Eds.), *Handbook of Sport Science. Biomechanics and Biology of Movement* (pp. 331-349). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gollhofer, A., Granacher, U., Taube, W., Melnyk, M. & Gruber, M. (2006). Bewegungskontrolle und Verletzungsprophylaxe. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 57 (11/12), 266-270.
- Gollhofer, A., Lohrer, H. & Alt, W. (2000b). Propriozeption – Grundlegende Überlegungen zur sensomotorischen Steuerung. *Orthopädieschuhtechnik Sonderheft*, 10-14.
- Griffis, N.D., Vequist, S.W., Yearout, K.M., Henning, C.E. & Lynch, M.A. (1989, June). Symposia and Instructional Courses at the 15th Annual Meeting of the AOSSM in Traverse City.
- Griffin, L.Y. (2000). The Henning-Program. In L.Y. Griffin (Ed.), *Prevention of Noncontact ACL Injuries* (pp. 62-71). Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons.
- Grigg, P. (1994). Peripheral Neural Mechanisms in Proprioception. *J Sport Rehab*, 3, 12-17.
- Gruber, M. (2001). Die neuromuskuläre Kontrolle des Kniegelenks vor und nach einem spezifischen sensomotorischen Training beim unverletzten Sportler. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Gruber, M., Bruhn, S. & Gollhofer, A. (2006). Specific Adapts of Neuromuscular Control and Knee Joint Stiffness Following Sensorimotor Training. *Int J Sports Med*, 27 (8), 636-641.
- Gruber, M. (2007). Prävention von Sprunggelenksverletzungen durch sensomotorisches Training. In J. Freiwald, T. Jöllenbeck & N. Olivier (Hrsg.), *Prävention und Rehabilitation: Symposiumsbericht Bad Säsendorf 2006* (S. 127-133). Köln: Sportverlag Strauß.

- Grüber, J. & Wolter, D. & Lierse, W. (1986). Der vordere Kreuzbandreflex (LCA-Reflex). *Unfallchirurg*, 551-554.
- Gundlach, H.J. (1985). Posturographische Untersuchungen zum quasi-statischen Gleichgewichtsverhalten von Sportlern verschiedener Disziplinen. Dissertation, Universität Rostock.
- Haus, J., Halata, Z. & Refior, H.J. (1992). Proriozeption im vorderen Kreuzband des menschlichen Kniegelenks – morphologische Grundlagen. *Z. Orthop.*, 130, 484-494.
- Heck, H. & Henke, T. (1995). Zum Verletzungsgeschehen im Handball. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 6, 320-323.
- Heitkamp, H.C., Horstmann, T., Mayer, F., Weller, J. & Dickhuth, H.H. (2001). Gain in strength and muscular balance after balance training. *Int. J Sports Med.*, 22, 285-290.
- Henke, T. (2003). Sportunfälle. *Gesundheitsberichte NRW*. Bielefeld: Lögd.
- Hewett, T., Lindenfeld, T., Riccobene, J. & Noyes, F. (1999). The Effect of Neuromuscular Training on the Incidence of Knee Injuries in Female Athletes. *Am J Sports Med*, 27, 699-706.
- Hirtz, P. (1985). *Koordinative Fähigkeiten im Schulsport*. Berlin: Volk und Wissen.
- Hirtz, P., Hotz, A. & Ludwig, G. (2000). *Gleichgewicht*. Schorndorf: Hofmann.
- Hoffman, M. & Payne, V.G. (1995). The effects of proprioceptive ankle disk training on healthy subjects. *J Orth Sports Phys Ther*, 21, 90-93.
- Høiness, P., Glott, T. & Ingjer, F. (2003). High-intensity Training with a Bi-directional Bicycle Pedal Improves Performance in Mechanically Unstable Ankles – A Prospective Randomized Study of 19 Subjects. *Scan J Med Sci Sports*, 13 (4), 266-271.
- Horak, F.B., Shupert, C.L. & Mirka, A. (1989). Components of Postural Dyscontrol in the Elderly: A Review. *Neurobiol Aging*, 10 (6), 727-738.
- Houk, J. & Henneman, E. (1967). Responses of Golgi Tendon Organs to Active Contractions of the Soleus Muscle of the Cat. *J. Neurophysiol.*, 30, 466-481.

- Husten, L. & Wojts, E. (2000). Neuromuscular Performance in the ACL-Deficient Knee. In S.M. Lephart & F.H. Fu (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. 171-180). Champaign, Ill. [u.a.]: Human Kinetics.
- Hüter-Becker, A., Schewe, H. & Heipertz, A. (1996). *Physiotherapie*. Stuttgart: Thieme.
- Jerosch, J. (2007). Sensomotorik / Propriozeption. In J. Hassenpflug (Hrsg.), *Handbuch Sportorthopädie- traumatologie* (S. 37–65). Schorndorf: Hofmann.
- Johansson, H., Lorentzon, R., Sjölander, P. & Sojka, P. (1990). A Sensor Acting on the Gamma-Muscle-Spindel Systems of Muscles Around the Knee Joint. *Neuro Orthopaedics*, 9, 1-23.
- Johansson, H., Sjölander, P. & Sojka, P. (1991). Receptors in the Knee Joint Ligaments and their Role in the Biomechanics of the Joint. *Biomedical Engineering*, 18 (5), 341-368.
- Kaminski, T.W., Buckley, B.D., Powers, M.E., Hubbard, T.J. & Ortiz, C. (2003). Effect of Strength and Proprioception Training on Eversion to Inversion Strength Ratios in Subjects with Unilateral Functional Ankle Instability. *Br. J. Sports Med.*, 37 (5), 410-415.
- Kakuda, N. & Nagaoka, M. (1998). Dynamic Response of Human Muscle Spindle Afferents to Stretch During Voluntary Contraction. *J. Physiol.*, 513 (2), 621-628.
- Kitaoka, H.B (1991). Salvage of Nonunion Following Ankle Arthrodesis for Failed Total Ankle Arthroplasty. *Clin Orthop*, 268, 37-43.
- Kirchner, G. & Schaller, H.-J. (1996). Motorisches Lernen im Alter. Grundlagen und Anwendungsperspektiven. Aachen: Meyer & Meyer.
- Kirkendall, D.T. & Garrett, W.E. (2000). Biomechanical Considerations. In L.Y. Griffin (Ed.), *Prevention of Noncontact ACL Injuries* (pp. 111-124). Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons.
- Köhler, R. (2007). Osteoporose- und Sturzprävention durch Minimierung medizinischer und motorischer Risikofaktoren mittels sportlicher Intervention. Dissertation, Universität Konstanz.
- Konradsen, L., Beynnon, B.D. & Renström, P.A. (2000). Proprioception and Sensorimotor Control in the Functionally Unstable Ankle. In S.M. Lephart & F.H. Fu (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. 237-246). Champaign, Ill, [u.a.]: Human Kinetics.

- Kröger, C. & Roth, K. (2002). *Ballschule. Ein ABC für Spielanfänger* (2., unveränderte Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Krogsgaard, M.R., Dyhre-Poulsen, P. & Fischer-Rasmussen, T. (2002). Cruciate Ligament Reflexes. *J Electromyogr Kinesiol*, 12 (3), 177-182.
- Lattanzio, P.J., Petrella, P.J., Sproule, J.R. & Fowler, P.J. (1997). Effects of Fatigue on Knee Proprioception. *Clin. J. Sports Med.*, 7, 22-27.
- Laube, W. (2005). Physiologie, Leistungsphysiologie, Pathophysiologie. In A. Hüter-Becker & M. Dölken (Hrsg.), *Biomechanik, Bewegungslehre, Leistungsphysiologie, Trainingslehre* (S. 127-296). Stuttgart: Thieme.
- Laube, W. (2008). Was ist Koordination? In A.M. Bertram & W. Laube (Hrsg.), *Sensomotorische Koordination* (S. 4-26). Stuttgart: Thieme.
- Lauenroth, A., Schwesig, R., Pudszuhn, A., Bloching, M. & Hottenrott, K. (2008). Sensomotorisches Training bei Neuropathia vestibularis. *Manuelle Medizin*, 48 (1), 10-16.
- Lee, R.G. & Tatton, W.G. (1982). Long Latency Reflexes to Imposed Displacements of the Human Wrist: Dependence on Duration of Movement. *Exp Brain Res.*, 45, 207-216.
- Leidinger, A., Gast, W. & Pförringer, W. (1990). Traumatologie im Handballsport. *Sportverletzung Sportschaden*, 4, 65-68.
- Leonard, C.T. (1998). *The Neuroscience of Human Movement*. St. Louis: Mosby.
- Lephart, S.M., Kocher, M.S., Fu, F.H., Borsa, P.A. & Harner, C.D. (1992). Proprioception Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Journal of Sports Rehabilitation*, 1, 188-196.
- Lephart, S.M., Pinsivero, D.M. & Giraldo, G.M. (1997). The Role of Proprioception in the Management and Rehabilitation of Athletic Injuries. *Am J Sports Med*, 25, 130-137.
- Lephart, S.M., Riemann, B.L. & Fu, F.H. (2000). Introduction to the Sensorimotor System. In S.M. Lephart & Fu, F.H. (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. XVII-0). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Liu-Ambrose, T., Khan, K.M., Eng, J.J., Lord, S.R. & McKay, H.A. (2004). Balance Confidence Improves with Resistance or Agility Training. Increase is not Correlated with Objective Changes in Fall Risk and Physical Abilities. *J Am Geriatr Soc*, 50 (6), 373-382.

- Lohrer, H., Alt, W. & Gollhofer, A. (1999). Neuromuscular Properties and Functional Aspects of Taped Ankles. *Am J Sports Med*, 27 (1), 69-75.
- Loosch, E. (1999). *Allgemeine Bewegungslehre*. Wiebelsheim: Limpert.
- Luck, P. & Glende K. (1996). Sportmedizinische Aspekte des Handballsports. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 9, 479-483.
- Mandelbaum, B.R., Silvers, H.J., Watanabe, D.S., Knarr, J.F., Thomas, S.D., Griffin, L.Y. et al. (2005). Effectiveness of a Neuromuscular and Proprioceptive Training Programm in Preventing Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athletes: 2-Year Follow-up. *Am J Sports Med*, 33 (7), 1003-1010.
- Markworth, P. (1983). *Sportmedizin*. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.
- Macefield, G., Gandevia, S.C. & Burke, D. (1990). Perceptual Responses to Microstimulation of Single Afferents Innervating Joints, Muscles and Skin of the Human Hand. *J. Physiol.*, 429, 113-129.
- Matthews, B.C. (1981). Muscle Spindles: Their Messages and their Fusimotor Supply. In J.M. Brookhart, V.B. Mountcastle, V.B. Brooks & S.R. Geiger (Eds.), *Handbook of Physiology – Section 1: The Nervous System* (pp. 189-228). Maryland: American Physiological Society Bethesda.
- Mauritz, K.H. & Dietz, V. (1980). Charakteristics Of Postural Instability Induced by Blocking of Leg Afferents by Ischaemia. *Exp. Brain Res.*, 38, 117-119.
- McGuine, T.A. & Keene, J.S. (2006). The Effect of a Balance Training Programm on the Risk of Ankle Sprains in High School Athletics. *Am J Sports Med*, 34 (7), 1103-1111.
- Melzer, I., Benjuya, N. & Kaplanski, J. (2005). Effect of Physical Training on Postural Control of Elderly. *Harefuah*, 144 (12), 839-844.
- Menke W. (2000). *Kompendium der Sportverletzungen*. Marburg: Kilian.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (1998). *Bewegungslehre-Sportmotorik*. Berlin: Sportverlag.
- Müller, M., Stein, H.-G., Konzag, I. & Konzag G. (1992). *Handball – spielend trainieren*. Berlin: Sportverlag.
- Myklebust, G., Engebretsen, L., Hoff Braekken, I., Skjolberg, A., Olsen, O.-E. & Bahr, R. (2003). Prevention of Anterior Cruciate Ligament injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 13, 71 – 78.

- Nagy, E., Barnai, M., Domján-Preszner, A., Angyan, L. & Horvath, G. (2007). Postural Control in Elderly Subjects Participating in Balance Training. *Eur J Appl Physiol.*, 100 (1), 97-104.
- Nepper, H.U. (1993). Möglichkeiten propriozeptiver Ansätze in der Gymnastik. In A. Binkowsky & G. Huber (Hrsg.), *Gymnastik in der Therapie*, (Kleine Schriftenreihe des DVGS, S. 136-144). Waldenburg: Sport Consult.
- Nielsen, A.B. & Yde J. (1988). An Epidemiologic and Traumatologic Study of Injuries in Handball. *Int. J. Sports Med.*, 9, 341-344.
- Olsen, O.E., Myklebust, G., Engebretsen, L., Holme, I. & Bahr, R. (2005). Exercises to Prevent Lower Limb Injuries in Youth Sports: A Cluster Randomised Controlled Trial. *British Medical Journal*, 330 (7489), 449-452.
- Ouchi, Y., Okada, H., Yoshikawa, E., Nobezawa, S. & Futatsubashi, M. (1999). Brain Activation During Maintenance of Standing Postures Humans. *Brain*, 122 (2), 329-338.
- Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F. & Perrot, C. (2002). Judo, Better than Dance, Develops Sensorimotor Adaptabilities Involved in Balance Control. *Gait Posture*, 15 (2), 187-194.
- Petersen, W., Zantop, T., Steensen, M., Hypa, A., Wessolowski, T. & Hasenpflug, J. (2002). Prävention von Verletzungen der unteren Extremität im Handball: Erste Ergebnisse des Kieler Handball-Verletzungs-Präventionsprogrammes. *Sportverletzung Sportschaden*, 16, 122 – 126.
- Petersen, W. (2007). Prävention von Sportverletzungen. In J. Hasenpflug, W. Petersen & I. Müller (Hrsg.), *Handbuch Sportorthopädie – traumatologie* (S. 147-165). Schorndorf: Hofmann.
- Pfeifer, K. (2009). *Sensomotorisches Training – Propriozeptive Training* (Band II). Expertise, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg.
- Pope, M.H., Stankewich, C.J., Beynnon, B.D. & Fleming, B.C. (1991). Effect of Knee Musculature on Anterior Cruciate Ligament Strain in Vivo. *J Electromyogr Kinesiol*, 3, 191-198.
- Prochazka, A. & Hullinger, M. (1998). The Continuing Debate About CNS Control of Proprioception. *J. Physiol.*, 513 (2), 315.
- Quante, M. & Hille, E. (1999). Propriozeption: Eine kritische Analyse zum Stellenwert in der Sportmedizin. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 50 (10), 306-310.

- Rebel, M. (2000). Koordinatives Training nach VKB-Operationen. *Sportverletzung Sportschaden*, 14, 12–19.
- Rebholz, S. (2003). Durchführung und Auswertung eines propriozeptiven Trainingsprogramms am Beispiel einer Damen-Handball-Bundesliga-Mannschaft. Bachelorarbeit, Universität Konstanz.
- Rebholz, S. (2005). Ein integratives propriozeptives Begleittraining zur Verletzungsprophylaxe im Handballsport. Masterarbeit, Universität Konstanz.
- Riemann, B.L. & Guskiewicz, K.M. (2000). Contribution of the Peripheral Somasensory System to Balance and Postural Equilibrium. In S.M. Lephart & F.H. Fu (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (pp. 37-52). Champaign, Ill. [u.a.]: Human Kinetics.
- Riemann, B.L. & Lephart, S.M. (2002). The Sensorimotor System. Part 1: The Physiologic Basis of Functional Joint Stability. *Journal of Athletic Training*, 37 (1), 71-79.
- Rowe, A., Wright, S., Nyland, J., Caborn, D.N. & Kling, R. (1999). Effects of a 2-hour cheerleading practice on dynamic postural stability, knee laxity and hamstring extensibility. *J Orth Sports Phys Ther*, 29, 455-462.
- Rozzi, S.L., Lephard, S.M., Sterner, R. & Kuligowski, L. (1999). Balance Training for Persons with Functionally Unstable Ankles. *J. Orthop. Sports Ther.*, 29 (8), 478-486.
- Ryan, W.G., Richardson, H.C., Marsh, D.R. & Banks, A.J. (1995). Electromyographic (EMG) Responses to Tibial Displacement in Human Anterior Cruciate Ligament Deficient Knees. *J. Physiol.*, 489, 33.
- Schefer, M. (2008). Wie anstrengend ist das für Sie? *Physiopraxis*, 5, 40-41.
- Schlumberger, A. & Eder, K. (2001). Verletzungsprophylaxe durch Stabilisationstraining. *Leistungssport*, 5, 26–31.
- Schmidt R.F. & Schaible H.-G. (2006). *Neuro- und Sinnesphysiologie* (5. Aufl.). Berlin: Springer.
- Schmidt, R., Benesch, S., Bender, A., Claes, L. & Gerngross, H. (2005). The Potential for Training of Proprioceptive and Coordinative Parameters in Patients with Chronic ankle instability. *Z Orthop Ihre Grenzgeb.*, 143 (2), 227-232.
- Schnabel, G., Harre, D., Krug, J. & Borde, A. (2003). *Trainingswissenschaft* (3. Aufl.). München: Sport Verlag Berlin.

- Schnitzler, A. & Freund, H.J. (1995). Elementare und komplexe Störungen motorischer Funktionen nach kortikalen Läsionen. In L. Jäncke & H. Heuer (Hrsg.), *Interdisziplinäre Bewegungsforschung* (S. 687-707). Lengerich, Berlin, Riga, Schottsdale, Wien, Zagreb: Pabst-Verlag.
- Schultz, R.A., Miller, D.C., Kerr, C.S. & Micheli, L. (1984). Mechanoreceptors in Human Cruciate Ligaments. *A Histological Study. J. Bone Joint Surg.*, 66-A (7), 1072-1076.
- Schutte, M.J., Dabezies, E.J., Zimny, M.L. & Happel, L.T. (1987). Neural Anatomy of the Human Anterior Cruciate Ligament. *J. Bone Joint Surg.*, 69-A (2), 243-247.
- Seil, R., Rupp, S., Tempelhof, S. & Kohn D. (1998). Sports Injuries in Team Handball. *Am J Sports Med*, 26, 681-687.
- Sheth, P., Yu, B., Laskowski, E.R. & An, K.N. (1997). Ankle Disk Training Influences Reaction Times of Selected Muscles in a Simulated Ankle Sprain. *Am J Sports Med*, 25 (4), 538-543.
- Simonetta-Moreau, M., Marque, P., Marchand-Pauvert, V. & Pierrot-Deseilligny, E. (1999). The Pattern of Excitation of Human Lower Limb Motoneurones by Probable Group II Muscle Afferents. *J. Physiol.*, 517 (1), 287-300.
- Singer, R.N. (1970). Balance Skill as Related to Athletics, Sex, Height and Weight. In G.S. Kenyon & T.M. Grogg (Eds.), *Contemporary Psychology of Sport* (pp. 645-656). Chicago: The Athletic Institute.
- Soderman, K., Werner, S., Pietila, T., Engstrom, B. & Alfredson, H. (2000). Balance Board Training: Prevention of Traumatic Injuries of the Lower Extremities in Female Soccer Players? A Prospective Randomized Intervention Study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 8 (6), 356-363.
- Solomonow, M., Baratta, R., Zhou, B.H., Shoji, H., Bose, W. & Beck, C. (1987). The Synergistic Action of the Anterior Cruciate Ligament and Thigh Muscles in Maintaining Joint Stability. *Am J Sports Med*, 15, 207-213.
- Steele, J.R. (1999). *ACL Injuries in Sport: Are they preventable?* ISBS'99, XVII International Symposium on Biomechanics in Sports in Pearth.
- Stoll, W., Most, E. & Tegenthoff, M. (2004). Schwindel und Gleichgewichtsstörungen. Diagnostik, Klinik, Therapie, Begutachtung - Ein interdisziplinärer Leitfaden für die Praxis (4., überarbeitete Aufl.). Stuttgart: Thieme.

- Strüder, H.K., Kinscherf, R., Diserens, K. & Weicker, H. (2001). Physiologie und Pathophysiologie der Basalganglien – Einfluss auf die Motorik. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 52 (12), 350-360.
- Talley, K.M., Wyman, J.F. & Gross, C.R. (2008). Psychometric Properties of the Activities-Specific Balance Confidence Scale and the Survey of Activities and Fear of Falling in Older Women. *J Am Geriatr Soc*, 56 (2), 328-333.
- Teitz, C. (2000). Video Analysis of ACL Injuries. In L.Y. Griffin (Ed.), *Prevention Of Noncontact ACL Injuries* (pp. 87-92). Rosemont: American Academy of Orthopaedic Surgeons.
- Tropp, H., Askling, C. & Gillquist, J. (1985). Prevention of Ankle Sprains. *Am J Sports Med*, 13, 259-262.
- Turner, A.M., Owings, M. & Schwane, J.A. (2003). Improvement in Running Economy After 6 Weeks of Plyometric Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17 (1), 60-67.
- Verhagen, E., van der Beek, A., Twisk, J., Bouter, L., Bahr, R. & van Mechelen, W. (2004). The Effect of a Proprioceptive Balance Board Training Program for the Prevention of Ankle Sprains: A Prospective Controlled Trial. *Am J Sports Med*, 32 (6), 1385-1393.
- Vossen, J.F., Kramer, J.E., Burke, D.G. & Vossen, D.P. (2000). Comparison of Dynamic Push-Up Training and Plyometric Push-Up Training on Upper-Body Power and Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (3), 248-253.
- Wagner, M. & Schabus, R. (1982). *Funktionelle Anatomie des Kniegelenks*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M. & Froberg, K. (1997). Injuries in young female players in European team handball. *Scand J Med Sci Sports*, 7, 342-347.
- Wedderkopp, N., Kaltoft, M., Lundgaard, B., Rosendahl, M. & Froberg, K. (1999). Prevention of injuries in young female players in European team handball. A prospective intervention study. *Scand J Med Sci Sports*, 9, 41-47.
- Wilson, G.J., Murphey, A.J., Giorgi, A. (1996). Weight and Plyometric Training: Effects on Eccentric and Concentric Force Production. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 21 (4), 301-315.
- Wintersteller, C. (2008). Compliance – ein wichtiger Faktor zum Therapieerfolg. *Spektrum der Augenheilkunde*, 22 (4), 237-239.

- Wojtys, E.M., Wylie, B.B. & Husten L.J. (1996). The effects of muscle fatigue on neuromuscular function and anterior tibial translation in healthy knees. *Am J Sports Med*, 5, 615-621.
- Wyke, B. (1981). The Neurology of Joints: A Review of General Principles. *Clinics in Rheumatic Diseases*, 7 (1), 223-239.
- Zantop, T. (2003). Prävention von Sprunggelenksverletzungen im Handball. *Z. Orthop.*, 141, 499–501.
- Zimmermann, M. (2005). Das somaviszirale sensorische System. In R.F. Schmidt, F. Lang & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen* (S. 296-316). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- Zimny, M.L., Schutte, M. & Dabezies, E. (1986). Mechanoreceptors in the Human Cruciate Ligament. *Anat. Rec.*, 214, 204-209.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Koordinationsfähigkeiten	8
Abbildung 2:	Anatomische Strukturen des sensomotorischen Systems und ihre Verknüpfungen	9
Abbildung 3:	Verteilung der Mechanorezeptoren an der Fußsohle	11
Abbildung 4:	Gelenkkapselrezeptoren	12
Abbildung 5:	Systematische Darstellung der vier Gelenkrezeptoren	13
Abbildung 6:	Muskelspindel	16
Abbildung 7:	Golgi-Sehnenorgan und Muskelspindel und deren Entladungsmuster	17
Abbildung 8:	Das Vestibularorgan	18
Abbildung 9:	Funktionelle Übersicht über Propriozeption	18
Abbildung 10:	Entwicklung der Gleichgewichtsfähigkeit	20
Abbildung 11:	Dauer des Stehens beim einbeinigen Schwebestehen	21
Abbildung 12:	Gleichgewichtsleistungen unterschiedlicher Sportartengruppen	21
Abbildung 13:	Verschaltung des primären motorischen Kortex mit seinen Assoziationsgebieten	25
Abbildung 14:	Propriozeptiver Teufelskreis	48
Abbildung 15:	Korrekte Haltung beim Einbeinstand	50
Abbildung 16:	Anforderungsbausteine der Ballkoordination	52
Abbildung 17:	Propriozeptive Hilfsmittel für die Handballpraxis	56
Abbildung 18:	Wegweiser durch die Übungs-CD	58
Abbildung 19:	Studiendesign	62
Abbildung 20:	Auszug aus der Übungs-CD, Druckansicht der Kräftigungsübung „Skippings im Deuserband“	67
Abbildung 21:	Auszug aus der Übungs-CD, Druckansicht der Torhüterübung 6	67
Abbildung 22:	Single-Statik-Test, Aufzeichnung der beschriebenen Fläche durch den Marker	70
Abbildung 23:	Messgerät und Testposition der Versuchspersonen	71
Abbildung 24:	Federrahmenkonstruktion	72

Abbildung 25:	Handballspezifischer Koordinationstest	74
Abbildung 26:	Verteilung der Verletzungsursachen der Gesamtstichprobe bis zum Messzeitpunkt T1	78
Abbildung 27:	Aufschlüsselung der Verletzungsursachen ohne Gegnereinwirkung der Gesamtstichprobe bis zum Messzeitpunkt T1	79
Abbildung 28:	Verletzte Spielerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe in den Spielzeiten T1 und T2	81
Abbildung 29:	Anzahl der Verletzungen der Interventions- und Kontrollgruppe in den Spielzeiten T1 und T2	82
Abbildung 30:	Prozentzahl verletzter Spielerinnen in den Spielzeiten T1 und T2	84
Abbildung 31:	Anzahl der Verletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 und T2	86
Abbildung 32:	Veränderung der Anzahl der Sprunggelenksverletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 und T2	87
Abbildung 33:	Prozentzahl der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen in den Spielzeiten T1 und T2	88
Abbildung 34:	Veränderung der Anzahl der Kniegelenksverletzungen pro Spielerin in den Spielzeiten T1 und T2	88
Abbildung 35:	Prozentzahl der am Kniegelenk verletzten Spielerinnen in den Spielzeiten T1 und T2	89
Abbildung 36:	Ausfalldauer von Spielerinnen nach Verletzungen in den Spielzeiten T1 und T2	91
Abbildung 37:	Anzahl der Verletzungen und ihre Ursachen in den Spielzeiten T1 und T2	92
Abbildung 38:	Anzahl der Sprung- und Kniegelenksverletzungen und ihre Ursachen in den Spielzeiten T1 und T2	93
Abbildung 39:	Mittelwerte des subjektiven Stabilitätsempfindens im Einbeinstand und beim Sprung	96
Abbildung 40:	Erfüllung der Erwartungen (Trainer)	98
Abbildung 41:	Stringenz der Spielerinnen während der Übungsausführung	99

Abbildung 42: Mittelwert der beschriebenen Fläche bei den Einbeinstandmodalitäten	102
Abbildung 43: Mittelwert der beschriebenen Fläche beim Sprung	104
Abbildung 44: Mittelwerte der benötigten Zeit im Koordinationsparcours	106
Abbildung 45: Engagement der Trainer während der Durchführung der Pilotstudie und während der Durchführung der beschriebenen Intervention	116
Abbildung 46: Zusammenhang zwischen Funktionalität und Messsicherheit	119
Abbildung 46: Zusammenhang von Belastung des Bewegungsapparates und Anforderung an das propriozeptive System	121

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Aufgetretene Sportverletzungen bei zwei Weltmeisterschaften	32
Tabelle 2:	Risiken beim Handball	33
Tabelle 3:	Forschungsüberblick Präventionsprogramme im Ballsport	37
Tabelle 4:	Das Kieler Handball-Verletzungs-Präventionsprogramm	40
Tabelle 5:	Verletzungshäufigkeit von Kniegelenks- und OSG-Distorsionen	40
Tabelle 6:	Verletzungsschwere und Häufigkeit von Kniegelenks- und OSG-Distorsionen	41
Tabelle 7:	5-Phasen-Programm zur Vorbeugung von Kreuzbandschäden	42
Tabelle 8:	Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfindens in den einzelnen Mannschaften von Prä- zu Post-Test	44
Tabelle 9:	Forschungsüberblick Präventionsprogramme im Handball	45
Tabelle 10:	Spezielle Koordinative Fähigkeiten im Handballsport	51
Tabelle 11:	Mittelwerte der anthropometrischen Daten der Interventions- und Kontrollgruppe	63
Tabelle 12:	Standardabweichung der anthropometrischen Daten der Interventions- und Kontrollgruppe	64
Tabelle 13:	Exemplarischer Trainingsplan mit integrierten Trainingsmaßnahmen der Übungs-CD	66
Tabelle 14:	Gegenüberstellung Verletzungsstatistik der Gesamtstichprobe zum Messzeitpunkt T1 mit Angaben aus der Literatur	77
Tabelle 15:	Mann-Whitney-U-Test: Prüfung der Differenzen der Gesamtverletzten sowie der Gesamtverletzungsanzahl in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	80

Tabelle 16:	Mann-Whitney-U-Test: Prüfung der Differenzen der Verletzten sowie der Verletzungsanzahl getrennt nach Topographie in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	81
Tabelle 17:	Verletzte Spielerinnen der Interventions- und Kontrollgruppe zu den Messzeitpunkten T1 und T2	82
Tabelle 18:	Wilcoxon-Test: Überblick über die Veränderung der Anzahl an verletzten Spielerinnen	83
Tabelle 19:	Verletzungen der Interventions- und Kontrollgruppe	84
Tabelle 20:	Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl an Verletzten	85
Tabelle 21:	Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl der am Sprunggelenk verletzten Spielerinnen	87
Tabelle 22:	Wilcoxon-Test: Veränderung der Anzahl der am Kniegelenk verletzten Spielerinnen	89
Tabelle 23:	Wilcoxon-Test: Veränderung der Ausfalldauer aufgrund von Verletzungen gemessen am Schweregrad	90
Tabelle 24:	Mann-Whitney-U-Test: Überprüfung der Gruppenunterschiede hinsichtlich der aufgetretenen Verletzungsursachen in den Spielzeiten 06/07 und 07/08	92
Tabelle 25:	Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfinden von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit offenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	94
Tabelle 26:	Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfinden von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit geschlossenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	94
Tabelle 27:	Varianzanalyse: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfinden von T1 zu T2 beim Sprung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	95

Tabelle 28:	T-Test: Veränderung des subjektiven Stabilitätsempfinden bei den Einbeinstandmodalitäten und beim Sprung von T1 zu T2	95
Tabelle 29:	Korrelation nach Spearman: Zusammenhang zwischen subjektivem Stabilitätsempfinden und der Anzahl verletzter Spielerinnen sowie der Verletzungsanzahl in den Spielzeiten 06/07 und 07/08	97
Tabelle 30:	Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit offenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	101
Tabelle 31:	Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Einbeinstand mit geschlossenen Augen in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	101
Tabelle 32:	T-Test: Veränderung der beschriebenen Fläche im Einbeinstand	102
Tabelle 33:	Varianzanalyse: Veränderung der beschriebenen Fläche von T1 zu T2 beim Sprung in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	103
Tabelle 34:	T-Test: Veränderung der beschriebenen Fläche beim Sprung	103
Tabelle 35:	Varianzanalyse: Veränderung der benötigten Zeit von T1 zu T2 im Koordinationsparcours in Abhängigkeit der Gruppenzugehörigkeit	105

Anhang

Anhang A: Anschreiben an die Trainer der Regionalliga Süd

Anhang B: Fragebogen Spielerinnen T1

Anhang C: Fragebogen Spielerinnen T2

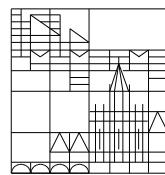
Anhang D: Trainerfragebogen T2

Anhang E: Fragen des Telefon-Interviews

Anhang F: Druckansicht der Übungs-CD

Anhang G: Übungs-CD

Anhang A: Anschreiben an die Trainer der Regionalliga Süd



Universität Konstanz, Postfach 5530, D-78434 Konstanz

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rehholz

Universitätsstrasse 10
Tel. 0049 7531 88-4831
E-mail: Sandra.Rehholz@uni-konstanz.de
Datum: 8. Juni 2007

Sehr geehrte Trainerinnen und Trainer

Das in einem Forschungsprojekt der Universität Konstanz themisierte „integrative Konzept zur Verletzungsprophylaxe im Handballsport“ soll in einem Praxistraining evaluiert werden. Bisher war Propriozeptionstraining lediglich Bestandteil von Rehabilitationsprogrammen nach Verletzungen, die Primärprävention bestand größtenteils aus passiven orthopädischen Stützhilfen (Tapes, Bandagen, Orthesen). Zudem werden propriozeptive Übungen als isolierte, eigenständige Therapiemaßnahmen neben den eigentlichen Trainingsmaßnahmen durchgeführt.

Das vorliegende Projekt wird verletzungsprophylaktische, propriozeptive Trainingsmaßnahmen in den bestehenden Trainingsablauf integrieren. Dabei versteht sich das ausgearbeitete Trainingsprogramm als integratives Konzept innerhalb eines auf Verletzungsprophylaxe ausgerichteten Handballtrainings. Eine Reduzierung des Verletzungsrisikos ist angestrebt. Dabei werden verletzungsprophylaktische, propriozeptive Reize in einzelne handballspezifische Übungen integriert, um so zu einer Reduktion der Verletzungsinzidenz der stark gefährdeten unteren Extremität beizutragen. Für eine nachhaltige Etablierung ist es sinnvoll propriozeptive Reize einzugliedern, ohne die eigentliche Trainingsintention zu vernachlässigen. Auf diese Weise werden Trainingszeit und -maßnahmen doppelt genutzt und verletzungsprophylaktisch umgesetzt. In diesem Zusammenhang wurde eine Übungs - CD erstellt, die spezifische Handballübungen mit propriozeptiven Reizen beinhaltet und somit zur Verletzungsprophylaxe beitragen kann.

Ich würde mich freuen, Ihnen das Projekt näher vorstellen zu dürfen.

Mit freundlichen Grüßen

Sandra Rehholz

M.A. Sportwissenschaft

Aktive Handballspielerin des HC BW Feldkirch

Anhang B: Fragebogen Spielerinnen T1

Fragebogen zur Person

Verein: _____

Name (Vorname, erster Buchstabe des Nachnamens): _____

Datum: _____

Alter: _____ Jahre

Größe: _____ cm

Gewicht: _____ kg

1) Sportart/en, außer Handball:

_____ Wie viele Minuten bzw. Kilometer pro Woche? _____
_____ Wie viele Minuten bzw. Kilometer pro Woche? _____
_____ Wie viele Minuten bzw. Kilometer pro Woche? _____
_____ Wie viele Minuten bzw. Kilometer pro Woche? _____

2) Wie lange spielst Du schon Handball?

In der Jugend _____ Jahre

Bei den Damen _____ Jahre

3) Welche Position spielst Du hauptsächlich?

- Links Außen ()
- Rückraum Links ()
- Rückraum Mitte ()
- Rückraum Rechts ()
- Rechts außen. ()
- Kreis ()
- Tor ()

4) Wie oft warst Du schon verletzt (so verletzt, dass Du mindestens eine Woche nicht trainieren konntest)?

_____ mal

5) Hattest Du schon Sprunggelenksverletzungen?

ja () nein ()

wenn ja: Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Bänderdehnung ()

Seite: re () Häufigkeit: _____ mal

li () Häufigkeit: _____ mal

Ursachen: _____

- Bänderriss ()

Seite: re () Häufigkeit: _____ mal

li () Häufigkeit: _____ mal

Ursachen: _____

- Kapselverletzung ()

Seite: re () Häufigkeit: _____ mal

li () Häufigkeit: _____ mal

Ursachen: _____

- Knöchelbruch ()
Seite: re () Häufigkeit: ___ mal
li () Häufigkeit: ___ mal
Ursachen: _____

- Andere Verletzung: ()
Seite: re () Häufigkeit: ___ mal
li () Häufigkeit: ___ mal
Ursachen: _____

6) Hattest Du schon Kniegelenksverletzungen?

ja () nein ()

wenn ja:

Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Seitenbandverletzung *Dehnung* , *Anriss* , *Abriss*
Seite: re Häufigkeit: _____mal
li Häufigkeit: _____mal
Ursachen: _____
 - Meniskus *Quetschung* , *Anriss* , *Abriss*
Seite: re Häufigkeit: _____mal
li Häufigkeit: _____mal
Ursachen: _____
 - Vorderes Kreuzband *Dehnung* ; *Anriss* , *Abriss*
Seite: re Häufigkeit: _____mal
li Häufigkeit: _____mal
Ursachen: _____
 - Hinteres Kreuzband *Dehnung* , *Anriss* , *Abriss*
Seite: re Häufigkeit: _____mal
li Häufigkeit: _____mal
Ursachen: _____
 - Andere Verletzung: _____
Seite: re Häufigkeit: _____mal
li Häufigkeit: _____mal
Ursachen: _____

7) Hattest Du noch andere Verletzungen?

ja () nein ()

wenn ja:

Welche und wie oft?

8) Bei welcher sportlichen Aktivität hast Du Dich am häufigsten verletzt?

- bei Wettkämpfen, im Spiel usw. ()
 eher zu Beginn ()
 eher am Ende ()

- im Training ()
 eher zu Beginn ()
 eher am Ende ()

- im Alltag ()

- bei der Ausübung anderer Sportarten ()

- Anderes: _____ ()

9) Was war die häufigste Ursache dafür?

- Körperkontakt, Gegner ()
 - ohne Gegner ()
 - eigenes Verschulden, Instabilität ()
 - Ermüdung ()
 - trainingsbedingte Ursache: mangelnde Erwärmung usw. ()
 - physiologisch/genetisch bedingte Fehlstellungen usw. ()
 - Anderes: _____ ()
-
-

10) Bei welchen Bewegungen sind die Verletzungen aufgetreten? (Mehrfachangaben möglich)

- Landung ()
 - Drehbewegung ()
 - Seitwärtsbewegung ()
 - Tritt auf fremden Fuß/Ball ()
 - Anderes: _____ ()
-
-

11) Hast Du schon Vorerfahrung mit Stabilisationstraining (z. B. Einbeinstandübungen)?

ja () nein ()

wenn ja: Woher?

Wie oft pro Woche hast Du es absolviert?

Was hältst Du davon?

12) Integriert Dein Trainer/ Deine Trainerin bereits Stabilisationsübungen in den Trainingsbetrieb?

ja () nein ()

wenn ja: Wie häufig?

- regelmäßig, in jeder Trainingseinheit ()
- regelmäßig, ein bis zweimal pro Woche ()
- unregelmäßig, hin und wieder ()
- sehr unregelmäßig, selten ()

Wie sehen diese Stabilisationsübungen aus?

13) Auf einer Skala von 0 bis 10: Wie stark schätzt Du Deine Stabilität im Sprunggelenk ein, wenn 0 bedeutet, dass kein Stand möglich ist und 10 dagegen heißt, dass Du einen sehr, sehr sicheren Halt hast, nie umknickst?

Rechts	(0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)
Links	(0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)

14) Wie ist Deine Stabilität im Kniegelenk? (0 = kein Stand möglich, 10 = sehr, sehr stabil)?

Rechts	(0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)
Links	(0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)

15) Abschließend die Frage: Was erwartest Du Dir von diesem Projekt?

Vielen Dank für Deine Mühe!

Mit freundlichen Grüßen,

Sandra Rebholz

Anhang C: Fragebogen Spielerinnen T2

Abschlussfragebogen

Verein: _____

Name (Vorname & erster Buchstabe des Nachnamens): _____

Datum: _____

Alter: _____ Jahre

Größe: _____ cm

1) Haben sich Deine Erwartungen an dieses Projekt erfüllt?

- () ja
() nein*
() teils, teils*
() Anderes: _____

*Warum? _____

2) Wie konsequent hast Du die Stabilisationsübungen durchgeführt?

- () sehr konzentriert (ich glaube an deren Nutzen)
() anfangs noch konsequent, dann nachlässig
() mal so, mal so
() unkonzentriert (ich glaube nicht an ihren Nutzen*)
() Anderes: _____

*Warum? _____

3) Fühlst Du Dich jetzt sicherer und stabiler als vor dem Interventionsprogramm?

ja* () nein ()

* in welchen Situationen? _____

4) Wie stabil schätzt Du Dich jetzt nach der Stabilitätskala ein?

a) im Kniegelenk? re (0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)
 li (0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)

b) im Sprunggelenk? re (0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)
 li (0)(1)(2)(3)(4)(5)(6)(7)(8)(9)(10)

5) Wie fandest Du die Übungsauswahl? Welche Übungen fielen Dir eher leichter, welche eher schwerer? (Wo hattest Du die meisten Schwierigkeiten usw.)

- 6) Fiel es Dir schwer Dich mit Hilfe der Bewertungsskala von 0-10 selbst einzuschätzen?
ja nein

Warum? _____

Hättest Du einen Verbesserungsvorschlag?

- 7) Findest Du es sinnvoll Stabilisationsübungen in einzelne Übungen zu integrieren?
 sinnvoll*
 eher störend*
 Übungen haben keinen Nutzen*
 Anderes: _____

*Warum? _____

- 8) Wie viele integrative Stabilisationsübungen sollten Deiner Meinung nach in einer Trainingseinheit durchgeführt werden?

1 – 2 Übungen pro Trainingseinheit
3 – 4 Übungen pro Trainingseinheit
mehr

- 9) Wie oft sollte das integrative Stabilisationstraining in der Woche durchgeführt werden?
in 1 Trainingseinheit
in 2 Trainingseinheiten
in 3 Trainingseinheiten und mehr

Warum? _____

- 10) Fändest Du es sinnvoll, wenn Dein Trainer weiterhin Deine Stabilisationsfähigkeit innerhalb jeder Trainingseinheit schulen würde?

ja nein

Warum? _____

11) Siehst Du eine Zukunft / Chance für propriozeptives Stabilisationstraining?

ja*

nein**

*Welche? _____

**Warum nicht? _____

Vielen Dank für Deine Mitarbeit!

Ich hoffe, dass Du einen Nutzen aus diesem Projekt ziehen konntest und von Verletzungen verschont bleibst!

Mit freundlichen Grüßen,

Sandra Rebholz

Anhang D: Trainerfragebogen T2

Trainerfragebogen

Verein: _____

Name: _____

Datum: _____

email: _____

1) Haben Sie schon vorher Stabilitätsübungen in Ihr Training integriert?

- () ja*
() nein
() Anderes: _____

*Wie sah dieses Stabilisationstraining aus?

2) Welche Erwartungen hatten Sie an dieses Projekt?

- () keine (dann weiter zu Frage 4)
() Verletzungsprophylaxe
() Anderes: _____

3) Haben sich diese Erwartungen erfüllt?

- () ja
() nein*
() teils, teils*
() Anderes: _____

*Warum?

4) Wie konsequent haben Sie die integrativen Übungen durchgeführt?

- () voll durchgezogen, in jeder Trainingseinheit, genau wie beschrieben
() regelmäßig durchgezogen, aber mit kleinen Abänderungen*
() anfangs konsequent, dann nachlässig*
() mal so, mal so*
() gar nicht*
() Anderes: _____

*Warum?

5) Würden Sie bestimmte Übungen verändern, weglassen oder durch neue ersetzen?

- ja*
 nein (Übungen waren genau richtig)
 Anderes: _____

*Welche Übungen? Warum? _____

6) Finden Sie es sinnvoll Propriozeptionsübungen in einzelne Übungen zu integrieren?

- sinnvoll*
 eher störend*
 Übungen haben keinen Nutzen*
 Anderes: _____

*Warum? _____

7) Wie reagierte Ihre Mannschaft auf das integrative Propriozeptionstraining?

- Spielerinnen nahmen es positiv auf, machten gut mit
 Spielerinnen waren nur anfangs motiviert
 Spielerinnen empfanden es als störend
 Spielerinnen machten nur schlecht mit
 Spielerinnen verweigerten die Übungen
 Anderes: _____

8) Können integrative Propriozeptionsübungen Ihrer Meinung nach zur Verletzungsprophylaxe beitragen?

- ja
 nein*
 Anderes: _____

*Warum nicht? _____

9) Werden Sie auch weiterhin integrative Propriozeptionsübungen in Ihr Training einbauen?

- ja
 nein
 mal sehen

10) Sehen Sie eine Zukunft/Chance für ein integriertes Propriozeptionstraining im Handballsport?

- ja
 nein

Warum? _____

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Ich hoffe, dass Sie und Ihre Mannschaft einen Nutzen aus diesem Projekt ziehen konnten!

Mit freundlichen Grüßen,

Sandra Rebholz

Anhang E: Fragen des Telefon-Interviews

Telefon-Interview

1) Hattest Du in der Saison 06/07 Sprunggelenksverletzungen?

ja () nein () * weiter zu Frage 2

wenn ja: Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Bänderdehnung ()

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Bänderriss ()

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Kapselverletzung ()

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Knöchelbruch ()

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Andere Verletzung: () _____

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

2) Hattest Du in der Saison 06/07 Kniegelenksverletzungen?

ja () nein () * weiter zu Frage 3

wenn ja:

Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Seitenbandverletzung () *Dehnung (), Anriß (), Abriss ()*

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Meniskus () *Quetschung (), Anriß (), Abriss ()*

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Vorderes Kreuzband () *Dehnung (); Anriß (), Abriss ()*

Seite: re () Häufigkeit: ___ mal

li () Häufigkeit: ___ mal

Ursachen: _____

- Hinteres Kreuzband () *Dehnung (), Anriß (), Abriss ()*
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Andere Verletzung: () _____
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____

3) Hattest Du in der Saison 07/08 Sprunggelenksverletzungen?

ja () nein () * weiter zu Frage 4

wenn ja: Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Bänderdehnung ()
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Bänderriss ()
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Kapselverletzung ()
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Knöchelbruch ()
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Andere Verletzung: () _____
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____

4) Hattest Du in der Saison 07/08 Kniegelenksverletzungen?

ja () nein ()

wenn ja:

Um welche Verletzungen handelte es sich dabei? Wie oft war die jeweilige Seite betroffen?

- Seitenbandverletzung () *Dehnung (), Anriß (), Abriss ()*
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Meniskus () *Quetschung (), Anriß (), Abriss ()*
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____

- Vorderes Kreuzband () *Dehnung (), Anriß (), Abriss ()*
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Hinteres Kreuzband () *Dehnung (), Anriß (), Abriss ()*
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____
- Andere Verletzung: () _____
Seite: re () Häufigkeit: _____ mal
 li () Häufigkeit: _____ mal
Ursachen: _____

Anhang F: Druckansicht Übungs-CD

Aufwärmen

UNIVERSITÄT KONSTANZ

FB Geschichte und Soziologie

Sportwissenschaft

Sandra Rebholz

Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Schattenspiel

Organisation:

- 2er Teams



Ablauf:

- der Vordermann macht beliebige Übungen vor, die der Hintermann sofort nachmacht
- plötzliches Einfrieren der Bewegungen (Schwerpunkt: einbeiniges Stehen)
- Beispiele: Lauf, Nachstellschritte, Drehungen, Wendungen, Setzen, Liegen, Armkreisen



Variationen:

- Schattenspiel mit Dribbling (verschiedene Dribbelvarianten: rechts / links, hoch / tief etc.)
- verschiedene Bälle verwenden

Proprio - Fange

Organisation:

- 1 Fänger
- halbe Halle oder 9m - Kreis



Ablauf:

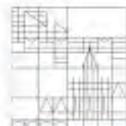
- die Gejagten können entkommen, wenn sie sicher im Einbeinstand stehen und die Augen schließen
- durch einen sanften Stoß eines anderen Gejagten sind sie wieder frei
- Fänger wechselt bei Erfolg

Variationen:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern

Aufwärmen

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Einhaken - Fange

Organisation:

- 1 Fänger, 1 Gejagter, alle anderen bilden 2er Teams, die sich nur eingehakt bewegen dürfen



Ablauf:

- der Gejagte kann sich retten, indem er sich bei einem Paar einhakt
- jetzt wird der Äußere zum Fänger und der vorige Fänger zum Gejagten
- bei Erfolg des Fängers wechseln die Aufgaben

Variationen:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern
- Spieler liegen in 2er Teams in einem Kreis → gleiches Prinzip

Ball - Fange

Organisation:

- 2 - 3 Fänger
- 3 - 4 Handbälle
- halbe Halle oder 9m - Kreis

Ablauf:

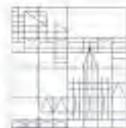
- die Gejagten spielen sich 3 - 4 Handbälle zu; wer im Besitz eines Balles ist, darf nicht abgeschlagen werden
- Ball darf maximal 3 sec. gehalten werden
- die Gejagten können entkommen, wenn sie sicher im Einbeinstand stehen und die Augen schließen
- durch einen sanften Stoß eines anderen Gejagten sind sie wieder frei

Variationen:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern
- die Fänger spielen sich einen Handball zu und versuchen die Gejagten „leicht“ abzuwerfen
- es zählen nur Treffer auf die Beine
- nach einer bestimmten Zeit wechseln die Fänger

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Pfosten - Handball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Handball

Ablauf:

- „normales“ Handballspiel ohne Torhüter
- Punkt ist erzielt, wenn der Pfosten getroffen wird

Variationen:

- Spiel mit 2 Bällen
- verschiedene Bälle verwenden

Kempa - Ball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Handball

Ablauf:

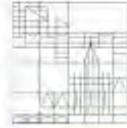
- Spiel über das ganze Feld (Betreten des 6m - Raumes ist erlaubt!)
- Punkt ist erzielt, wenn ein vom Mitspieler zugespielter Ball im Sprung angenommen und noch vor der Bodenberührungen in das Tor geworfen wird

Variationen:

- Spiel mit 2 Bällen
- verschiedene Bälle verwenden

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Hand - Fußball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Fußball

Ablauf:

- außerhalb des 6m - Kreises wird nach Handballregeln gespielt (ohne Prellen!)
- innerhalb des 6m - Kreises wird Fußball gespielt
- Tore dürfen nur mit dem Fuß erzielt werden

Variationen:

- Spielfeld verkleinern

Fuß - Handball

Organisation:

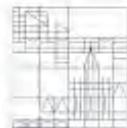
- 2 Mannschaften
- 1 Fußball

Ablauf:

- Bälle, die direkt aus der Luft angenommen werden, dürfen mit der Hand weitergespielt werden
- Bälle, die den Boden berühren, müssen anschließend mit dem Fuß weitergespielt werden, bis wieder ein Ball gefangen werden kann
- Tore zählen nur, wenn sie innerhalb vom 9m - Kreis erzielt werden

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Hand - Fußball - Wechsel

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Fußball

Ablauf:

- hat Team A den Ball wird Handball gespielt
- hat Team B den Ball wird Fußball gespielt

Variation:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern

Chaos

Organisation:

- 4 Mannschaften
- 1 Handball
- 1 Fußball
- 2 kleine Matten
- 2 Basketballkörbe

Ablauf:

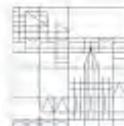
- 2 Mannschaften spielen in Längsrichtung Fußball auf 2 Tore (Matten)
- 2 Mannschaften spielen nach Handballregeln auf die Basketballkörbe
- Rücksichtnahme! Orientierung!

Variation:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Dribbel - Rugby

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Handball
- 4 Hütchen
- Spiel auf die halbe Halle

Ablauf:

- die ballbesitzende Mannschaft versucht durch Dribbling Raum zu gewinnen, um den Ball per Aufsetzer durch 2 Hütchen zu spielen
- Zuspiel, An-, Ein- und Freiwürfe erfolgen nur nach hinten (gleiche Höhe bedeutet Fehler!)

Variationen:

- nur Prellzuspiele (kein Ball darf mit beiden Händen berührt werden!)
- Spielfeld verkleinern / vergrößern
- Spieleranzahl erhöhen
- beide Mannschaften spielen auf 3 Tore (bzw. 6 Hütchen)

Frisbee - Handball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Frisbee
- Spiel auf die ganze Halle (Betreten des 6m - Raumes ist erlaubt!)

Ablauf:

- Frisbee muss hinter der Grundlinie abgelegt werden
- nur 3 Schritte

Variationen:

- bei Bodenberührung bekommt die andere Mannschaft die Frisbee
- Spielfeld verkleinern

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Blinden - Handball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Softball
- 2 kleine Matten
- Spiel auf die halbe Halle

Ablauf:

- innerhalb der Mannschaften werden 2er Teams gebildet; 1 Spieler schließt die Augen, der andere führt verbal
- der „blinde“ Spieler darf maximal 2m von seinem „Leiter“ entfernt sein; letzterer muss Ball und Partner so koordinieren, dass es keine Zusammenstöße gibt und gleichzeitig Tore erzielt werden
- der Ball darf höchstens 5 sec. gehalten werden, dann muss er abgespielt werden
- Spiel auf 2 Tore bzw. 2 kleine Matten

Variation:

- Spielfeld verkleinern / vergrößern

“Captain Hook” - Handball

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Handball
- Tape



Ablauf:

- „normales“ Handballspiel unter erschwerten Bedingungen (ein Auge ist abgeklebt!) → stark eingeschränktes Wahrnehmungsfeld

Variation:

- Halle wird nicht vollständig erleuchtet

Koordinationsspiele

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz

Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Handball - Tennis

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 1 Tennisball
- 1 Handball pro Spieler
- Spiel über die halbe Halle

Ablauf:

- gespielt wird mit einem Tennisball, der mit dem Handball in der Luft gehalten bzw. gespielt wird
- bei 6 Pässen (ohne dass der Tennisball herunterfällt) gibt es 1 Punkt

Variationen:

- Tennisball darf einmal aufspringen bevor er weitergespielt wird
- Tennisball wird auf Tore gespielt (Wand, Matte, Kasten etc.) ohne eine bestimmte Anzahl an Pässen
- Spielfeld verkleinern / vergrößern

Koordinationsübungen

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Wechselgreifen

Organisation:

- 1 Handball pro Spieler

Ablauf:

- Ball zwischen den gespreizten Beinen halten; eine Hand von vorne und eine von hinten
- beide Hände lösen und umgreifen



Variation:

- gleichzeitiges Fortbewegen nach vorne / hinten / rechts /links

Wechselhüpfen

Organisation:

- 1 Handball pro Spieler



Ablauf:

- in weiter Schrittstellung den Ball von links nach rechts durch die Beine prellen



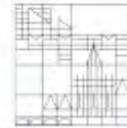
Variation:

- gleichzeitige Wechselsprünge

Koordinationsübungen

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz

Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Ganzkörperdrehung

Organisation:

- 1 Handball pro Spieler



Ablauf:

- Rücklage; Ball wird vor der Brust gehalten und leicht hochgeworfen
→ Ganzkörperdrehung, Ball wieder fangen

Rückenfangen

Organisation:

- 1 Handball pro Spieler



Ablauf:

- Ball im Stand hochwerfen, hinter dem Rücken fangen und durch die gegrätschten Beine nach vorne spielen

Koordinationsübungen

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Wurf durch Beine

Organisation:

- 1 Handball pro Spieler
- Aufstellung an der Wand



Ablauf:

- Grätschstellung im Abstand von 2 – 3m mit dem Rücken zur Wand
- Ball rückwärts durch die Beine nach oben an die Wand werfen und den zurückprallenden Ball wieder fangen

Partnerübung I

Organisation:

- 2er Teams
- 2 Handbälle pro Paar



Ablauf:

- synchrones Zuspielen zweier Bälle (im Einbeinstand)
- synchrones Zuspielen zweier Bälle → nur in der Luft; nur Aufsetzer; 1 Ball in der Luft, 1 Ball Aufsetzer
- 1 Ball wird mit dem Fuß zugespielt, der andere in der Luft



Variationen:

- einhändige / beidhändige Ballannahme
- Zuspieler: re-re, li-li, re-li, li-re
- Abstand zum Partner verändern
- Üben im Stand, Sitz, Kniestand, Hockstand, in der Bewegung
- verschiedene Bälle verwenden

Koordinationsübungen

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Partnerübung II

Organisation:

- 2er Teams
- 2 Handbälle pro Paar



Ablauf:

- Spieler A wirft seinen Ball nach oben, Spieler B passt gleichzeitig den 2. Ball in Brusthöhe zu A, der diesen zurückspielt und dann seinen hochgeworfenen Ball wieder fängt

Variationen:

- verschiedene Bälle verwenden
- verschiedene Ausgangssituationen: im Sitzen, in der Hocke etc.

Tigerball

Organisation:

- 5er Teams (3:2)
- 1 Handball

Ablauf:

- 3 Spieler stehen in einem Kreisbogen auf dem linken Fuß (→ Stabilisation) und spielen sich bei festem Stand des linken Fußes den Ball zu
- 2 Abwehrspieler (Tiger) versuchen den Ball zu berühren, abzulenken oder Fehler zu provozieren; danach Spielerwechsel



Variationen:

- Stand auf dem rechten Fuß
- Pässe rechts / links
- Trickpässe

Kräftigung

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Einbeinige Kniebeugen

Organisation:

- gegebenenfalls 1 kleine oder 1 Weichbodenmatte
- gegebenenfalls 1 Medizinball

Ablauf:

- Achtung: richtige Ausführung! Knie sind nie vor den Füßen, gerader Oberkörper, Arme hinter dem Rücken verschränkt!
- Übung in 3 Serien à 8 – 12 Wiederholungen durchführen



Variation:

- Spieler trägt zusätzlich einen Medizinball
- Übung wird auf einer Matte ausgeführt

Einbeinige Sprünge

Organisation:

- gegebenenfalls 1 kleine Matte oder 1 Weichbodenmatte



Ablauf:

- einbeinige Sprünge von links nach rechts
- es wird immer erst weitergesprungen, wenn der Spieler sicher im Gleichgewicht steht
- Übung in 3 Serien à 5 – 8 Wiederholungen pro Bein durchführen



Variationen:

- Übung wird auf einer Matte ausgeführt

Kräftigung

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



"Twister"

Ablauf:

- Trainer gibt an wie viele oder / und welche Körperteile den Boden berühren dürfen
- Übung in 3 Serien à 15 – 30 sec. durchführen



"Wegschieben"

Organisation:

- 2er Teams

Ablauf:

- Spieler stehen Rücken an Rücken (Beine 120°) und versuchen sich gegenseitig wegzuschieben
- Seite an Seite (Schultern berühren sich); Seitenwechsel
- Gesicht zueinander, die ausgestreckten Arme beim Partner auf die Schultern legen → Druck
- Sitzposition, gegenüber; Fußsohlen zeigen zueinander; Beine sind leicht angewinkelt und abgehoben → Druck
- jede Übung ca. 20 – 45 sec. ausführen



Kräftigung

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Skippings I

Organisation:

- 2er Teams
- jeweils 1 Deuserband
- gegebenenfalls 1 kleine Matte oder
1 Welchbodenmatte

Ablauf:

- 1 Spieler hält das Deuserband, der andere führt Skippings im Deuserband aus
- Trainer gibt den Übenden ein akustisches Signal für einen sofortigen Einbeinstand → Balance
- stehen die Übenden stabil und ruhig, fährt er mit den Skippings fort
- Übung in 3 Serien à 15 – 30 sec. durchführen



Variationen:

- Übung wird auf einer Matte ausgeführt
- der haltende Spieler versucht den Stand des Übenden durch Ziehen des Deuserbandes in verschiedene Richtungen zu stören

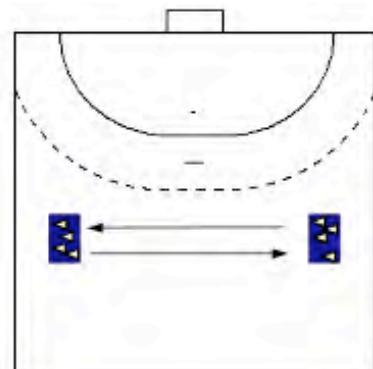
Skippings II

Organisation:

- 2 Mannschaften
- 2 Welchbodenmatten (WBM)

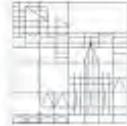
Ablauf:

- beide Teams führen Skippings auf der WBM aus; auf ein erstes Signal → sofortiger Einbeinstand → Balance halten
- auf das zweite Signal Skippings fortsetzen (Belastung ca. 15 – 30 sec.)
- auf Pfiff wechseln beide Teams im Sprint die Matten → Pause
- pro Durchgang ca. 2 – 4 Mattenwechsel durchführen (ca. 2- 3 Durchgänge)



Kräftigung

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Liniensprints

Organisation:

- Spieler befinden sich auf der Grundlinie

Ablauf:

- Ausgangsstellung: Einbeinstand mit geschlossenen Augen hinter der Grundlinie
- auf ein erstes akustisches Signal: kleine, schnelle Skippings auf der Stelle (Augen sind geöffnet!)
- auf ein zweites Signal: sofortiger Einbeinstand (Augen schließen!)
- auf ein drittes akustisches Signal: Sprint zum 6m, rückwärts zur Grundlinie, vorwärts zum 9m, rückwärts zur Grundlinie, vorwärts zur Mittellinie

Variationen:

- Sprints alle vorwärts
- jede Linie wird mit der Hand berührt
- an jeder Linie wird eine einbeinige Kniebeuge ausgeführt

Torhüter

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe

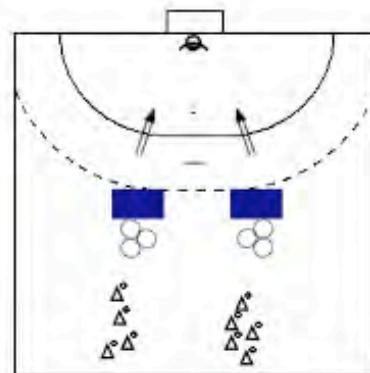
Übung 1

Organisation:

- 2 Weichbodenmatten (WBM) quer an 9m
- jeweils 3 Reifen davor
- Spieler mit Ball in 2 Reihen

Ablauf:

- Spieler springen einbeinig durch die Reifen
- rechte WBM: Absprung VOR der Matte → Torwurf;
sichere Landung auf der Matte
- linke WBM: Absprung VON der Matte → Torwurf;
sichere Landung auf der Matte
- Spieler stellen sich immer abwechselnd links und rechts an



Variation:

- statt Torwurf, Pass zum AL oder AR → Torwurf

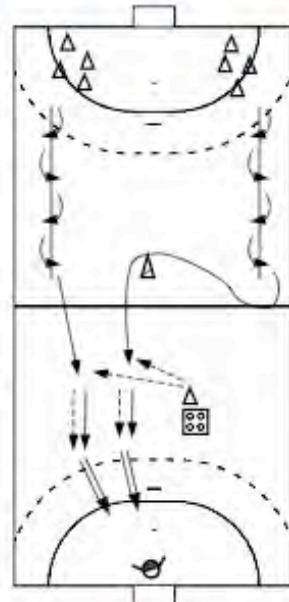
Übung 2

Organisation:

- 2 Bahnens aus Schaumstoffbalken bilden (oder 2 Linien)
- Spieler befinden sich in 2 Reihen hinter den Balken / Linien
- 1 Hütchen in der anderen Hallenhälfte
- Trainer steht mit Ballkorb in der Mitte der anderen Hälfte

Ablauf:

- es starten immer 2 Spieler gleichzeitig (Wettkampf)
- der Spieler, der als erster einbeinig (Wechselsprünge) über die Balken / Linien gesprungen ist (bestimmte Anzahl an Sprüngen angeben!) bekommt vom Trainer einen Ball zugespielt → Torwurf
- der zweite muss erst noch das Hütchen umlaufen, bekommt dann ebenfalls einen Ball zugespielt → Torwurf

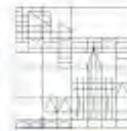


Variationen:

- zweiter Spieler wird Abwehrspieler gegen den ersten
- verschiedene Sprungvarianten über die Bahnens / Linien

Torhüter

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



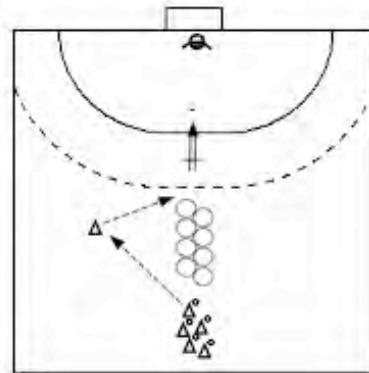
Übung 3

Organisation:

- 8 Reifen in einer versetzten Reihe, so dass der letzte Reifen an 9m liegt
- 1 Anspieler in 3m Entfernung auf RL oder RR
- Spieler mit Ball hinter die Reifen

Ablauf:

- Spieler passt den Ball zum Anspieler
- springt einbeinig von Reifen zu Reifen
- Rückpass vom Anspieler im letzten Reifen
→ Sprungwurf



Variation:

- verschiedene Sprungvarianten: rechtes Bein, linkes Bein, Schlusssprünge, einbeinige Kniebeugen etc.

Übung 4

Organisation:

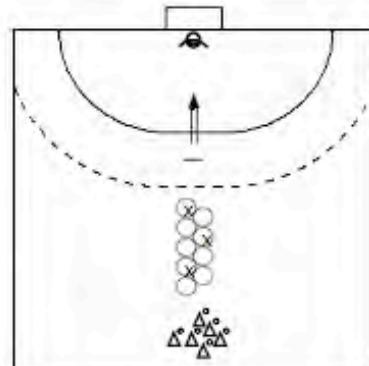
- 9 Reifen in einer versetzten Reihe, so dass der letzte Reifen an 9m liegt
- Spieler mit Ball hinter die Reifen

Ablauf:

- in jedem Reifen 3 Skippings machen
- in jedem 3. Reifen → einbeinig stabilisieren, dann weiter Skippings durchführen
- im letzten Reifen → Torschuss

Variationen:

- verschiedene Sprungvarianten von Reifen zu Reifen, einbeinige Kniebeugen etc.
- verschiedene Sprungvarianten beim Torwurf: rechtes / linkes Bein, beidbeinig etc.



Torhüter

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



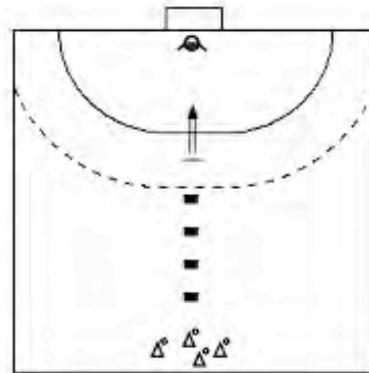
Übung 5

Organisation:

- 1 Reihe mit 3 - 4 kleinen Kästen
- letzter Kasten am 9m, 3 - 4m Abstand zum nächsten Kasten
- Spieler mit Ball hinter den ersten Kasten

Ablauf:

- Spieler springen im Schlussprung auf die Kästen
- beim Runterspringen: Landung auf einem Bein → Stabilisation
- nach der Landung vom letzten Kasten → Sprungwurf



Variationen:

- statt Kästen: Langbänke
- Malten zur Landung
- verschiedene Fortbewegungsarten zwischen den Kästen: einbeinig hüpfend, Skippings, Anfersen, Prellen (hoch / tief, rechts / links), Hopserlauf, Fechterschritte, Ball um die Hüfte kreisen etc.

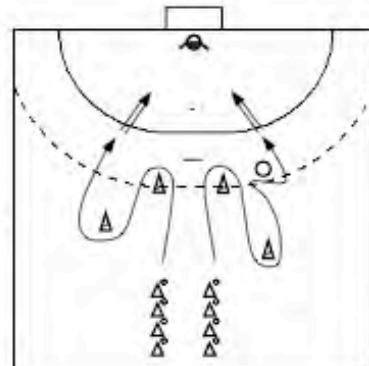
Übung 6

Organisation:

- Spieler stehen mit Ball in 2 Reihen auf RM
- 2 Hütchen an 9m, Abstand 2 – 3m
- 1 Hütchen an 11m nach links versetzt
- 1 Hütchen an 12m nach rechts versetzt
- 1 Verteidiger an 9m auf HL

Ablauf:

- die ersten beiden Spieler starten gleichzeitig
- einbeiniges Hüpfen zum ersten Hütchen, rückwärts zum hinteren Hütchen
- links: Torwurf
- rechts: Körpertauschung, leichter Stoß vom Verteidiger
→ einbeinige Landung → Sprungwurf, stabiles Landen, wenn möglich auf dem Sprungbein
- Spieler stellen sich immer abwechselnd links und rechts an



Variationen:

- Sprint zum Hütchen an 9m, verschiedene Fortbewegungsarten zwischen den Hütchen (Side-Steps, Anfersen, Skippings, Ball um die Hüften kreisen etc.)

Torhüter

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Übung 7

Organisation:

- Weichbodenmatte (WBM)
- kleiner Kasten
- umgedrehte Langbank in einer Reihe aufstellen
- die Bank endet an 9m → hier steht ein Anspieler
- alle anderen Spieler mit Ball hinter die WBM

Ablauf:

- einbeiniger Sprung auf die WBM, einbeinige Landung, 2 x Sprungdrehung um 180° → Stabilisation
- beidbeiniger Sprung auf den Kasten, einbeinige Landung → Stabilisation
- Pass zum Anspieler, Balancieren über die Bank
- Rückpass → Torwurf vom Boden

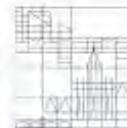


Variationen:

- auf der WBM: 3 x Sprünge vom rechten auf das linke Bein → Stabilisation
- verschiedene Sprungvarianten auf der WBM und über den kleinen Kasten

Zirkel

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Kraftzirkel

Organisation:

- 1 Deuserband
- 2 kleine Matten
- 2 kleine Kästen
- 1 Handball
- 3 Hütchen
- 1 Medizinball
- 1 Sprungseil
- 6 Stationen, 2 x 20 sec. Belastung (15 sec. Pause)
- 2er Teams; einer trainiert, der andere hat Pause



Ablauf:

1. Skippings gegen ein Deuserband (wird in Hüfthöhe vom Partner gehalten), auf Signal vom Partner: Einbeinstand
→ Stabilisation
2. Liegestütz auf einer kleinen Matte
3. Spieler springt einbeinig von einem kl. Kasten ab; fängt in der Luft einen vom Partner zugeworfenen Handball und spielt ihn zurück (Kempa); Landung beid- bzw. einbeinig → Stabilisation
4. Dreieck mit Hütchen; Abstand 3m; schnelle Abwehrbewegungen zwischen den Hütchen
5. Spieler liegt in Rücklage auf einer kleinen Matte, legt die Füße auf einem kleinen Kasten ab und hält einen Medizinball vor der Brust; kleine Wippbewegungen nach vorne; Oberkörper nicht absetzen
6. Seilspringen; Schlusssprünge, einbeinig etc.

Proprio - Zirkel

Organisation:

- 1 großer Kasten vor 1 Weichbodenmatte (WBM) an der Außenlinie
- 5 kleine Kästen, 1 – 2m Abstand in einer Reihe an der Mittellinie aufstellen
- 1 kleine Matte in die Mitte dieser Hallenhälfte
- 3 Hütchen
- Ballkorb an 9m



Ablauf:

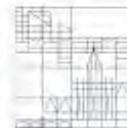
- Spieler stehen hinter dem großen Kasten ohne Ball, überwinden ihn, Landung auf der WBM
- Sprint um das erste Hütchen
- Sprung beidbeinig auf die kleinen Kästen, Landung einbeinig
→ Stabilisation
- Sprint um das zweite Hütchen
- Rolle vorwärts auf der kleinen Matte
- Sprint um das letzte Hütchen, Ball aus dem Ballkorb aufnehmen
→ Torwurf

Variationen:

- Skippings, verschiedene Sprünge auf der WBM
- verschiedene Sprungvarianten auf und über die kleinen Kästen (Schluss-, Schrittsprünge etc.)
- Rolle rückwärts, einbeinig hüpfend die Matte überqueren etc.

Zirkel

UNIVERSITÄT KONSTANZ
FB Geschichte und Soziologie
Sportwissenschaft
Sandra Rebholz
Spezifische Handball-Übungen mit integriertem
Propriozeptionstraining zur Verletzungsprophylaxe



Schnelligkeits - Zirkel

Organisation:

- 7 Hütchen versetzt im Abstand von 2m aufstellen
- 12 Reifen versetzt in einer Reihe
- 2 Hütchen im Abstand von 9m aufstellen
- Spieler hinter den Hütchen aufstellen

Ablauf:

- Hütchen im Sprint umlaufen
- In jedem Reifen 3 Skippings ausführen
- In jedem 3. Reifen eine einbeinige Kniebeuge, danach Skippings fortsetzen
- Sprint von Hütchen zu Hütchen



Variationen:

- zwischen den Hütchen: Side-steps, Hopserlauf, rückwärts laufen etc.
- einbeinig durch die Reifen springen, Schlusssprünge, Sprint durch die Reifen – eine Berührung pro Reifen
- gleiche Abläufe mit Ball