

JÜRGEN FREIWALD, STEPHAN STARISCHKA & MARTIN ENGELHARDT

Ausgewählte Aspekte der Trainingswissenschaft in der Rehabilitation orthopädisch-traumatologischer Patienten

Entwicklung der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation (OTR)

Die Rehabilitation orthopädisch-traumatologischer Patienten¹ unter Nutzung trainingswissenschaftlicher Erkenntnisse wurde Mitte der 80er Jahre aus den Bedürfnissen des Hochleistungs- und Leistungssport heraus entwickelt. Damit wurde ein Prozess in Gang gesetzt, der heutzutage nicht nur für die Rehabilitation von Sportlern als etabliertes Verfahren gilt. Die Rede ist von der Rehabilitation nach Verletzungen, bei Über- und Fehlbelastungen durch ein interdisziplinäres Team, in dem Ärzte, Sportlehrer und Physiotherapeuten zusammenarbeiten.

Bis Mitte der 80er Jahre stand in der Phase der Rehabilitation nach Sportverletzungen und nach Berufsunfällen nur die krankengymnastische Behandlung zur Verfügung. Zu dieser Zeit waren die Krankengymnasten (Physiotherapeuten) ausschließlich schulisch ausgebildet. Die Behandlungen waren von kurzen Zeiten (20 Minuten je Behandlung), zwei- bis dreimaligen Behandlungen je Woche, fehlender trainingswissenschaftlicher Fundierung und einer – zumindest für den Sportler – ungeeigneten Geräteausstattung der Praxen gekennzeichnet.

Es entstand – anfangs im Leistungs- und Hochleistungssport – eine Nachfrage, die zunächst von „Fitmachern“ mit sportwissenschaftlicher Ausbildung befriedigt wurde. Zu dieser Zeit gab es in den sportwissenschaftlichen Studiengängen noch keine Spezialisierung in Prävention und Rehabilitation mit orthopädisch-traumatologischen Bezügen. Auch Zusatzqualifikationen, z.B. über den Deutschen Verband für Gesundheitssport und Sporttherapie (DVGS) e.V., waren noch nicht etabliert. Die „Fitmacher“, letztlich Autodidakten in diesem Bereich, setzten trainingswissenschaftliches Know-how in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation (OTR) ein und passten die Trainingsbelastungen und die Behandlungszyklen an die Zielgruppe der Hochleistungs- und Leistungssportler an (Ehrich & Gebel, 1988; Freiwald, 1989). Das Training wurde täglich durchgeführt, der Trainingsumfang inkl. der adjuvanten Therapien (Physiotherapie) zog sich über mehrere Stunden hin. In das Behandlungsteam wurde der Arzt verstärkt integriert, der die Athleten

in kurzen Zeiträumen untersuchte und die Trainingsmaßnahmen anhand der Diagnose und Belastbarkeit mit gestaltete. Eine weitere Neuheit war der zunehmende Einsatz von Trainingsgeräten. Diese wurden aus dem Fitnessstudiobereich übernommen und auf die speziellen Bedürfnisse der Rehabilitation hin adaptiert. So wurden u.a. gezielt Exzenter konstruiert, eine Feinabstufung der Gewichte vorgenommen und Bewegungsbegrenzer in die Geräte eingebaut. Parallel zu dieser Entwicklung kamen neue Geräte auf den Markt, die wie z.B. die isokinetischen Diagnose- und Trainingsgeräte besonders für den Einsatz in der OTR geeignet sind.

Durch die Kombination von Training und Therapie konnten sowohl die Quote der erneuten Verletzungen als auch die Behandlungskosten nach Sportverletzungen gesenkt werden, denn die optimierte Rehabilitation der Sportler führte zur früheren Wiederaufnahme ihrer beruflichen Tätigkeit. Die Versicherer – die Berufssportler sind bei den Verwaltungsberufsgenossenschaften pflichtversichert - erkannten den Erfolg der interdisziplinär durchgeführten Therapie. Sie ist zwar zeit- und personalaufwändiger, jedoch effektiver als bisherige Verfahren. Als Konsequenz aus den Erfahrungen wurden von den Verwaltungsberufsgenossenschaften für ihre Mitglieder spezielle Abrechnungsvoraussetzungen geschaffen (*Besonders indizierte Therapie*, BiTh 1990, Dok. 418.9). 1994 wurde die BiTh in *erweiterte ambulante Therapie* (EAP) umbenannt und breiteren Gruppen von Krankenversicherten – nicht nur Hochleistungs- und Leistungssportlern – zugänglich gemacht. Diese Entwicklungen führten zur Etablierung von entsprechend ausgestatteten ambulanten Rehabilitationszentren. Mittlerweile haben sich nicht nur im ambulanten, sondern auch im stationären Bereich Trainingsmaßnahmen im Team und unter Gerätenutzung bewährt. Heutzutage gibt es kaum eine Klinik im Bereich der OTR, die nicht über eine solche Abteilung verfügt. Auch hier arbeitet ein interdisziplinäres Team, in das sich der Sportlehrer einpassen muss. Dies stellt besondere Anforderungen an die Aus- und Weiterbildung.

Gegenstandsbereich und Terminologie

Der Gegenstandsbereich, von dem in den folgenden Ausführungen gesprochen werden soll, ist die *Rehabilitation im orthopädisch-traumatologischen Gegenstandsbereich unter Nutzung trainingswissenschaftlicher Kenntnisse*. Wir gehen in Ausschnitten auf einige Aspekte ein, die die Trainingswissenschaft aus der Perspektive der OTR betreffen. Wir übernehmen dabei den Begriff der Trainingswissenschaft und die Differenzierungen zur Trainingslehre, wie sie von Hohmann, Lames & Letzelter (2002, 2003) herausgearbeitet wurden.

Trainingswissenschaft umfasst die Menge der wissenschaftlich überprüften hypothetischen Aussagen zu Training, Leistungsfähigkeit und Wettkampf (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003, S. 25).

Aspects of training theory in orthopaedic-traumatologic rehabilitation

This article emphasizes the special qualities of orthopedic rehabilitation from an exercise science point of view. Principles of exercise science and aspects of training theory are viewed in relation to the subject after a description of orthopaedic-traumatologic rehabilitation (OTR) and her relation to exercise science. It becomes clear that it is not possible to transfer the findings gathered on healthy populations to ill or injured persons without reservation. We therefore call for independent research in this field with consideration of the special circumstances.

1 Es sind immer Frauen und Männer gemeint, aus stilistischen Gründen wird nur die maskuline Form verwendet.

Trainingslehre stellt eine systematische Sammlung handlungsrelevanter Aussagen zum Training dar, die sich aus unterschiedlichen Quellen speisen, wie z.B. wissenschaftliche Untersuchungen oder Erfahrungswissen (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003, S. 25).

Bewusst haben wir die Begriffe *Sport*, *Sportwissenschaft* und *Sporttherapie* nicht verwendet, da sie unserer Auffassung nach den Gegenstandsbereich nicht abdecken (vgl. ausführlich Freiwald, 2001).

Trainingswissenschaft – Trainingslehre in der OTR

Das Bestreben, leistungssportliches Training auf eine wissenschaftlich fundierte Basis zu stellen, ist als Wurzel der Trainingswissenschaft zu sehen. Sie ist interdisziplinär angelegt. Training ist offen für alle Menschen, geeignet zur Leistungssteigerung, zum Leistungserhalt oder zur Wiederherstellung der Leistungsfähigkeit. Der Trainingsbegriff geht über die Beschreibung des eigentlichen Trainingsvollzugs hinaus. Er berücksichtigt sowohl natur- als auch geisteswissenschaftliche Perspektiven (vgl. Hohmann, Lames & Letzelter, 2002; Krug, Carl & Starischka, 2002).

Wie stellt sich die Situation im Gegenstandsfeld der OTR dar? Die Terminologie der Trainingswissenschaft und Trainingslehre ist – aufgrund der kurzen Historie des Fachs Sportwissenschaft – noch nicht elaboriert. Für den Gegenstandsbereich der OTR gilt das in verstärktem Maße. Im erst seit kurzem etablierten Tätigkeitsbereich der OTR existieren nur wenige wissenschaftlich überprüfte Aussagen. In der trainingswissenschaftlichen Forschung dominieren sportliche Bezüge, was der historischen Genese des Tätigkeitsbereichs und der Begriffsbildung entspricht.

Im Gegenstandsbereich der OTR dominieren zur Zeit Aussagen der Trainingslehre, die auf die speziellen Anforderungen im Gegenstandsbereich hin adaptiert wurden sowie Alltagstheorien erfahrener Praktiker und Meisterlehren. Am Beispiel des motorischen Lernens und der Koordination haben Freiwald & Engelhardt (2002) zeigen können, wie groß die Forschungsdefizite im Bereich der OTR sind.

Die (Alltags-)Theorien stammen meist von der Berufsgruppe der Physiotherapeuten, die Aspekte der Trainingswissenschaft und -lehre in ihre Curricula inkorporiert, und auf den Gegenstandsbereich hin adaptiert haben. Trainingswissenschaftliche Grundlagen werden auf die Zielgruppe hin adaptiert und mit einem Etikett versehen (z.B. medizinische Trainingslehre; medizinisches Aufbautraining, medizinische Trainingstherapie). Es bleibt jedoch unklar, was gemeint ist. Haben Mediziner eine Trainingslehre oder ein Aufbautraining entwickelt? Oder sind es andere Berufsgruppen, die in das Training medizinische Aspekte integrieren?

Die wissenschaftliche Fundierung des Trainings in der OTR stammt erst in letzter Zeit – wenn bisher auch nur in Ansätzen – aus dem Lager der Sportwissenschaft. Wie notwendig die wissenschaftliche Überprüfung von Alltagstheorien und Meisterlehren in der OTR ist, konnte man in den letzten Jahren an den Beispielen der Funktionsgymnastik und des Beweglichkeitstrainings im Gegenstandsfeld der Sportwissenschaft gut verfolgen.

Die Widerlegung von Grundannahmen der Trainingspraxis ist dabei nicht negativ zu sehen, denn die Falsifizierung von Aussagen führt zum Erkenntnisgewinn. Aber nicht nur die Überprüfung von Alltagstheorien und Meisterlehren ist notwendig, auch die experimentelle Generierung von Handlungswissen muss in Zukunft intensiv betrieben werden. Aber auch an dieser Stelle ergeben sich Schwierigkeiten. Wenn sich die universitären Curricula ändern, wechselt nicht das Lehrpersonal. So versucht das Lehrpersonal im Rahmen neuer präventiver und rehabilitativer Schwerpunktsetzungen den Studenten die Behandlung von Patienten unter Nutzung trainingswissenschaftlicher Prinzipien näher zu bringen. Oftmals haben die Lehrenden aber nur sehr geringe oder gar keinerlei Erfahrungen im Gegenstandsbereich, haben niemals einen Patienten aus der Nähe gesehen oder gar in einer Klinik gearbeitet. Vielfach beschränkt sich die eigene Erfahrung der Lehrenden im Gegenstandsfeld auf Stippvisiten in ambulanten oder klinischen Bereichen – meist kombiniert mit einem Vortrag über den (unbekannten) Gegenstandsbereich.

Trainingswissenschaftliche Aussagen und Prinzipien in der OTR

Im Gegenstandsbereich der OTR sind populationsspezifische Anpassungen der vorwiegend auf die sportliche Leistungsentwicklung bezogenen Erkenntnisse aus Trainingswissenschaft und Trainingslehre notwendig. Die Ergebnisse der überwiegend an gesunden Subpopulationen gewonnenen Erkenntnisse (meist Sportstudenten, Sportler verschiedener Leistungsklassen) sind nur eingeschränkt verwertbar.

„Trainingswissenschaft wurde etabliert, um zuverlässigeres (interne Validität) und verallgemeinerbareres Wissen (externe Validität) zu erhalten, als dies Trainingslehren und Meisterlehren liefern können“ (Hohmann, Lames & Letzelter, 2003, S. 6).

Der oben zitierten Aussage kann nur zugestimmt werden, sie ist jedoch auf den sportlichen Gegenstandsbereich bezogen. Der Gültigkeitsbereich ist auf den gesunden Menschen beschränkt, da bei der Generierung trainingswissenschaftlicher Wissensbestände in der Mehrzahl keine repräsentativen Zufallsstichproben oder spezifische Stichproben, die dem Klientel der OTR entsprechen, verwendet werden. Die Generierung trainingswissenschaftlicher Wissensbestände resultiert überwiegend aus der Untersuchung (junger) Sportler, die durch Interesse geleitet Sportwissenschaft studieren oder in Sportarten leistungsorientiert aktiv sind. Für den Gegenstandsbereich der OTR besteht daher die Problematik, dass die an Subpopulationen gewonnenen Erkenntnisse nicht auf andere Subpopulationen verletzter oder erkrankter Personen übertragen werden dürfen. *Für den Bereich der OTR existiert kein empirisch gestütztes Aussagen- bzw. Regel- und Methodensystem.* Auch Krug, Carl & Starischka (2002) fordern, Felder wie die Prävention und Rehabilitation verstärkt zu bearbeiten und zu fördern. Wenn man bedenkt, wie viele Leistungssportler von Verletzungen, Fehl- und Überlastungsschäden betroffen sind, würde von einer solchen Schwerpunktsetzung auch der Leistungssport profitieren. An dieser Stelle wäre auch das Bundesinstitut für Sportwissenschaft gefordert.

Validität von trainingswissenschaftlichen Prinzipien in der OTR

Kernstück der Trainingslehre sind die Trainingsprinzipien (vgl. Hohmann, Lames & Letzelter, 2002, S. 23). Trainingsprinzipien stehen schon im Leistungssport in der Kritik (Übersicht in Krug & Minow, 2002). Trainingsprinzipien, die als allgemeine Handlungsorientierungen verstanden werden sollen, sind in der OTR nur eingeschränkt nutzbar. Wenn man davon ausgeht, dass wir im Bereich der Trainingswissenschaft über elaborierte Theorien verfügen (was sicherlich eine optimistische Annahme darstellt, vgl. Krug, Carl & Starischka, 2002; Hohmann & Lames, 2002; Hartmann, 2002), dann können aus den allgemeinen Theorien im Sinne eines deduktiv-nomologischen Vorgehens spezielle Aussagen abgeleitet werden. Die so gewonnenen Vorhersagen bzw. Erklärungen müssen dann mit Hilfe empirischer Untersuchungen verifiziert werden (Bortz & Döring, 1995). Hier ergaben sich in der OTR ähnliche Probleme wie im Hochleistungssport (vgl. Freiwald, Engelhardt & Reuter, 1999, 2000; Schöllhorn, 1999). Auch in der OTR ist – analog zum Hochleistungssport – bei den zu trainierenden Personen eine hohe Individualität zu beobachten. Es fällt daher schwer allgemeine Theorien zu entwickeln. Ähnlich wie im Hochleistungssport kann daher – auf den Gegenstandsbereich der OTR und auf Trainingsprinzipien bezogen – nur mit großen Einschränkungen ein deduktiv-nomologisches Vorgehen erwogen werden. Folgend sollen beispielhaft einige Aspekte beleuchtet werden, die den relativ eigenständigen Charakter des Gegenstandsbereichs verdeutlichen.

Beispiel 1: Kontroll- und Störvariablen in der OTR

Variablen, die bei Gesunden im Allgemeinen keiner Kontrolle bedürfen, sind in der OTR sowohl für den Trainingserfolg als auch für die Sicherheit der Patienten von entscheidender Bedeutung. Als Beispiele für zu berücksichtigende Variablen seien die Beanspruchungen von Endoprothesen-Knochen-Übergängen, von operierten Gelenken und deren veränderter Biomechanik, sowie der Ausprägung von Blutwerten – z.B. Entzündungsparameter, Cortisol und Testosteron, Serumkreatinin (CK) und Hämoglobin (Hb) – genannt.

Am Beispiel von Blutparametern soll dies exemplarisch verdeutlicht werden: Bei endoprothetischer Versorgung z.B. mit einer Hüftendoprothese verliert der Patient während der Operation viel Blut. Der Volumenverlust wird mit der Gabe von Plasma und – falls notwendig – mit der Gabe von vorher gespendetem Eigenblut aufgefüllt. Trotzdem sinkt postoperativ der Hb-Wert und dadurch die Sauerstofftransportkapazität. Parallel zur Hb-Senkung entwickelt sich eine geringgradige Anämie. Folgen sind eine verminderte Ausdauerleistung, Müdigkeit und Abgeschlagenheit sowie eine verminderte Konzentrationsfähigkeit, die sich u.a. in verschlechterten Koordinationsleistungen niederschlägt.

Die Merkmalsausprägungen in den motorischen Fähigkeitsbereichen sind reduziert, die Ursachen jedoch nicht nur in einer Abnahme der organischen Leistungsfähigkeit, mangelndem Training oder einer diffusen Reduktion der Propriozeption zu suchen. Die Veränderungen sind vielmehr von Störvariablen abhängig, wie Freiwald, Engelhardt & Hörterer (noch nicht erschienen) zeigen konnten.

Die trainingsmethodischen Konsequenzen müssen sich daher wandeln. Während in der Trainingswissenschaft auf die Diagnose „verminderte Ausdauerleistungsfähigkeit“ fast reflexartig mit einem angepassten Ausdauertraining unter Anwendung etablierter Trainingsprinzipien reagiert wird, müssen in der OTR andere und weiter gehende Aspekte berücksichtigt werden. Typisch sind operations- und narkosebedingte Stoffwechsellentgleisungen, die im Normalfall als Störvariablen unberücksichtigt bleiben. Der Therapeut/Trainer muss die erhobenen Parameter nicht nur einordnen können, sondern auch die Frage stellen, ob weitere funktionsrelevante Parameter verändert sind (z.B. Blutzucker, Entzündungsparameter, Immunsystemparameter, Stressparameter, Leberenzyme, Lymphstauungen und ödematöse Schwellungen, Medikamentenwirkungen und -nebenwirkungen) und wie sich die Veränderungen auf Leistungsdiagnostik und Trainingsplanung auswirken.

Nach längerdauernden Operationen treten vielfach auch psychisch-kognitive Veränderungen auf, besonders bei älteren Patienten (temporäre Verwirrtheit). Alle diese Faktoren können ein Ausdauertraining kontraindizieren bzw. eine besondere Planung und Steuerung anhand weiterer, populationspezifischer Parameter erfordern. Neben Fragen aus dem Bereich der Inneren Medizin stellen sich ebenfalls Fragen aus dem Bereich der orthopädisch-traumatologischen Medizin und der Biomechanik. Wie stellt sich z.B. die postoperativ-biomechanische Belastbarkeit dar? Liegt eine Osteoporose vor? Liegt eine Atrophie der Muskulatur vor? Bestehen Schmerzen, die sowohl auf die Kraftentwicklung als auch auf die Koordination erheblichen Einfluss ausüben (vgl. Freiwald, Engelhardt & Reuter, 1999, 2000; Engelhardt, Freiwald & Rittmeister, 2002; Engelhardt, Freiwald, Reuter, Mortier & Huth 2000)?

Beispiel 2: Diagnostik und Planung des Krafttrainings in der OTR

Auch in anderen Bereichen motorischer Fähigkeiten – z.B. der Kraftentwicklung – gibt es Besonderheiten. So haben wir schon 1993 auf paradoxe Kraftausdauerwerte bei verletzten und operierten Sportlern hingewiesen (Freiwald, Starischka & Engelhardt, 1993). Patienten widerstehen sowohl bei dynamischen als auch isometrischen Messungen viel länger einem Kraftabfall als Gesunde bzw. Sportler. Ursache sind neuronale Einflüsse, die als Schmerz ins Bewusstsein treten können, jedoch nicht müssen. Der Patient kann postoperativ seine Muskulatur nicht vollständig aktivieren; dafür jedoch längere Zeit submaximale Kraftwerte aufrechterhalten bzw. im Verlaufe der Messung seine Kraft gar steigern. Scheinbar verfügt der Patient über eine besonders gut ausgeprägte Kraftausdauer. Die Messung ist jedoch für die von der Muskulatur abhängige Maximalkraft nicht valide. Nach Knieoperationen haben wir das Ausmaß der neurogenen Hemmungen des M. quadrizeps femoris mittels isometrischen Maximalanspannungen durch elektrische Stimulationen des N. femoralis und durch Experimente mit intraartikulär gespritzten Lokalanästhetika bestimmen können (Engelhardt, Reuter & Freiwald, 2001). Auf der Basis solcher Messungen wird deutlich, dass im Gegenstandsbereich traditionelle, aus dem sportlichen Bereich übernommene Trainingssteuerungskonzeptionen – hier die Steuerung

des Krafttrainings – ohne populationsspezifische bzw. auf das Individuum bezogene Anpassungen nicht brauchbar sind.

Beispiel 3: Kritische Beurteilung etablierter Verfahren zur Diagnostik + Planung von Trainingsprozessen in der OTR

Ein letztes Beispiel soll eine weitere Problematik in der OTR verdeutlichen. Es betrifft die Validität der Messungen. Zurzeit ist in der OTR die Thematik der *Propriozeption* en vogue (vgl. Lephardt & Fu, 2000). Gemessen wird z.B. die Propriozeption im Vergleich stabiler und instabiler Schultergelenke. Eingesetzt werden Winkelreproduktionstestungen (Jerosch, 2000). Als Messtechnik werden handelsübliche isokinetische Diagnose- und Testgeräte verwendet. Wer sich mit den Geräten auskennt, weiß um den vom Hersteller angegebenen Messfehler von 1 Grad [°]. Kenner wissen auch, dass der Messfehler durch die schon nach kurzer Benutzung mechanisch ausgeleiteten Gelenke nochmals bis zu weiteren 6 Grad [°] ausmacht. Wenn nun in internationalen Publikationen von signifikant besseren oder schlechteren Werten für die Propriozeption der Schultergelenke gesprochen wird (trifft auch auf andere Gelenke zu), und es sich um numerische Differenzen von ca. 1 bis 5 Grad [°] handelt, dann bewegen sich die Messungen gerade im Bereich der Messfehler. Die Resultate sind nicht ernst zu nehmen.

Ein weiteres Problem liegt darin, dass bei Winkelreproduktionstests nicht etwa die Propriozeption (Tiefensensibilität, z.B. durch Golgi-Organ, Muskelspindeln, Gelenkrezeptoren) erhoben wird. Um die Propriozeption zu erheben, müssten die Rezeptorenladungen der Rezeptoren als Aktionspotentiale direkt am Rezeptor oder summarisch auf höherer Ebene (axonal, spinal) erhoben werden. Das wird nicht getan. Vielmehr wird eine komplexe Bewegungshandlung biomechanisch mit untauglichem Instrumentarium vermessen, die nur zu einem nicht exakt differenzierbaren Teil von der Fähigkeit zur Tiefensensibilität abhängt. Die Grundsätze der Validität sind verletzt. Aus solchen Messungen Empfehlungen zum *propriozeptiven Training* abzuleiten, ist wissenschaftlich nicht begründbar, zumal Propriozeptoren nach heutigem Kenntnisstand nicht trainierbar sind.

Zusammenfassung und Ausblick

Bisher wird im Gegenstandsbereich ein 'Umschreiben der Trainingswissenschaft und Trainingslehre' versucht. Ein dem eigenständigen Gegenstandsbereich angemessenes, auch experimentelles Vorgehen ist noch unzureichend vorhanden. Es existiert nicht einmal – wie in der Sportwissenschaft konstatiert – ein Theorie-Praxis Graben (vgl. Roth, 1996), da im Gegenstandsbereich keine elaborierte Theorie existiert.

Trotz aller Kritik: Die praktischen Erfahrungen der Autoren zeigen, dass schon viel gewonnen wäre, wenn im Gegenstandsbereich der OTR die im Sport bewährten Trainingsprinzipien zunächst einmal als orientierende Grundlagen umgesetzt und kursierende Meisterlehren kritisch hinterfragt würden.

Durch den Beitrag wollten wir verdeutlichen, dass der Gegenstandsbereich der OTR zwar keine 'neue Trainingswissenschaft' erfordert, die Erkenntnisse und Aussagen der Trainingswissenschaft und deren praktischen Umsetzungen aber auf den Gegenstand der OTR be-

zogene Anpassungen erfahren müssen. Dazu gehören u.a. Bestimmungen der konkreten Zielstellungen der Patienten (keine primär sportlichen, sondern auf die Bewältigung des Alltags gerichtete Zielstellungen) und eine Umsetzung der trainingswissenschaftlichen Erkenntnisse unter teils pathophysiologischen und pathobiologischen Randbedingungen. Dazu gehört z.B. die Frage, wie Patienten trainiert werden können, deren Anpassungsreserven durch die Erkrankung, Verletzung oder Operation weitgehend ausgeschöpft sind.

Trainingspraktisches Handeln in der OTR muss verstärkt durch Forschung unterlegt werden. Benötigt werden trainingswissenschaftliche Experimente im Gegenstandsfeld mit interner Validität. Als geeignete Forschungsstrategien bieten sich zur Bewertung von Interventionen zum einen Strategien der Evaluationsforschung mit hoher Praxisrelevanz an, zum anderen Anwendungsforschung im Feld zur Erhebung technologischer Regeln. Grundlagenorientierte Forschungen im Labor zur Generierung von Gesetzen und von Hintergrundwissen werden in der eher anwendungsorientierten Trainingswissenschaft die Ausnahme bilden. Durch die hohe Individualität und Instabilität der untersuchten „Systeme“ (Patienten im biokybernetischen Sinne) müssen in der OTR die Messzeitpunkte noch engermaschiger als in anderen Gegenstandsbereichen gewählt werden. Variablen, die in z.B. sportlichen Anwendungsfeldern ohne große Bedeutung sind, da sie im Rahmen normativer Bereiche schwanken, sind im Gegenstandsbereich der OTR explizit zu erheben, da sie außerhalb normativer Bereiche mit bisher nicht vollständig aufgeklärten Wechselwirkungen das Befinden, die Trainierbarkeit, aber auch die Risiken der Patienten beeinflussen. Es können Ergebnisse erwartet werden, die auch für leistungssportliche Aspekte von Bedeutung sind.

Ein weiterer, von uns zurzeit bearbeiteter Schwerpunkt ist die Aufklärung der inneren Zusammenhänge von Systemvariablen (Biokybernetik), die auf unterschiedlicher Komplexitätsebene erhoben werden (Artifizielles Mehrebenenmodell). Im Rahmen eines solchen Vorgehens werden auf verschiedenen, vorher definierten Ebenen (Interpersonale Ebene, Meta-, Makro-, Meso- und Mikroebene) quantitative (z.B. Blutwerte, EMG, Kraft- und Beweglichkeitswerte, etc.) und qualitative Werte (z.B. phänomenologische Beurteilung von Gangmustern, Selbstreflexionen) erhoben und folgend die inneren Beziehungen berechnet (Freiwald, 2003). Die ersten Ergebnisse zeigen den hohen heuristischen Wert dieser Vorgehensweise, die nicht nur auf physiologisch-quantitative Parameter rekurriert.

Wie im Leistungssport muss zukünftig auch in der OTR die Individualität der Patienten mehr Beachtung finden (vgl. u.a. Schöllhorn, 1999). Normative Modelle und Werte können – wenn überhaupt – nur als Orientierung dienen. Selbstorganisierende Prozesse führen zur Veränderung normativer Werte und im optimalen Falle zur Kompensation defizitärer Teilfunktionen, so dass das Gesamtsystem funktionsfähig bleibt bzw. wird. Es stellt sich also nicht die Frage, wie man durch geeignete Trainingssteuerung in Teilfunktionen wieder in normative Bereiche kommt, sondern welche Abweichungen von normativen Teilfunktionen die Integrität und Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems garantieren. Auch an dieser Stelle wird deutlich, dass deterministisch-kausale

Betrachtungen und Prognosen – wie sie in der Praxis typischerweise anzutreffen sind – für die Betrachtung und Steuerung komplexer Systeme ungeeignet sind, alleine aufgrund zeitlicher Verzögerungen, Pufferungen und Rückkopplungen.

Die personale Kompetenz des Sportlehrers in der OTR muss den Anforderungen im Gegenstandsfeld entsprechen. Aus trainingswissenschaftlicher Perspektive muss der Sportlehrer im Gegenstandsfeld im interdisziplinären Team Parameter erheben, interpretieren und in ihren Wechselwirkungen reflektieren, die in anderen sportlichen Anwendungsfeldern keine vorrangige Bedeutung besitzen. Dazu zählen physiologische Größen und invasive Parameter, die z.B. auf Übertrainingszustände hinweisen, die in der OTR aufgrund vielfach ausgeprägter Funktionsreserven sehr schnell auftreten.

Literatur

- Bös, K. & Brehm, W. (Hrsg.) (1998). *Gesundheitssport. Ein Handbuch*. Schorndorf: Hofmann.
- Ehrich, D. & Gebel, R. (1988). *Aufbautraining nach Sportverletzungen*. Münster: Philippka.
- Engelhardt, M., Freiwald, J., Reuter, I., Mortier, J. & Huth, D. (2000). Beeinflussung der Sportfähigkeit durch neuromuskuläre Veränderungen nach Trauma und Operation am Kniegelenk. *Arthroskopie*, 13, 302-306.
- Engelhardt, M., Freiwald, J., & Rittmeister, M. (2002). Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandplastik. *Der Orthopäde*, 31, 791-798.
- Engelhardt, M., Reuter, I. & Freiwald, J. (2001) Alterations of the Neuromuscular System after Knee Injury. *European Journal of Sports Traumatology and related research*, 23 (2), 75-81.
- Freiwald, J. (1989). *Prävention und Rehabilitation im Sport*. Reinbek: Rowohlt.
- Freiwald, J. (2001). Zum Thema Sport oder Bewegung. *dvs-Informationen*, 16 (2), 43.
- Freiwald, J. (2003). Das Mehrebenenmodell in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation. Eingereicht z. Publikation.
- Freiwald, J. & Engelhardt, M. (2002). Stand des motorischen Lernens und der Koordination in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation. In: *Sportorthopädie – Sporttraumatologie*, 18, 5-11.
- Freiwald, J., Engelhardt, M. & Hörterer, H. (noch nicht erschienen). *Bewegungswissenschaft in der orthopädisch-traumatologischen Rehabilitation*. München: Urban & Fischer.
- Freiwald, J., Engelhardt, M. & Reuter, I. (1999). Neuromuscular and motor system alterations after knee trauma and knee surgery. A new paradigm. In M. Lehmann, C. Foster, U. Gastmann & H. Keizer (Eds.), *Overload, Performance Incompetence, and Regeneration in Sport* (S. 81-100). New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.
- Freiwald, J., Engelhardt, M. & Reuter, I. (2000). Ist die Interpretation biomechanischer Parameter von Bewegungsstrukturen noch zeitgemäß? Sportliche, präventive und rehabilitative Bezüge. In K. Nicol & K. Peikenkamp (Hrsg.), *Apparative Biomechanik – Methodik und Anwendungen* (Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft, 115) (S.119-144), Hamburg: Czwalina.
- Freiwald, J., Starischka, S. & Engelhardt, M. (1993). Rehabilitatives Krafttraining. Überlegungen zum Krafttraining – Neue Ansätze zur Anwendung und Diagnostik im klinischen Bereich. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 44, 368-378.
- Haken, H. (1990). *Synergetik. Eine Einführung*. Berlin: Springer.
- Hartmann, U. (2002). Zum Stand der Entwicklung der Trainingsprinzipien aus der Sicht der Ausdauersportarten – Grundlegende Aspekte und Stellenwert der Trainingsprinzipien im Sport. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 49-64). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Hohmann, A. & Lames, M. (2002). Der propositionale Gehalt der Trainingsprinzipien und ihr Beitrag zu modernen Konzepten der Trainingssteuerung. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 29-42). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2002). *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Wiebelsheim: Limpert.
- Hohmann, A., Lames, M. & Letzelter, M. (2003). Trainingswissenschaft und Trainingslehre – Popper und die Russen. *Leistungssport*, 33 (1), 5-10.
- Jerosch, J.G. (2000). Effects of Shoulder Instability on Joint Proprioception. In: S.M. Lephart & F.H. Fu (Eds.), *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability* (S. 247-264). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Krug, J. & Minow, H.-J. (2002). *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Krug, J., Carl, K. & Starischka, S. (2002). Der Einfluss der Trainingslehre von Harre auf die Trainingswissenschaft. In J. Krug & H.-J. Minow (Hrsg.), *Trainingsprinzipien – Fundament der Trainingswissenschaft* (S. 15-28). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Lephart, S.M. & Fu, F.H. (Eds.) (2000). *Proprioception and Neuromuscular Control in Joint Stability*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Roth, K. (Hrsg.) (1996). *Techniktraining im Spitzensport. Alltags-theorien erfolgreicher Trainer*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Schmalz, T., Freiwald, J., Greiwing, A., Köcher, L., Ludwig, H. & Blumentritt, S. (2001). Mechanical and electromyographical gait parameters in the course of rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sports Traumatology and Related Research*, 23 (4), 146-151.
- Schöllhorn, W.I. (1999). Individualität – ein vernachlässigter Parameter? *Leistungssport*, 29 (2), 5-12.
- Schüle, K. & Huber, G. (Hrsg.) (2000). *Grundlagen der Sporttherapie*. München: Urban & Fischer.
- Vester, F. (2002). *Die Kunst, vernetzt zu denken*. München: dtv.

Prof. Dr. Jürgen Freiwald
(Anschrift: siehe Seite 7)

Prof. Dr. Stephan Starischka
Universität Dortmund
Institut für Sport und seine Didaktik
Otto-Hahn-Str. 3
44227 Dortmund
eMail: starischka@sport.uni-dortmund.de

PD Dr. Martin Engelhardt
Städtische Kliniken Bielefeld, Orthopädische Klinik
Teutoburger Str. 50
33604 Bielefeld
eMail: martin.engelhardt@sk-bielefeld.de



sport goes media – Zwischen Tradition und Vision

16. Sportwissenschaftlicher Hochschultag der dvs

21.-23. September 2003 · Münster

Informationen unter www.dvs2003.de

