

Aus der orthopädischen Klinik  
des St. Josef-Hospitals Bochum -Universitätsklinik-  
der Ruhr-Universität Bochum  
Direktor: Prof. Dr. med. J. Krämer

---

**Ein Bewegungsprogramm (BISFR) zur Therapie von Rückenschmerzen**

Eine prospektive, kontrollierte Studie zur Effektivität des  
„Bewegung im schmerzfreien Raum“- Programms  
bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung des Doktorgrades der Medizin  
einer  
Hohen Medizinischen Fakultät  
der Ruhr-Universität Bochum

vorgelegt von  
Peter Dietrich  
aus Bergneustadt  
2001

Dekan: Prof. Dr. med. G. Muhr  
Referent: Prof. Dr. med. J. Krämer  
Korreferent: Prof. Dr. med. C. Meier

Tag der Mündlichen Prüfung: 05.06.2003

Meiner Familie

## Inhaltsverzeichnis

		Seite
1	<b>Einleitung</b>	1
1.1	Bedeutung von Rückenschmerzen	1
1.2	Therapie von chronischen Rückenschmerzen durch Bewegung	2
1.3	BISFR-Programm	3
1.4	Ziele der Arbeit	4
2	Grundlagen	4
2.1	Anatomische Grundlagen	4
2.2	Physiologische Grundlagen	5
2.3	Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule	6
2.3.1	Bandscheibenprotrusion und –prolaps	6
2.3.2	Veränderung der Wirbelgelenke	7
2.3.3	Spinalkanalstenose	8
2.3.4	Wirbelgleiten	8
2.3.5	Muskelhartspann	9
2.3.6	Prädisponierende Erkrankungen	9
2.3.7	Iatrogene Beschwerden	9
2.4	Schmerz	10
2.4.1	Definition	10
2.4.2	Nozizeption	12
2.4.2.1	Schmerzbeeinflussung durch Endorphine	15
2.4.2.1.1	Endorphinmessung	16
2.4.2.1.2	Endorphinausschüttung bei Sport und Bewegung	17
2.4.3	Schmerzmodelle	17
2.4.3.1	Die Spezifitätstheorie	18
2.4.3.2	Die Patternthorie	18

2.4.3.3	Die Gate-Control-Theorie	19
2.4.3.4	Neuronale Plastizität	21
2.4.4	Schmerzmessung	22
2.4.4.1	Objektive Schmerzmessung	23
2.4.4.2	Subjektive Schmerzmessung	24
2.4.4.2.1	Schmerzintensität	24
2.4.4.2.2	Schmerzqualität	25
2.5	Sport und Bewegung in der Schmerztherapie	25
2.6	„Geradeaussportarten“	27
2.6.1	Laufen	27
2.6.2	Skilanglauf <i>klassischer Stil</i>	28
2.6.3	Schwimmen	28
2.6.4	Radfahren	29
2.6.5	Walking	30
2.6.6	Gehen unter Entlastung	30
2.6.7	Skating	31
2.6.8	Gymnastik	31
2.6.9	Wassergymnastik/Aquajogging	31
2.6.10	Armjogging	32
3	Material und Methoden	33
3.1	Studiendesign	33
3.2	Gruppenmerkmale	33
3.2.1	Testgruppe	36
3.2.2	Kontrollgruppe	36
3.3	Messinstrumente	36
3.3.1	Messzeitpunkte	36
3.3.2	Sport- und Bewegungsanamnese	37
3.3.3	Orthopädische Untersuchung	37

3.3.4	BISFR-Programm	37
3.3.5	Tagebücher	39
3.3.6	Bewegungspunkte	41
4	Ergebnisse	42
4.1	Fehlende Daten	42
4.2	Ausgangsdaten	43
4.2.1	Diagnosen	45
4.2.2	Neigungssportarten	45
4.3	Abschlussdaten	47
4.3.1	Schmerz	47
4.3.2	Bewegungspunkte	48
4.3.3	Varianzen zwischen Gruppen	50
4.3.3.1	Varianzen der beiden Kontrollgruppen	50
4.3.3.2	Varianzen zwischen den Patienten welche die Tagebücher zurücksandten und den telefonisch befragten Patienten	50
4.3.3	Schmerzmittel	51
4.3.4	Korrelation Bewegung – Schmerz	53
4.3.5	Korrelation Sportlichkeit – Bewegungspunkte	54
5	Diskussion	54
6	Literaturquellen	61

# 1 Einleitung

## 1.1 Bedeutung von Rückenschmerzen

Chronische Schmerzen sind für den Einzelnen wie auch für die Gesellschaft von großer Bedeutung.

Mehrere internationale Studien zeigen, dass in den Industrieländern ca. ein Drittel der Bevölkerung an dauernden oder wiederkehrenden Schmerzen leidet (MAYER et al., 1987; an KORFF et al., 1990). KOHLMANN (1991) erklärt, dass 2,4 % der Befragten an 31-180 Tagen jährlich durch ihre Schmerzen stark beeinträchtigt seien. Das Mafo-Institut stellte bei einer Untersuchung an 4000 erwachsenen Bürgern in Deutschland fest, daß innerhalb der letzten sechs Monate 30 % an Kopfschmerzen, 30% an Schmerzen des Bewegungsapparates, 25% an Schmerzen bei Erkältungskrankheiten und 30 % keine Schmerzen litten (ZIMMERMANN, 1994)

Im *Nuprin Pain Report* wird angegeben, dass für die erwachsene US-Bevölkerung ca. vier Milliarden Lebenstage pro Jahr (23 Tage pro Einwohner) ermittelt wurden, die durch Schmerzen beeinträchtigt sind (TAYLOR, 1985).

RASPE und ZINK (1992) sprechen hinsichtlich der Rückenschmerzen in unterschiedlichen Stichproben von einer Punktprävalenz von 30 % in der Bundesrepublik Deutschland. Ungefähr 80% der Bevölkerung leiden mindestens einmal in ihrem Leben unter akuten Rückenschmerzen (BERGER-SCHMITT et al., 1996, BROWN et al., 1998).

Auch die volkswirtschaftliche Bedeutung des Themas „chronische Schmerzen“ – insbesondere Rückenschmerzen - hat in den letzten Jahren zugenommen. Fast alle Industrienationen werden mit einer stetig steigenden Zahl an Rückenschmerzpatienten konfrontiert. Die dadurch entstehenden enormen Kosten belasten erheblich die Gesundheitssysteme (NACHEMSON, 1992; FRYMOYER, 1993).

Nach Zahlen der deutschen Rentenversicherungsträger waren 1989 Dorsopathien die zweithäufigste ambulante Diagnose. 50 % aller Rehabilitationsmaßnahmen in diesem Jahr wurden für Patienten mit Rückenbeschwerden durchgeführt. Die wirtschaftlichen Folgen von Rückenschmerzen sind beträchtlich, wobei offensichtlich 8-10 % der Patienten 80 % der Kosten verursachen (Report of the Quebec Task

force on Spinal Disorders, 1987). In Deutschland führen Dorsopathien zu den meisten Krankenhausaufenthalten und machen 17 % aller Neuzugänge der Berufs- und Erwerbsunfähigkeitsrenten aus und verursachen nahezu 40 % aller stationären Kur- und Rehabilitationsmaßnahmen (RASPE, 1994).

## **1.2 Therapie von chronischen Rückenschmerzen durch Bewegung**

In der letzten Zeit wird Schmerz immer mehr als multidimensionales Phänomen betrachtet. Neben rein organisch sensorischen Aspekten müssen auch die Motivation, sowie affektive und kognitive Komponenten berücksichtigt werden (PFINGSTEN, 1997).

Besonders beim persistierenden Schmerz wird der nozizeptive Einfluss geringer und die anderen Komponenten werden gewichtiger (TURK et RUDY, 1991).

Es scheint wichtig zu sein, den Patienten aus einer passiven external bestimmten Rolle in eine aktive, den Schmerz beeinflussenden Rolle zu bringen. In einer Meta-Analyse über Schmerzbewältigung fanden JENSEN et al. (1991) übereinstimmende Trends:

Patienten, die glauben den Schmerz kontrollieren zu können (COUNCIL et al., 1988), die katastrophieren vermeiden (MAIN u. WADDEL, 1991) und die meinen, dass sie nicht stark behindert seien, (JENSEN et al., 1987) können Schmerz besser bewältigen.

MAYER und GATSCHEL (1988) sowie HAZARD et al.(1994) betonen, dass suffiziente therapeutische Maßnahmen - neben biologischen - auch psychologische und soziale Aspekte der „multifaktoriellen Krankheit Rückenschmerz“ betreffen sollten.

HILDEBRANDT (1997) berichtet über die Effektivität des „Göttinger Rücken Intensiv Programms“ (GRIP) das von 1990 bis 1995 im Zentrum Anaesthesiologie der Universität Göttingen angeboten wurde und seit 1999 wieder durchgeführt wird. Hier werden Muskelfunktionstraining, Koordinationsübungen und Bewegungstraining in ein Therapiekonzept integriert.

MANNION (1999) zeigte in einer randomisierten Studie wie mittels Physiotherapie, medizinischer Trainingstherapie oder Aerobic gleichermaßen eine Reduktion der Schmerzintensität und –häufigkeit erzielt werden konnte.



### 1.3 BISFR-Programm

Das „Bewegung im schmerzfreien Raum“ (BISFR) Konzept geht von der Beobachtung aus, dass Bewegung Schmerzen verringert (KRÄMER und NENTWIG, 1999). Voraussetzung sind Bewegungen, die den Schmerz nicht verstärken.

Das BISFR-Programm unterscheidet sich von der krankheitsbezogenen Physiotherapie (Krankengymnastik) durch folgende Punkte:

- Es sollen nicht primär Muskeln gekräftigt oder Gelenke mobilisiert werden.
- Die Bewegung kann entfernt vom Schmerz stattfinden.
- Die Bewegungen erfolgen hauptsächlich dynamisch und nicht isometrisch.

Da Patienten mit starken und multilokulären chronischen Schmerzen nur wenige Bereiche des Bewegungssystems schmerzfrei aktivieren können, stellen die Betroffenen oft jegliche körperliche Aktivität, besonders Sport und Gymnastik ein.

Auf der anderen Seite berichten Schmerzpatienten immer wieder, dass sie insgesamt weniger Schmerzen hätten, wenn sie sich mehr bewegten. Diese Patienten haben aus Erfahrung herausgefunden, welche Bewegungen ihnen gut tun und welche auch nach der Aktivität keine weiteren Schmerzen hinterlassen. So lautet auch die erste Rückenschulregel: Du sollst dich bewegen.

Das BISFR-Programm wird durch Bewegung schlechthin gekennzeichnet. In Frage kommen dynamische Bewegungen mit isotonischer Muskelarbeit, die lokal und generalisiert den Stoffwechsel anregen. Prinzipiell wirbelsäulen- und gelenkfreundlich gelten Bewegungsabläufe, die unter vollständiger oder teilweiser Entlastung des bewegten Skelettabschnitts stattfinden. Dabei bewegen sie das Gelenk gleichmäßig im idealen Bewegungsspielraum und wirken somit ohne Kapselanspannung, Drehbewegung und asymmetrischer Krafteinleitung.

Somit wird das BISFR-Programm durch dynamische so genannte Geradeaussportarten geprägt. Diese sind vor allem Gehen (Walking), Schwimmen, Laufen, Rad fahren und Ähnliches (z.B. Skilanglauf, Armrudern).

Wichtige Komponenten könnten im psychologischen Bereich liegen:

Einer externalen Kontrollüberzeugung könnte dadurch entgegengewirkt werden, dass der Patient selbst etwas gegen seinen Schmerz unternimmt. Der Patient würde aus einer passiven, hilflosen Lage in eine aktive Rolle gelangen. Ein zusätzlicher Motivationsfaktor wäre das Sammeln von „Bewegungspunkten“.

Der sozialen Isolation wird möglicherweise vorgebeugt, besonders wenn die Bewegung in Gesellschaft durchgeführt wird.

Die Lebensfreude könnte gesteigert werden, Depressivität und Ängstlichkeit würde entgegengewirkt.

#### **1.4 Ziele der Arbeit**

Die Studie sollte prüfen, ob ein gezieltes Bewegungsprogramm bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen praktikabel sei und den Schmerz reduzieren helfe.

Zudem wurde untersucht, ob Sport und Bewegung den Schmerzmittelgebrauch der Patienten senken könne.

## **2 Grundlagen**

### **2.1 Anatomische Grundlagen**

Das Achsenskelett des Rumpfes wird durch die Wirbelsäule gebildet. Sie besteht aus 33-34 Wirbeln mit den Zwischenwirbelscheiben. Die Wirbelkörper stehen über verschiedene Strukturen in Kontakt. Jeweils zwei Wirbel sind über Zwischenwirbelgelenke, auch Facettengelenke genannt, beweglich verbunden. Die Facettengelenke befinden sich an den Wirbelbögen und haben je nach Wirbelsäulenabschnitt unterschiedlich ausgerichtete Artikulationsflächen. Somit ist die Wirbelsäulenbeweglichkeit in den unterschiedlichen Abschnitten determiniert. Die Ausrichtung der Gelenke ändert sich im Laufe der ersten Lebensjahre.

Beim Fötus sind die Facettengelenkflächen annähernd dachziegelartig übereinandergelagert und frontal gestellt. Erst beim Kleinkind nehmen sie allmählich die für den Erwachsenen typische Stellung ein.(TÖNDURY , TILLMANN, 1987)

Im Bereich der Halswirbelsäule sind die Gelenkflächen in der Frontalebene ausgerichtet. Daraus resultiert als Hauptbewegungsrichtung Vor- bzw. Rückneigung und Seitneigung.

Die Gelenkflächen der Brustwirbel liegen dagegen wie auf einem Mantel eines Zylinders, so dass hauptsächlich eine Rotationsbewegung möglich ist. Die Ausrichtung der Gelenke an der Lendenwirbelsäule ist sehr variabel, jedoch liegen sie eher parallel zur Sagittalebene. Die Hauptbewegungsrichtung der Lendenwirbelsäule ist eine Beugung oder Streckung (PLATZER, 1986).

Stabilität wird der Wirbelsäule durch Bänder und Muskeln verliehen. Die Längsbänder verlaufen vor und hinter den Wirbelkörpern vom Hinterhauptbein bis zum Kreuzbein. Das vordere Längsband steht mit den Wirbeln, das hintere Längsband mit den Bandscheiben in fester Verbindung. So begrenzen die Bänder zum einen den Bewegungsumfang der Wirbelsäule bei der Ventralflexion bzw. der Dorsalextension und zum anderen schützen sie durch ihre Anheftung an die Zwischenwirbelscheibe dieselbe.

Etliche Muskeln und Muskelgruppen stabilisieren und bewegen die Wirbelsäule. Fast jeder Muskel des Körpers hat Einfluss auf die Wirbelsäule durch deren zentrale Lage. Einen besonders engen Bezug zur Wirbelsäule hat die autochthone Rückenmuskulatur. Hierunter subsumiert man alle Muskeln, die von den Rami dorsales der Spinalnerven innerviert werden.

Die Gesamtheit der Strukturen, über die zwei Wirbel miteinander in Verbindung stehen, wird - zusammen mit der oberen bzw. unteren Hälfte der jeweiligen Wirbel - als Bewegungssegment bezeichnet. (JUNGHANS, 1951)

Die Zwischenwirbelsäule besteht aus einem Faserring (Anulus fibrosus), der einen gallertartigen Kern (Nucleus pulposus) umgibt.

## **2.2 Physiologische Grundlagen**

Die Grundsubstanz der Bandscheibe besteht vorwiegend aus Glykoproteinen und hochmolekularen Polysacchariden. Diese werden aus Aminosäuren, Salzen, Glucose und Wasser synthetisiert. Charakteristisch für die Glykoproteine ist eine starke Wasseranziehungskraft und eine hohe Viskosität. Ein Großteil der Polysaccharide

sind Mukopolysaccharide wie Hyaluronsäure, Chondroitinsulfat, Keratansulfat und Heparin; welche ein polymorphes, dreidimensionales Gitter bilden. Das Gitter ist für die Viskosität der Bandscheibe mitverantwortlich.

Die Bandscheibe ist die Kapillarversorgung betreffend ein braditrophes Gewebe, nicht aber auf den Stoffwechsel bezogen (KRÄMER, 1986).

Der Füllungsdruck der Bandscheibe wechselt durch Belastung und Ruhe. Wird Wasser ausgepresst, steigt anschließend die Konzentration der osmotisch wirksamen Teilchen an, bis wieder ein Gleichgewicht hergestellt ist (KOLDITZ et. al., 1985).

Wechselnde Belastung ernährt die Bandscheibe. Besonders gering ist die Nutrifikation bei stetig hohem Druck (KRÄMER, 1986). In prolabierte Bandscheiben fand man einen deutlich geringeren Gehalt an Glykosaminoglykanen als in altersentsprechenden Bandscheiben. (OLCZYK, 1994) Somit wirkt eine dynamische Bewegung wie bei Geradeausportarten als Prophylaxe für degenerative Bandscheibenerkrankungen. Der Druck auf die Bandscheibe ist beim Joggen geringer als beim Sitzen - Verschiedene Körperhaltungen bewirken verschiedene Druckbelastungen auf die Bandscheibe: Liegen: 150 –200 Newton, Stehen: 1000 Newton und Sitzen: 1500 Newton (NACHEMSON, 1966).

## **2.3 Degenerative Erkrankungen der Wirbelsäule**

Degenerative Veränderungen der Wirbelsäule können an unterschiedlichen Teilen des Bewegungssegmentes vorkommen. Im weiteren Verlauf der Erkrankung werden in der Regel die anderen Teile des Segments oder auch andere Bewegungssegmente mit betroffen.

### **2.3.1 Bandscheibenprotrusion und –prolaps**

Die Bandscheibe wird beim Fötus durch Blutgefäße ernährt. Bis zum vierten Lebensjahr bilden sich die Gefäße vollständig zurück (TÖNDURY, 1958). Die Ernährung der Zellen und Fasern im Bandscheibeninneren erfolgt dann

hauptsächlich durch Diffusion, aber auch durch druckabhängige Flüssigkeitsverschiebung (KRÄMER, 1973). Die Nährstoffe und Salze müssen dabei eine lange Wegstrecke überwinden. Deshalb setzen Degenerationen sowie Verschleißerscheinungen schon frühzeitig ein. Der Wassergehalt des Nucleus pulposus nimmt ab, der Anulus fibrosus wird rissig und ein Teil des Gallertkerns kann nach außen gepresst werden (DEBRUNNER, 1983). Dieses Vortreten des Bandscheibengewebes bei plötzlicher Belastung geschieht am häufigsten ab dem dritten Lebensjahrzehnt bis zum 50. Lebensjahr, wenn der Quelldruck im Nucleus noch erhöht ist.

Von einer Protrusion spricht man, wenn Anteile des Gallertkerns in Risse des Anulus eindringen, der Faserring aber nicht durchbrochen wird. Eine solche Vorwölbung kann gegen das hintere Längsband drücken und dort sensible Fasern des Ramus meningeus der Spinalnerven reizen.

Als Prolaps bezeichnet man hingegen eine intradiskale Massenverschiebung mit kompletter Zerreißung des Faserringes und Eindringen des Bandscheibengewebes in den Epiduralraum. Von einem Sequester spricht man, wenn der Vorfall seine Verbindung zur Bandscheibe verliert.

Je nach Größe, Konsistenz und Lage kann ein Bandscheibenvorfall Nervenwurzeln oder das Rückenmark komprimieren und reizen. Dies kann zu Schmerzen, Sensibilitätsstörungen und Lähmungen führen. Die Höhenminderung der Zwischenwirbelscheibe und die relative Sklerosierung der angrenzenden Wirbelkörperdeckplatten nennt man Osteochondrose.

### **2.3.2 Veränderung der Wirbelgelenke**

Wie oben erwähnt, spielen die Facettengelenke für die Funktion der Wirbelsäule eine besondere Bedeutung. Als verzapfte Scharniergelenke lassen sie nur bestimmte Bewegungen zu. Mögliche Veränderungen reichen von einfachen Dysfunktionen im Sinne von „Blockaden“ über Hypermobilisationen - hervorgerufen durch bandscheibenbedingte Segmentlockerungen - bis zu erheblichen Arthrosen der Wirbelgelenke. Hier können schon physiologische Bewegungsmuster durch Reizung der Gelenkkapselnozizeptoren zu erheblichen Schmerzen führen. Selektiv sind

Wirbelgelenke normalerweise nur an der oberen Halswirbelsäule betroffen. In den übrigen Wirbelsäulenabschnitten verläuft eine Arthrose der Facettengelenke parallel zu den Veränderungen des Bewegungssegmentes (COTTA, 1984).

Auch Dysfunktionen im Bereich des Iliosakralgelenkes können zu erheblichen Beschwerden führen. Diese können lokal auftreten, teilweise aber auch in das Bein ausstrahlen.

### **2.3.3 Spinalkanalstenose**

Eine Facettengelenkvergrößerung, z.B. durch Arthrose hervorgerufen, eine Hypertrophie der Bänder oder andere einengende Prozesse können zu einer Stenosierung des Spinalkanals führen. Ab einem gewissen Stenosegrad verspürt der Patient bei dieser schleichenden Veränderung eine oft radikuläre Beschwerdesymptomatik mit Einschränkung der beschwerdefreien Gehstrecke. Diese spinale „Schaufensterkrankheit“ kann durch Erweitern des Wirbelkanals mittels Kyphosierung kurzfristig gebessert werden.

### **2.3.4 Wirbelgleiten**

Bei einer Überbeanspruchung der Wirbelsäule und entsprechender Disposition kann es - in der Regel in der Lendenwirbelsäule - zu einer Spaltbildung im Gelenkfortsatz des Wirbelbogens kommen, welche man als Spondylolyse bezeichnet.

Prädisponierend sind Sportarten, die stark in der Lordose ausgeübt werden (Turnen, Gewichtheben, Delfinschwimmen, Showakrobatik etc.). Der Wirbelkörper kann dann den Halt verlieren und mit dem darüberliegenden Wirbelsäulenabschnitt nach vorne gleiten (KRÄMER, 1989). Ein solches Abgleiten bezeichnet man als Spondylolisthese. Spondyloptose nennt man das vollständige Abrutschen des oberen Wirbelsäulenabschnittes. Durch die angesprochene Verschiebung können ebenfalls Nervenwurzeln komprimiert werden.

### **2.3.5 Muskelhartspann**

Die Schmerzen, die durch den Verschleiß der Facettengelenke, aber auch durch eine Nervenwurzelreizung entstehen, führen oft zu einer Schonhaltung, die sich in Muskelverhärtungen der paravertebralen Muskulatur ausdrücken kann. Dieser Hartspann unterhält dann oft die Schmerzen im Sinne eines *circulus virtiosus*. Sind Muskeln der unteren Extremität betroffen, wie beim Muskulus piriformis-Syndrom, können die Schmerzen pseudoradikulär ausstrahlen.

### **2.3.6 Prädisponierende Erkrankungen**

Bei nachfolgenden Erkrankungen werden degenerative Veränderungen der Wirbelsäule häufiger beobachtet. Die gesamte Wirbelsäulenstatik kann sich durch pathologische Frakturen bei Metastasen oder Osteoporose verändern. Ebenso können traumatische Frakturen oder Wirbelkörperveränderungen bei Knochentuberkulose zu Dysfunktionen führen.

Angeborene Wirbelasymmetrien wie kongenitale Skoliosen, Übergangswirbel - aber auch juvenile Aufbaustörungen wie der Morbus Scheuermann, können zu Rückenbeschwerden führen. Infektionen (Spondylitiden), rheumatologische Krankheiten oder auch funktionelle Wirbelsäulenverkrümmungen (z.B. durch eine Beinlängendifferenz) verursachen oder verstärken Kreuzschmerzen.

### **2.3.7 Iatrogene Beschwerden**

Nach operativer Versorgung von bandscheibenbedingten Erkrankungen - zum Beispiel nach einer Diskotomie - können Beschwerden verbleiben oder sich sogar verstärken. Hierfür wird Narbengewebe verantwortlich gemacht, welches auf den Nerv drückt oder durch Verwachsungen mit der Dura mater indirekt die Nervenwurzel reizt. Tritt dieser Fall ein, spricht man von einem Postdiskotomiesyndrom (PDS). Je nach Schwere der Beschwerden teilt man drei Grade ein.

Mit einer Fusionsoperation kann man bei Instabilitätsproblemen die Beschwerden lindern. Bei einem PDS kann man eine Beschwerdelinderung seltener durch eine

Wirbelkörperperfusionierung erzielen als beim Wirbelgleiten. Verbleiben nach einer Versteifungsoperation erhebliche Schmerzzustände, nennt man diesen Zustand Postfusionssyndrom (PFS).

## **2.4 Schmerz**

### **2.4.1 Definition**

Unter der Bezeichnung „Schmerz“ wird eine weitgespannte Skala von Erlebnissen und Reaktionen gefasst. Sie reicht von einem Reflex über die Wahrnehmung eines experimentellen Laborschmerzes bis hin zu persönlichkeitsverändernden, schweren, chronischen Schmerzzuständen (ZIMMERMANN, 1982).

Obwohl der Schmerz bis heute vielfältig untersucht worden ist, gibt es noch keine einheitliche Definition. Eine der gebräuchlichsten Definitionen wurde von der International Association for the Study of Pain aufgestellt: „Pain is an unpleasant sensory or emotional experience with actual or potential tissue damage or described in terms of damage“ (IASP, S. 250, 1979).

(Schmerz ist ein unangenehmes Sinnes- und Gefühlserlebnis, das mit aktueller oder potentieller Gewebsschädigung verknüpft ist oder mit Begriffen einer solchen Schädigung beschrieben wird (SCHMIDT & STRUPPLER; 1982).)

Schmerz ist von elementarer Bedeutung für das Verhalten und Befinden des Menschen. Akuter Schmerz warnt meist vor bevorstehenden Schaden für Leben und Gesundheit. Er schützt damit vor Verletzungen und macht auf Fehlfunktionen aufmerksam.

Im Gegensatz dazu hat der chronische Schmerz seine Funktion als „Schadensfrühwarnsystem“ weitgehend verloren. Er kann zum dominierenden Faktor im Leben eines Patienten werden (KRÖNER – HERWIG, 1993) und zu schwersten Störungen der Psyche bis hin zum Suizid führen (FEUDELL, 1965).

Beim akuten Schmerz steht die Funktion eines Sinnessystems, welches eine Bedrohung von außen nach innen anzeigt, im Vordergrund. Der akute Schmerz löst verschiedene Verhalten zur Vermeidung oder Beseitigung einer Gefahr aus.



Motorische und sympathische Reflexe, Lernen von Vermeidungshaltung und Motivation für zielgerichtetes Handeln gehören hierzu.

Im Gegensatz zum akuten Schmerz ist der chronische Schmerz meist Ausdruck von bleibenden patho-physiologischen Veränderungen. Normale Verhaltensreaktionen können die Schmerzursache nur selten beseitigen. Langfristig kann es zu physiologischen, psychischen und psychosozialen Reaktionen und Anpassung kommen. In einigen Fällen führt der Schmerz dann zur Schmerzkrankheit und zum chronischen Leiden (PÖPPEL, 1982).

Einen anderen Ansatz zur Definition des Phänomens Schmerz liefert GÖBEL (1988). Er unterscheidet vier Definitionstypen des Schmerzes. Diese unterscheiden sich nicht durch seine zeitliche Komponente, sondern durch sein Entstehen und seine Auswirkungen für die betroffene Person.

Bei *reizorientierten Schmerzdefinitionen* sind es der Ort, die Qualität und die Stärke des Schmerzes, die eine Einordnung des Schmerzes ermöglichen. Die *reaktionsorientierte Schmerzdefinition* sieht die Gesamtreaktion, welche ein schädigender Reiz bei einem Individuum auslöst, als Schwerpunkt. Auch FORDYCE (1976) stellt das Schmerzverhalten in den Mittelpunkt. Die *am Erleben orientierte Schmerzdefinition* bezieht sich hauptsächlich auf das Schmerzempfinden, welches auch in der IASP-Definition eine große Rolle spielt.

Eine *Schmerzdefinition durch Bestimmung von Schmerzkomponenten* orientiert sich an sensorischen, affektiven, bewertenden, vegetativen und motorischen Komponenten, die mit der Schmerzverarbeitung und –bewertung und damit letztlich auch der Schmerzáußerung in Verbindung stehen.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Schmerz ein multifaktorielles Phänomen mit physiologischen, psychologischen und sozialen Faktoren ist. Das BISFR-Programm versucht die verschiedenen Faktoren zu beeinflussen. Im folgenden Kapitel wird die physiologische Seite des Schmerzes - die Nozizeption - beschrieben. In Abgrenzung dazu wird die subjektive Komponente als Schmerzwahrnehmung oder auch lediglich als Schmerz bezeichnet, denn Schmerzwahrnehmung ist nicht ausschließlich die Folge einer Aktivierung physiologischer Systeme (SCHOLZ, 1994). Diese psychologische Sichtweise des

Phänomens Schmerz wird anschließend anhand verschiedener Schmerzmodelle dargestellt.

#### **2.4.2 Nozizeption**

Zur Interozeption von Schmerzen formulierte SCHMIDT (1985): *„Die Aufnahme, Weiterleitung und zentralnervöse Verarbeitung noxischer Signale bezeichnen wir als Nociception, die mit diesen Vorgängen befassten nervösen Strukturen als das nociceptive oder nocifensive System“.*

Der Begriff Nozizeption umfasst also die Physiologie der Schmerzwahrnehmung, Schmerzweiterleitung und –verarbeitung sowie die anatomischen und biochemischen Grundlagen dieser Vorgänge.

Beim physiologischen, also nicht neuropathischen oder zentralen Schmerz steht zu Beginn der Reaktionskette der Gewebeschaden. Die Reizung des Gewebes über einen Schwellenwert oder die Schädigung des Gewebes führt zur Erregung der Schmerzrezeptoren. Diese können auf mechanische Reize (Quetschung, Schnitt) auf thermische Reize (Kälte, Hitze) und auf chemische Reize (Mediatoren wie Bradikinin und Prostaglandine) ansprechen. Andere chemische Substanzen (Serotonin, Kalium-Chlorid, Wasserstoff-Ionen etc.) zählen zu den algetischen Substanzen, die in niedriger Konzentration selbst nicht schmerzauslösend wirken (HANDWERKER, 1980). Sie können die Nozizeptoren jedoch für andere Reize sensibilisieren (BIERBAUMER et SCHMIDT, 1989) oder die Entladungsfrequenz bei überschwelligem Reizen erhöhen (ZIMMERMANN, 1999).

Nach IGGO (1973) lassen sich drei Typen kutaner Nozizeptoren unterscheiden:

- mechanosensitive Nozizeptoren, die unter den III- und IV-Fasern zu finden und durch nicht-schmerzhaft Reize schwer zu erregen sind,
- Hitze-Nozizeptoren, deren gute Korrelation zwischen Temperatur und Entladungsfrequenz sie befähigt, dem ZNS das Überschreiten einer noxischen Hauttemperatur und die dazu gehörige Reizintensität zu melden und
- polymodale Nozizeptoren, die durch starke mechanische Reizung und noxische Hitzereizung erregt werden.

Eine extrem hohe Stimulation aller Nervenfasern (direkte Axonreizung) kann sogar efferente sympathische Fasern erregen (HANDWERKER et ZIMMERMANN, 1976). Weiterhin gibt es viszerale Nozizeptoren. Deren wirksame noxische Reize sind: starke Dehnung der Hohlorgane, chemische Reize und Ischämie.

Die Übertragung des Schmerzes erfolgt durch periphere Nerven, deren verschiedene Phasen nach ihrer Leitungsgeschwindigkeit eingeteilt werden. Die A-(beta)-Fasern stehen mit empfindlichen Mechanorezeptoren (Tastsinn, Propriozeption) in Verbindung. Die schnell leitenden A-(delta)-Fasern und die langsamer leitenden C-Fasern haben nozizeptive Afferenzen. Sie können aber auch Afferenzen anderer Sinnesqualitäten vertreten (Warmfasern, Kaltfasern). Wird die Erregungsschwelle der A-(delta)-Faser überschritten, so kommt es zur Schmerzwahrnehmung. Mit zunehmender Reizstärke werden auch die C-Fasern erregt. Der Schmerz wird intensiver und bekommt eine eher brennende Qualität.

Die Existenz von zwei unterschiedlich schnell leitenden Arten nozizeptiver Nervenfasern hat Folgen für die Wahrnehmung:

Bei plötzlicher Schmerzreizung - etwa an der Hand - wird über die A-(delta)-Fasern zuerst ein stechender, gut lokalisierter Schmerz wahrgenommen. Mit einer Verzögerung von etwa einer Sekunde folgt dann - über die C-Fasern - ein langsam ansteigender und abfallender Schmerz mit dumpfem, bohrendem oder brennendem Charakter (ZIMMERMANN, 1999).

Die Mechanismen der Erregungsbildung und Erregungsübertragung sind vermutlich an allen Rezeptoren ähnlich (ZIMMERMANN, 1993). Bei der Reizung eines Rezeptors entsteht ein Rezeptorpotential, dessen Amplitudenzunahme abhängig von der Reizstärke ist. An den nachgeschalteten Membranen kommt es zur Auslösung fortgeleiteter Aktionspotentiale nach dem Alles-oder-nichts-Gesetz. Dies geschieht, sobald das Rezeptorpotential einen kritischen Depolarisationswert erreicht hat. Die Kodierung der Reizamplitude erfolgt über die Impulsfrequenz. Aus der Tatsache, dass die Schmerzschwelle nicht mit der Erregungsschwelle der Nozizeptoren identisch ist (HANDWERKER, 1981) wird gefolgert, dass die Weiterleitung von Impulsen nicht dem 1:1-Muster entspreche, sondern durch verschiedene Mechanismen modifiziert werde. In Frage kommen hier:

- die Konvergenz mit räumlicher und zeitlicher Summation der Afferenzen

- die Wirkung von Neurotransmittern
- die Beeinflussung durch die absteigende Inhibition
- die Hemmung durch afferente Stimulation

(ZIMMERMANN, 1999; WALL, 1989).

Die nozizeptiven Afferenzen enden an den Hinterhornzellen des Rückenmarks, wo sie auf zentralnervöse Neurone umgeschaltet werden. Diese Afferenzen werden in die motorischen und vegetativen Reflexe einbezogen. Zu den aufsteigenden Bahnen zählen vor allem die Tractus spinothalamicus, ventralis et lateralis und spinoreticularis, welche im Vorderseitenstrang (Tractus anterolateralis) kontralateral nach cranial ziehen (FORSSMANN et HEYM, 1985).

Einige Neurone stehen sowohl mit dem Thalamus, als auch - über Kollateralen - mit der Formatio reticularis oder mit dem periaquäduktalen Grau in Verbindung (WILLIS, 1989). Die Bedeutung der Formatio reticularis für den Schmerz liegt zum einen darin, dass von hier aus das aufsteigende retikuläre aktivierende System (ARAS) ausgeht, welches für Wachheits- und Aufmerksamkeitssteuerung zuständig sein soll. Zum anderen kann die Schmerzinformation von hier aus die Steuerung des kardiovaskulären und respiratorischen Systems beeinflussen.

Der Thalamus wird als eine Art Verteilerstation angesehen, von wo aus die Schmerzinformationen zum Hypothalamus und zur Hypophyse gelangen. Besonders die Verknüpfung des Thalamus mit den Großhirnrinden ist für die Schmerzleitung wichtig. Der emotional-affektive Aspekt der Schmerzwahrnehmung wird von der Tätigkeit des limbischen Systems bestimmt (ZIMMERMANN, 1999). Die absteigende Hemmung von Hinterhornneuronen scheint vom periaquäduktalen Grau seinen Ausgang zu nehmen (ZIMMERMANN, 1984).

Aber auch von anderen Regionen des Hirnstamms lässt sich die Hemmung der Rückenmarksneurone auslösen, z.B. vom Locus coeruleus, von den Raphekernen und von den verschiedenen Gebieten der Formatio reticularis. Elektrische Reizung dieser Stellen führt zu einer deutlichen Analgesie, die als stimulus-produzierte Analgesie bezeichnet wird (ZIMMERMANN, 1999)

ZIEGLGÄNSBERGER (1993) beschreibt mit dem Begriff der neuronalen Plastizität die Fähigkeit des Nervensystems, unterschiedliche Anteile zur Schmerzverstärkung oder –abschwächung zu rekrutieren. Es handelt sich hierbei um einen Prozess der

die Bildung eines Schmerzgedächtnis auf neuronaler Ebene vorantreibt. Eine strenge anatomische Zuordnung zu den einzelnen Schaltfunktionen der „Schmerzkette“ scheint nicht mehr gegeben zu sein.

#### **2.4.2.1 Schmerzbeeinflussung durch Endorphine**

In den letzten Jahren galt die Aufmerksamkeit besonders den endogenen Schmerzkontrollsystemen. Das Verständnis über die Wirkungsweise von Opiaten auf Nervengewebe wurde durch die Entdeckung von Opiatrezeptoren und den zugehörigen Liganden deutlich vergrößert (PERT et SNYDER, 1973; SIMON, 1973). Endogene Peptide mit Opiatwirkung wurden zuerst Enkephaline genannt. Nachdem mehrere unterschiedliche Peptide beschrieben wurden, unterteilte man diese in drei Kategorien: Endorphine, Enkephaline und Dynorphine wurden jeweils nach der Hauptmolekülstruktur benannt.

Die Familie der Endorphine beinhaltet neben verschiedenen beta-Endorphinen alpha- und gamma-Endorphine. Die wichtigsten Vertreter der Enkephaline sind die Pentapeptide Leucin-Enkephalin und Methionin-Enkephalin. Zur Dynorphin-Familie gehören Dynorphin A, Dynorphin B und Neo-Endorphin. Diese endogenen Opiode sind in Bereichen des ZNS und in autonomen Ganglien zu finden. Enkephaline sind besonders im Bereich von Nervenendigungen um den Tractus solitarius und den Nucleus ambiguus vorhanden (KHACHATURIAN, 1985).

Das besondere Interesse der Schmerzforschung gilt, seit der Entdeckung des beta-Endorphins (COX, 1976), seinem Einfluss auf das Schmerzempfinden, den Blutdruck und der Körpertemperatur (BASBAUM, 1984).

Trotz zwanzigjähriger Forschung ist die genaue Rolle dieses Peptids und seiner Rezeptoren bei der Modulation der Schmerzwahrnehmung noch bruchstückhaft.

Etablierte Fakten sind :

1. beta-Endorphin bewirkt im ZNS - supraspinal oder spinal - beim Menschen Analgesie.
2. beta-Endorphin und seine Rezeptoren sind in Arealen lokalisiert, welche die Nozizeption modulieren und welche durch Elektrostimulation Analgesie bewirken.

3. Das im peripheren Blut vorkommende beta-Endorphin wird im Hypophysenvorderlappen gebildet. Peripher verabreichtes beta-Endorphin bewirkt keine Analgesie (BACH, 1997).

Das beta-Endorphin-System hat Zellen im medialen Hypothalamus und innerviert Teile des Hypothalamus, Teile des Mittelhirns und rostrale Teile der Medulla oblongata (BLOOM, 1983). Ein zweites unabhängig kontrolliertes beta-Endorphinsystem wurde im Hypophysenvorderlappen gefunden, wo ACTH und beta-Endorphin in corticotrophen Zellen aus einem gemeinsamen Vorläufermolekül (Proopiomelanocortin) synthetisiert werden (MAINS, 1977).

Auch im Bereich peripherer sympathischer Strukturen und des kardiovaskulären Systems sind Opioidrezeptoren vorhanden. Durch bestimmte Reize werden Endorphine freigesetzt. Diese können durch Bindung an spezifische Opiatrezeptoren eine Analgesie bewirken (HERZ, 1984; FIELDS & BASBAUM, 1989).

Neuere Studien zeigen, daß es neben den drei Opioidrezeptoren-Hauptgruppen ( $\mu$ ,  $\delta$  und  $\kappa$ ) noch weitere Opioidrezeptor-Typen gibt. Ein beta-Endorphin selektiver, mutmaßlicher  $\varepsilon$ -Opioidrezeptor wurde geklont (O'DOWD, 1995). Die  $\varepsilon$ -Agonisten empfindlichen Rezeptoren finden sich hauptsächlich in der caudalen medialen Medulla (Nucleus raphe obscures, Nucleus raphe pallidus) und der Formatio reticularis. Das  $\varepsilon$ -Opioidrezeptor vermittelte Schmerzkontrollsystem unterscheidet sich deutlich von der Funktion der anderen Opioidsysteme (NARITA, 1998).

#### **2.4.2.1.1 Endorphinmessung**

Die einfachste Methode ist beta-Endorphin im peripheren Blut zu bestimmen. Da Endorphine an Glas absorbieren, sollten alle Gefäße aus Polypropylen oder ähnlichen Kunststoffen bestehen. Nach Zentrifugierung wird aus dem Serum beta-Endorphin und beta-Lipotropin extrahiert und gegebenenfalls durch Chromatographie voneinander getrennt. Das beta-Endorphin wird anschließend mittels Radioimmunoassay gemessen.

Ein anderes Verfahren ist die indirekte Endorphin-Bestimmung durch Naloxon.

Da Naloxon als Opiatantagonist auch an die Opiatrezeptoren bindet, versucht man durch unterschiedliche Empfindungen bei Naloxon- oder Placebogabe auf Endorphinwirkungen rückzuschließen.

Ein anderes Verfahren ist die beta-Endorphinmessung aus dem Liquor. Dieses Verfahren wird bei Tieren aber auch beim Menschen angewandt. Die beta-Endorphinkonzentration im menschlichen Lumbal-Liquor korreliert gut mit supraspinalen Konzentrationen (BACH, 1992).

#### **2.4.2.1.2 Endorphinausschüttung bei Sport und Bewegung**

Eine euphorisierende Wirkung von Sport, und hier besonders von extremen Ausdauersport, wird seit Jahren kontrovers diskutiert. Für das sogenannte „runner`s high“(Levin, 1982) werden körpereigene Opiate – und hier besonders das beta-Endorphin - verantwortlich gemacht. Je nach Versuchsaufbau und Messverfahren werden im peripheren Blut sowohl signifikante Erhöhungen des Endorphinspiegels (HAIER et al., 1981; JANAL et al., 1984) als auch indifferente Ergebnisse (FOURNIER, 1997), aber auch keinerlei Zusammenhang beschrieben (LANGENFELD, 1987).

Es wird angenommen, dass langandauernde rhythmische Belastung zentrale Opioidsysteme aktiviert. Ausgehend von kontraktierender Skelettmuskulatur werden dünne - Gruppe III oder A-delta - mechanosensitive, afferente Nervenfasern durch wachsende Entladungen getriggert (THOREN, 1990). Die Kontroversen auf diesem Gebiet resultieren auch aus methodischen Fehlern, da Plasmakonzentrationen von beta-Endorphin nichts über zentrale Opioidaktivität aussagen. Naloxon in kleinen Dosen blockiert nicht die zentralen Rezeptoren und schon gar nicht mögliche  $\varepsilon$ -Opioidrezeptoren.

#### **2.4.3 Schmerzmodelle**

Eine Reihe von Aspekten der Empfindung „Schmerz“ lassen sich nicht mit der oben beschriebenen physiologischen Wahrnehmung des Schmerzes als Reiz allein erklären. Die Leidensaspekte des Schmerzgeschehens, die Schwierigkeiten bei der

Erklärung ungewöhnlicher Schmerzphänomene, Schmerzen ohne organisches Korrelat und langfristige psychische Veränderungen bei chronischen Schmerzen gaben Anlass zu einer zusätzlichen psychologischen Betrachtungsweise des Schmerzes (GEISSNER, 1992). Bis heute wurde eine ganze Reihe von Modellen, die sich mit dem Problem der Schmerzverarbeitung und –modellierung beschäftigen, aufgestellt.

#### **2.4.3.1 Die Spezifitätstheorie**

Unter den hier vorgestellten Modellen ist die Spezifitätstheorie die älteste. Ihre Entwickler gehen davon aus, dass Schmerzrezeptoren die Schmerzimpulse generieren (FREY v., 1894).

Diese Impulse werden durch spezielle Fasern und Bahnen in ein Schmerzzentrum im Thalamus weitergeleitet (BISHOP, 1946).

Einen Rezeptor als Schmerzrezeptor zu bezeichnen ist zwar physiologisch nicht falsch, impliziert jedoch, dass ein Rezeptor mit einem bestimmten Hirnzentrum in Verbindung stehe, in welchem Schmerz wahrgenommen wird. Eine Reizung des Rezeptors wird demnach immer Schmerz und nur Schmerz verursachen (MELZACK et WALL, 1962 ).

Die Tatsache der physiologischen Spezialisierung ist die Stärke der Spezifitätstheorie. Dagegen ist die Annahme, dass Schmerz ausschließlich durch Impulse in einem direkten Leitungssystem vom Nozizeptor zu einem Schmerzzentrum im Gehirn bestimmt wird, umstritten (MELZACK et WALL, 1982).

#### **2.4.3.2 Die Patternthorie**

Die Patternthorie von WEDDELL und SINCLAIR (WEDDELL, 1955; SINCLAIR, 1955) besagt, dass Erlebnisqualitäten des Hautsinnes durch ein räumlich-zeitliches Muster von Nervenimpulsen hervorgerufen werden. Die Vertreter dieser Theorie nehmen an, dass alle Nervenendigungen ähnlich seien, so dass das Entladungsmuster für Schmerz durch intensive Reizung nicht spezifischer Rezeptoren determiniert werde. Eine Reihe weiterer ähnlicher Erklärungsansätze, die



vor allem zentrale Summationsmechanismen betonen (LIVINGSTON, 1943), sind in die Patternthorie eingeflossen. Sie umfassen jedoch keine zufriedenstellende Allgemeintheorie des Schmerzes (HILGARD, 1978).

### **2.4.3.3 Die Gate-Control-Theorie**

Die Gate-Control-Theorie von MELZACK und WALL (1965; MELZACK, 1975a) verursachte einen Paradigmawechsel vom somato-sensorischen Inputmodell (Spezifitätstheorie) zugunsten eines multifaktoriellen und efferenten Konzeptes der Übertragung und Verarbeitung des Schmerzes. Das entscheidend Neue an dieser Theorie war die integrative Sichtweise des Schmerzes als multikausal verursachtes Phänomen mit kognitiven und emotiven Faktoren (KEESER et BULLINGER, 1983).

Die Grundidee basiert auf der Vorstellung, dass die sensorische Übertragung afferenter Nervenimpulse (siehe Abbildung 1.,(1)) auf Transmissionszellen (T-Zellen) in den Hinterhörnern des Rückenmarks modifiziert werde.

Dieser spinale „Tormechanismus“ oder auch das „Gate-Control-System“ (2) soll sich in der Substantia gelatinosa befinden. Der Tormechanismus kann durch variable Nervendicken beeinflusst werden. So hemmen dicke A-(beta)- und A-(alpha)-Fasern (3) die Übertragung (das Tor wird geschlossen), während durch die Aktivierung dünnerer A-(delta)- und C-Fasern (4) die Weiterleitung erleichtert wird (das Tor wird geöffnet). Der Tormechanismus kann durch descendierende Leitungsbahnen (5) beeinflusst werden. Ebenso können aktivierte Prozesse aus dem Hirnstamm, Mittelhirn und dem Kortex durch spezifische schnell leitende Fasersysteme (6) den Tormechanismus postsynaptisch hemmen. Die sensorischen Eingangsreize werden über das Steuersystem des spinalen Tormechanismus an spino-thalamische Projektionsbahnen weitergeleitet. Diese stehen mit zentralnervösen, sensorischen (8) und motivierend-affektiven Systemen (9) in Verbindung (7).

Im sensorischen bzw. Assoziationskortex wird die Lokalisation der Schmerzreize nach Raum und Zeit möglich.

Das motivierend-affektive System bestimmt den „Weh-Charakter“ des Schmerzes.

Im zentralen Kontrollsystem (10) wird der Schmerz erstmals bewusst wahrgenommen. Mit Hilfe des Schmerzgedächtnisses kann eine Wertung des Schmerzes stattfinden. Über schnell leitende Faserverbindungen (11) zum motorischen Kortex werden bewusste Abwehr- und Schutzreaktionen koordiniert. Bewusstseinslage, Aufmerksamkeit, individuelle Erfahrung mit diesem Schmerz, situative Momente, sowie der symbolische Gehalt des Stimulus beeinflussen das Schmerzempfinden und das Schmerzverhalten.

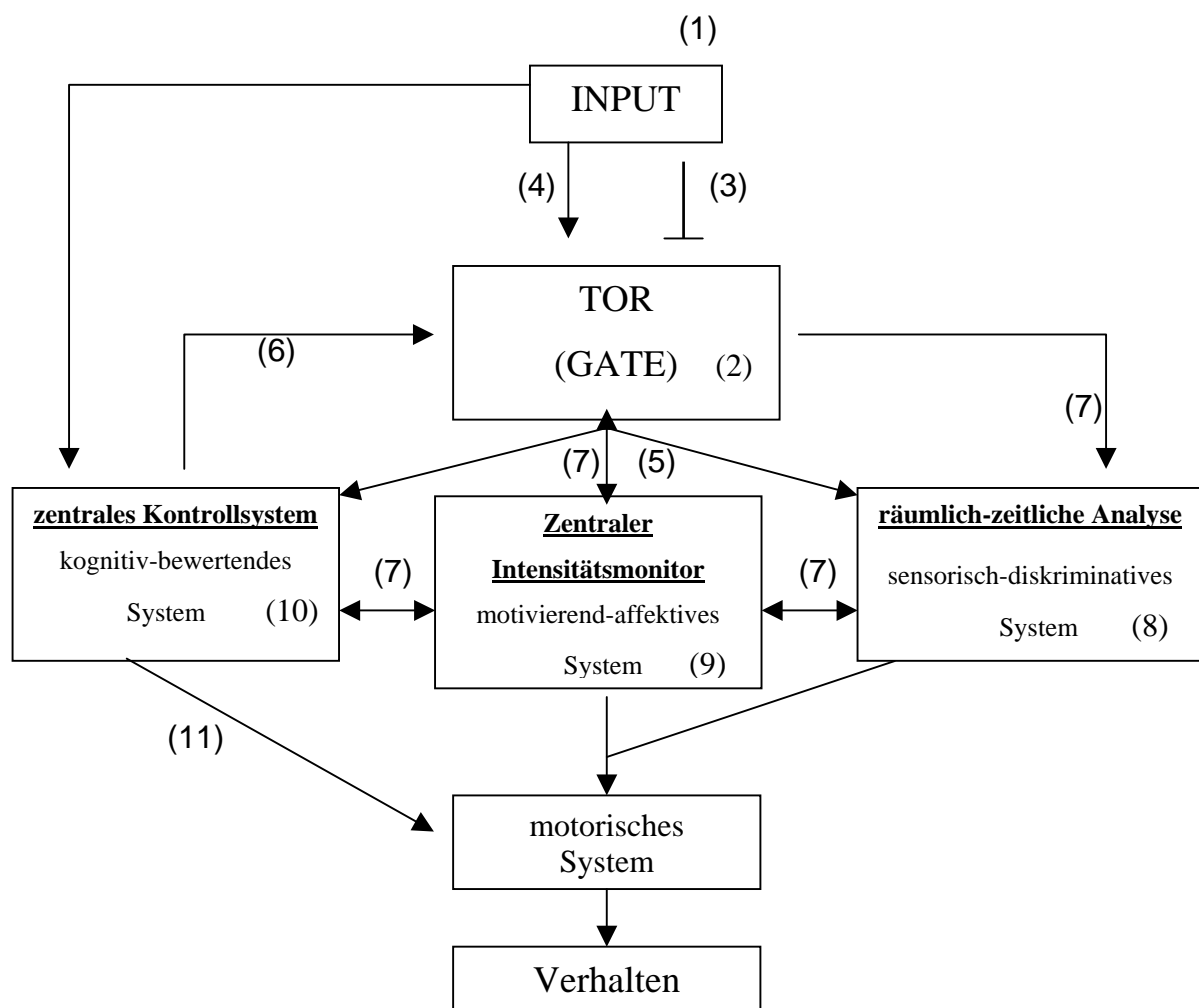


Abb 1. Schema der Gate-Control-Theorie (nach MELZACK et WALL, 1982)

Hervorzuheben an der Gate-Control-Theorie ist die Integration der bis dahin als inkompatibel geltende Spezifitätstheorie und der Patterntheorie. Beachtenswert ist die Behauptung eines „Gating“-Mechanismus schon an der ersten neuronalen Schaltstelle der Schmerzübertragung - den Hinterhörnern im Rückenmark. Die Vorstellung einer absteigenden zentralen Kontrolle, durch die psychologische Prozesse einen direkten Einfluß auf die erste synaptische Schaltstelle haben, war

neu und integrierte die psychologische Sichtweise stärker in die Schmerzforschung. So schrieb WEISENBERG (1982): „Die Gate-Control-Theorie (war) jedoch die einflussreichste und bedeutendste gegenwärtige Theorie der Schmerzwahrnehmung. ...sie hatte grundlegenden Einfluss auf die Schmerzforschung und die klinische Schmerzkontrolle, erweckte neues Interesse an der Schmerzwahrnehmung und brachte eine multidisziplinäre Perspektive in der Schmerzforschung und –behandlung zu Wege.“

Es wurde schnell Kritik an dem Gate-Control-System laut, besonders an der physiologischen Sichtweise MELZACKS (MENDELL et WALL 1964, GEISSNER, 1992). NATHAN (1976) schrieb hierzu in seinem Übersichtsreferat über die Gate-Control-Theorie:

„Die Gate-Control-Theorie ... war ein Weg, einige der beobachteten Fakten zu erklären. Aber wie es glücklicherweise immer wieder geschieht, haben ... weitere Forschungen erbracht, dass das Geschehen weit komplizierter ist, als man zuerst annahm. Ideen müssen fruchtbar sein, sie müssen nicht stimmen.“

Befunde belegten aber zwei andere Aussagen der Theorie: Die Konvergenz noxischer und nicht-noxischer Afferenzen an zentralen Neuronen und die Inhibition nozizeptiver Reize durch vorausgehende nicht-noxische Reize (Schmerzbekämpfung durch Stimulation sensibler Hinterstränge) – z.B. Akkupunktur. Die Gate-Control-Theorie bietet damit plausible Erklärungsmöglichkeiten für die Wirkungsmechanismen verschiedener Schmerztherapien – auch wenn sie inzwischen durch neuere Modelle abgelöst wurde.

#### **2.4.3.4 Neuronale Plastizität**

In den letzten Jahren wurden weiterführende Theorien über die Schmerzempfindung und Verarbeitung entwickelt und experimentell untermauert. Neuronale Plastizität oder Neuromatrix steht für eine Zentrales Nervensystem, das sich unter einem sensorischen Input umwandeln und neu organisieren kann. Die neurobiologischen Veränderungen können vorübergehend sein, oder aber auch bei längerer Sensibilisierung durch strukturelle Umwandlungen persistieren und eine negative Erinnerungsspur hinterlassen. So wurde der Begriff „Schmerzgedächtnis“ geprägt.

KENSHALO et al., 1982 zeigten eine unterschiedlich starke Sensitivität der Hinterhornneurone nach schmerzhafter peripherer Stimulation. Eine durch pathologische Schmerzen induzierte neuronale Hyperaktivität führte zu cellulären und molekularen Veränderungen im Sinne von Membranveränderungen und Gen-Expressionen (CODERRE et al., 1993, 1997). Die Sensitivierung der Nozizeptoren z. B. durch Entzündungsmediatoren oder eine Änderung der Zellmembran wird primäre Hyperalgesie genannt. Als sekundäre Hyperalgesie bezeichnet man eine Sensitivierung des zentralen Nervensystems. Es ändert sich die supraspinale deszendierende Kontrolle und die zentrale Inhibition. Zudem reorganisieren sich die spinalen Verschaltungen von primärafferenten Fasern mit spino-thalamischen Projektionsneuronen. Diese Veränderungen lassen sich in Neuronenpopulationen aller an der Schmerzverarbeitung beteiligten Ebenen feststellen (TÖLLE et BERTHELE, 2001).

Wenn sich die Veränderungen manifestiert haben resultiert oft eine nicht mehr adäquate Antwort auf ehemals unterschwellige Reize, z.B. streicheln kann nun als Schmerz empfunden werden. Diese Veränderungen können eine Chronifizierung von Schmerzen erheblich vorantreiben.

Weitere Schmerzmodelle, welche die psychologische Dimension stärker einbeziehen, sind z.B. das Diathese-Stressmodell von FLOR (1991; Flor et al., 1988) und das operante Schmerzmodell nach Fordyce (1976), welches die Schmerzfolgen besonders berücksichtigt.

#### **2.4.4 Schmerzmessung**

Bei der Schmerzmessung (Algesimetrie) wird zwischen experimentellem und klinischem Schmerz unterschieden. Bei der experimentellen Schmerzforschung wird das Verhalten eines Probanden auf externe nozizeptive Stimuli verschiedener Modalitäten geprüft.

Bei der klinischen Schmerzmessung bzw. –beurteilung geht man von der internalen nozizeptiven Stimulation aus. Man versucht Schmerz, Schmerzwahrnehmung und Schmerzerfahrung zu beschreiben.

Aus dem Problem der Definition des Begriffes „Schmerz“ ergibt sich zwangsläufig das Problem der Definition der Schmerzmessung. WOLFF (1982) merkt dazu an:

„Es ist daher klar, dass bei der Diskussion von Schmerzmessung die offensichtliche Tatsache betont werden muss, dass es nicht leicht ist, etwas zu messen, wenn man nicht sicher weiß, was man eigentlich misst.“

Man kann die Schmerzmessung grob in zwei Gruppen, die objektive und die subjektive Algesimetrie, einteilen. Die objektive Schmerzmessung umfasst nach BIERBAUMER und SCHMIDT (1989) alle beobachtbaren oder messbaren Reaktionen des Probanden bzw. Patienten auf Schmerzen.

Mit dem Begriff „subjektive Algesimetrie“ bezeichnet man alle Daten, die aus den Angaben des Patienten gewonnen werden und so der Manipulation unterliegen können.

#### **2.4.4.1 Objektive Schmerzmessung**

Zur objektiven Schmerzmessung werden häufig verschiedene physiologische Parameter erhoben und aufgezeichnet. Besonders die Reaktionen, die das autonome Nervensystem hervorruft, werden wegen ihrer guten Messbarkeit und schlechten Manipulierbarkeit durch den Patienten in der Algesimetrie verwendet. Hierzu gehören der Puls, die Hautleitfähigkeit und der Blutdruck, sowie - mit Einschränkungen - die Atemfrequenz, die Atemamplitude und der Tonus bestimmter Muskeln. Da jeder Mensch andere „Ausgangswerte“ vorweist, sind es mehr die Änderungen der erfassten Parameter als die absoluten Werte, die bei der Schmerzmessung von Interesse sind (SCHANDRY, 1988). Bei der Beurteilung der Reaktionsmuster auf Schmerz muss aber immer mit berücksichtigt werden, dass verschiedene Schmerzreize unterschiedliche Antwortmuster hervorrufen können (STERNBACH, 1968).

Eine Möglichkeit, Verhalten bei Schmerzen zu messen, ist die Analyse des Gesichtsausdrucks. Dieses „Facial Action Coding System“ (FACS) ist jedoch mit einem erheblichen technischen Aufwand verbunden. Zu den nonverbalen Schmerzäußerungen zählt man die Körperhaltung (z.B. Schonhaltung), die

Funktionsbehinderung (z.B. Hinken) und die Lautäußerungen (z.B. Weinen, Stöhnen). Ihre systematische Registrierung wird vor allem bei der Einschätzung von chronischen Schmerzsyndromen angewandt (GRACELY, 1989; FLOR et HEIMERDINGER, 1992).

#### **2.4.4.2 Subjektive Schmerzmessung**

Zu den subjektiven Angaben des Patienten gehören die Intensität und die Qualität des Schmerzes.

##### **2.4.4.2.1 Schmerzintensität**

In der Schmerzforschung werden zur Bestimmung der Schmerzintensität meist visuelle Analogskalen (VAS) oder numerische Ratingskalen (NRS) verwendet.

Die visuellen Analogskalen bestehen meist aus einer Linie mit dem Anfangspunkt „kein Schmerz“ und dem Endpunkt „stärkster Schmerz“, auf welcher der Patient die empfundene Intensität als Punkt zwischen diesen beiden Polen aufzeichnet. Auch eine nach oben offene Skala findet in der Algesimetrie ihre Anwendung (MELZACK et KATZ, 1994).

Das Verfahren der Größeneinschätzung und die „free magnitude estimation“ (ELLERMEIER et WESTPHAL, 1991) findet in der experimentellen Schmerzforschung Anwendung.

Bei den verbalen Ratingskalen wird der erfahrene Schmerz mit einem Adjektiv aus einer Abstufungsreihe belegt. Die Intensität kann zum Beispiel mit einem Begriff aus der Reihe:

sehr schwach – schwach – mäßig – stark – sehr stark

beschrieben werden. HANDWERKER (1984) fand heraus, dass mehr als sieben Abstufungen nicht zur Verbesserung der Trennschärfe führen. Die numerischen Ratingskalen sind den verbalen Ratingskalen sehr ähnlich, hierbei sind jedoch die

Wortkategorien durch Zahlen ersetzt. In der BISFR-Studie wird eine visuelle Analogskala benutzt.

#### **2.4.4.2.2 Schmerzqualität**

Die Entwicklung des McGill-Pain-Questionnaires durch MELZACK und TORGERSON (1971) richtete sich nach den drei Schmerzkomponenten, die durch die Gate-Control-Theorie postuliert wurden. Diese Hauptkomponenten wurden anfangs in 16 später in 20 (MELZACK, 1975b) Subklassen unterteilt. Die Adjektivgruppen wurden nach der Plausibilität und nicht empirisch festgelegt. In vielen Untersuchungen konnte daher diese drei-faktorielle Struktur nicht bestätigt werden (HASENBRING, 1990; GEISSNER et al., 1991).

### **2.5 Sport und Bewegung in der Schmerztherapie**

Kontrollierte Studien haben gezeigt, dass Patienten mit Lumbago durch Bewegung eher schmerzfrei werden als durch verordnete Bettruhe (COOMES, 1961; GILBERT et al., 1985; DEYO, 1986; SZPALSKI, 1992; MALMIVAARA, 1995; WILKINSON, 1995).

Die Wirksamkeit von isoliertem Krafttraining in der Therapie von chronischen Rückenschmerzen wurde in einigen kontrollierten randomisierten Studien nachgewiesen (MANNICHE et al., 1991, BENTSEN et al., 1997, KANKAANPÄÄ et al., 1999, RISCH et al., 1999, BAYRAMOGLU et al. 2001).

Fitnessprogramme zeigten ebenfalls in kontrollierten randomisierten teils doppelblinden Studien einen schmerzreduzierenden Effekt bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen (BENDIX et al., 1995, FROST et al, 1995 und 1998, MOFFETT et al., 1999).

Fitnessstraining ist ein etwas ungenauer Begriff für eine Kombination aus muskelkräftigenden Übungen und Bewegungsübungen die aerobe und anaerobe Belastungen beinhalten.

Die gleichwertige Effektivität von Fitnesstraining und Krafttraining auf die Parameter Schmerzreduktion, Funktionalität und allgemeine Patientenzufriedenheit beschreiben HANSEN et al., 1993 und MANNION et al., 1999.

Bewegungstherapie in ein multimodales Programm integriert führt bei chronischen Rückenschmerzen zum Erfolg (HILDEBRANDT, 1997; PFINGSTEN, 1997).

Eine US-amerikanische Studie zeigt den schmerzlindernden Effekt von Walking bei 39 Rückenschmerzpatienten höheren Alters (FERRELL et al. 1997).

FROST, 1995 beschreibt den signifikanten schmerzlindernden Effekt eines Fitnessprogramms (Stretching, aerobes Training, cool-down-Phase und Ausdehnen über 2 mal 60 Minuten pro Woche in einem Zeitraum von 4 Wochen) auf den Rückenschmerz von 36 Patienten gegenüber 35 Patienten einer Kontrollgruppe.

Bewegung eignet sich auch präventiv gut zur Vermeidung von Rückenschmerzen.

In einer Longitudinalstudie (1984-1990) bei 3841 Probanden zeigte sich, dass Walking das Risiko senkt, Beschwerden der unteren Extremitäten zu erleiden – ab einer Intensität von mindestens einer Meile 4-7 mal pro Woche (CLARK, 1996).

Eine 25 Jahre dauernde prospektive Kohortenstudie an 640, damals vierzehnjährigen Schulkindern in Dänemark zeigte, dass körperliche Aktivität (mindestens 3 Stunden pro Woche) das Risiko unter Rückenschmerzen zu leiden minimierte - bezogen auf Lebens-, 1-Jahres- und Punktprävalenz (HARREBY et al., 1997).

Aerobe Ausdauerfähigkeit, wie sie besonders durch sogenannte Geradeausportarten gefördert wird, ist eine essentielle Voraussetzung, um Kräftigungsübungen und Rückenschule korrekt durchführen zu können. So sehen VAN BOLHUIS und RAPP (1997) eine Korrelation zwischen verbesserter maximaler Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub>max) und Rückenstreckerkraft. LILIENFEIL et al. (1997) stellten fest, dass die niedrige konditionelle Leistungsfähigkeit das Unvermögen eines Großteils der chronischen Rückenschmerzpatienten erklärte, wirbelsäulenentlastende Bewegungsgewohnheiten anzunehmen.

Auch Ängstlichkeit und Depressivität lassen sich durch gezielte Bewegung positiv beeinflussen. Durch Jogging konnten psychiatrische Patienten mit Panikattacken



ähnlich gut behandelt werden wie mit antidepressiver Medikation (BROOCKS et MAYER, 1998).

Frühspport (60 Minuten Mixed-Impact-Aerobic) bewirkt einen ähnlich positiven Effekt auf Winterdepression wie Lichttherapie (KURZ et al., 1997).

Eine moderate regelmäßige körperliche Aktivität (mindestens 30 Minuten über den Tag akkumuliert, an wenigstens 5 Tagen pro Woche) scheinen z.B. zur Unterstützung einer diätetischen Gewichtsreduktion ebenso effektiv zu sein wie anstrengende körperliche Aktivität (mindestens 20 Minuten, in einer Einheit, mit 50 bis 80 %  $\dot{V}O_2$  max. an mehr als drei Tagen pro Woche) (WEYER et al., 1998).

Um eine Überanstrengung von untrainierten Patienten zu vermeiden, wurde im BISFR-Programm eine moderate Intensität gewählt.

## **2.6 „Geradeaussportarten“**

Der gemeinsame Nenner dieser rhythmischen dynamischen Bewegungen ist der wirbelsäulen- und gelenkfreundliche Bewegungsablauf im idealen Bewegungsspielraum des Gelenks – weitgehend ohne Kapselanspannung, Drehbewegung und asymmetrische Krafteinleitung.

### **2.6.1 Laufen**

Laufen als Dauerlaufen bzw. Joggen stellt eine der intensivsten Geradeaussportarten dar. Bei leicht vorgeneigter Körperhaltung mit angewinkelten Armen, werden die Bewegungssegmente der Lendenwirbelsäule in ihrer Funktionsmittelstellung im regelmäßigen Belastungs- und Entlastungsrhythmus beansprucht. Gleiches gilt für die Halswirbelsäule, wenn der Kopf leicht nach vorn geneigt wird, und der Blick ca. fünf Meter vor die eigenen Füße gerichtet wird. Ein guter Laufschuh ist Voraussetzung.

Laufen ist auch die ideale Sportart bei chronischen Schulterschmerzen. Durch die herabhängenden Arme und die pendelnde Bewegung wird der subacromiale Raum entlastet und besser durchblutet. Ungeeignet ist das Laufen bei stärkeren Arthrosen

der unteren Extremitäten. Auch bei akuten Wirbelsäulenschmerzen können die Erschütterungen das Beschwerdebild verschlimmern, so dass die Forderung des „schmerzfreen Raumes“ nicht erfüllt wird.

### 2.6.2 Skilanglauf *klassischer Stil*

Dieses Laufen findet in der Natur in unseren Breiten selten statt. Auf speziellen Fitnessgeräten kann diese Laufform mit kräftigem Armeinsatz simuliert werden (Nordic-Trac). Die gleichzeitige Arm- und Beinbewegung bedeutet eine intensive Beanspruchung fast aller Bewegungsorgane. Der Skatingstil ist wegen einer asymmetrischen Torsionsbewegung beim Stockeinsatz nur für fortgeschrittene nordische Langläufer geeignet.

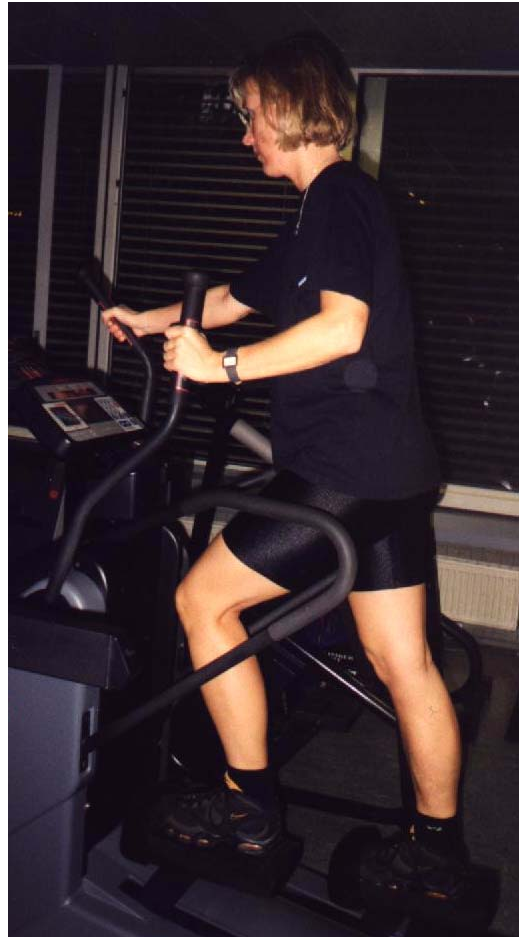


Abb. 2 Elypsoid-Trainer

### 2.6.3 Schwimmen

Schwimmen stellt eine ideale Sportart für fast alle chronischen Schmerzzustände der Stütz- und Bewegungsorgane dar. Die Bewegungssegmente der Wirbelsäule und die großen Gelenke können ohne Druckbelastung bewegt werden. Viele chronische Schmerzranke können sich nur im Wasser einigermaßen schmerzfreen bewegen. Aber auch im Wasser kommt es auf die richtige Haltung an. Chronische Schmerzen der Hals- und Lendenwirbelsäule, welche von den Wirbelgelenken ausgehen, können sich beim Brustschwimmen verstärken. Ideal ist eine der Stufenlage ähnliche Position beim Rückenschwimmen, in der die Hüft- und Kniegelenke gebeugt sind.

Der Rücken ist gerade, der Kopf leicht flektiert. Die Halslordose wird reduziert, eine Rundrückenbildung ist in der Schwerelosigkeit eher erholsam als schädlich.

Schwimmen ist aus infrastrukturellen Gründen nicht von jedermann täglich durchzuführen.

#### 2.6.4 Radfahren

Das Radfahren zählt zu den wichtigsten Aktivitäten im BISFR-Programm. Es ist bei fast allen chronischen Schmerzzuständen der Stütz- und Bewegungsorgane durchzuführen, ohne dass zusätzliche Schmerzen auftreten. Beim Radfahren wird das Körpergewicht nicht über die Beine, sondern über den Sattel und teilweise über den Lenker abgeleitet. Radfahren wird neben Schwimmen immer wieder dann empfohlen, wenn chronische Erkrankungen der unteren Extremitäten zusätzlich vorhanden sind. Eine korrekte Sitzposition ist für den Erfolg wichtig. Der Sattel sollte so eingestellt sein, daß die untere Pedale mit der Ferse des gestreckten Beins gerade, d.h. ohne die Hüfte zu verdrehen, erreicht wird. Die Lenkerposition sollte eine leichte Vorneigung ermöglichen. Das Fahren auf dem Heimtrainer ist durch mangelnden Straßenverkehr und fehlende Erschütterungen noch rückenfreundlicher. Auf dem Standrad ist es besonders gut möglich die HWS-Position schmerzfrei zu wählen. Ein Fernsehapparat auf dem Boden hilft Langeweile zu vertreiben und eine geeignete Kopfhaltung einzunehmen. Liegeräder sind in der Regel nur in Sport-Studios zu finden.

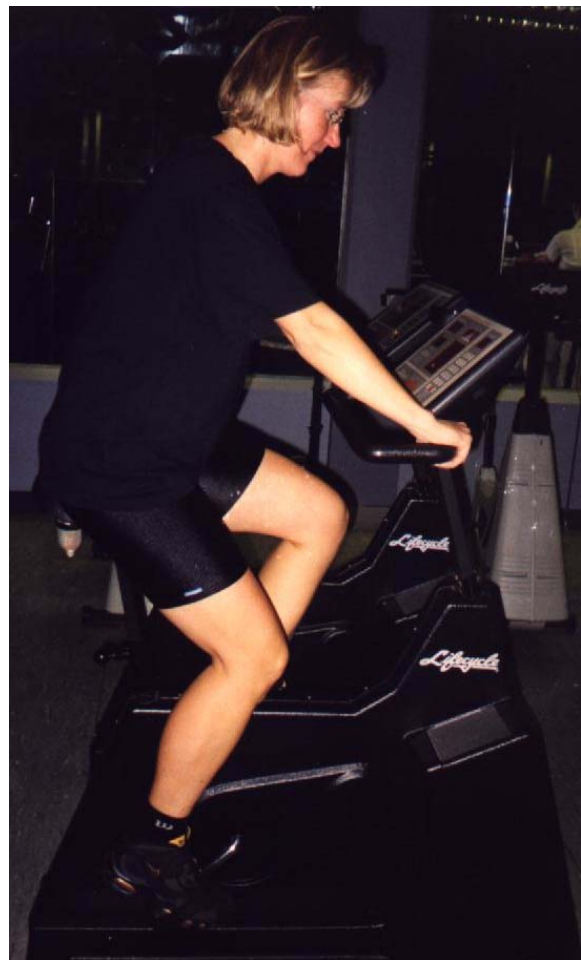


Abb. 3 Radfahren

In Fitnessstudios wird Spinning –Standradfahren mit Musik in der Gruppe – immer beliebter. Im Gegensatz zum normalen Radfahren werden noch Kräftigungsübungen des Oberkörpers simultan durchgeführt. Wegen des hohen koordinativen Anspruchs und der teils immensen Anstrengung sollte Spinning nur von trainierten Athleten ausgeführt werden.

### 2.6.5 Walking

Walking oder sportliches Gehen ist eine neue „alte“ Sportbewegung aus den USA. Da hier im Gegensatz zum Jogging immer ein Bein Bodenkontakt hat, werden Erschütterungen des Körpers weiter minimiert. Besonders ältere und übergewichtige Menschen finden am Walking erheblich mehr gefallen als am Jogging. Die Körperhaltung ist der des Laufens ähnlich.

Es sollte durch leichte Vorneigung ein Hohlkreuz vermieden werden. Der Armschwung erfolgt kräftig mit einem Winkel von etwa 100 Grad im Ellenbogengelenk. Die Füße werden über die Ferse abgerollt – die Schritte sollten nicht zu lang sein. Es gibt Variationen mit Stöcken, welche der Entlastung des Rumpfes und der Beine dienen (Stickwalking). Manche Walker tragen zur Kräftigung zusätzlich Gewichte an den Armen (Powerwalking).

### 2.6.6 Gehen unter Entlastung

Auf einem Laufband ist es durch Abstützen möglich, einen Teil des Körpergewichts über die obere Extremität abzuleiten. Somit können besonders die Lendenwirbelsäule und die unteren Extremitäten entlastet werden.

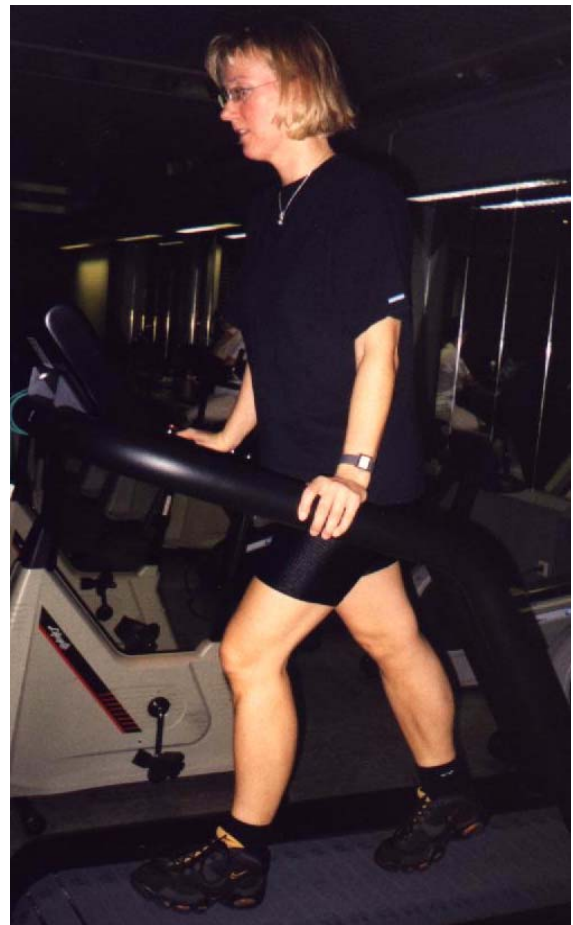


Abb.4 Gehen unter Entlastung

Steht kein Laufband zur Verfügung, kann man zwischen zwei Stuhllehnen auf der Stelle treten. Diese Bewegungsart ist bei starken Schmerzzuständen indiziert.

### **2.6.7 Skating**

Inlineskating oder Schlittschuhlaufen sind auch geeignete Sportarten für Rückenschmerzpatienten. Da allerdings beim Inlineskaten die Verletzungswahrscheinlichkeit bei Anfängern und Menschen über 35 Jahren deutlich erhöht ist, (EINGARTNER, 1997) haben wir diese Sportart unseren Patienten nicht empfohlen.

### **2.6.8 Gymnastik**

Gymnastik im klassischen Sinne des Turnens und Dehnens wird immer stärker durch neue Fitnessarten verdrängt. So gibt es in den Fitnessstudios nach der Aerobic-Welle der 80er Jahre ein unüberschaubares Angebot an Trainingsarten. Welcher Kurs auch gewählt wird (Callanetics, BOP, Step-Aerobic, Sliding etc.), sollten Anfänger immer mit Übungen beginnen, bei denen mindestens ein Bein ständig auf der Erde ist (low-impact-Aerobic). Später kann zu Sprüngen oder ähnlichem übergegangen werden (high-impact-Aerobic).

### **2.6.9 Wassergymnastik / Aquajogging**

Die Wassergymnastik ist sehr wahrscheinlich die wirbelsäulen- und gelenkschonenste Sportart überhaupt. Gymnastische Übungen oder Jogging kann unter Entlastung durchgeführt werden. Balneologische Effekte verstärken das Wohlbefinden. Allerdings ist es schwierig diese Bewegungsart regelmäßig durchzuführen, da sie hauptsächlich in Rehabilitationseinrichtungen angeboten wird.

### 2.6.10 Armjogging

Patienten, die bei allen oben beschriebenen Bewegungsarten eine Schmerzverstärkung und lediglich im Liegen Linderung verspüren, können sich dennoch bewegen. Mit einem an den Bettgalgen oder ähnlichem befestigten elastischen Gummiband (Tera®, Deuser®) können Ruderbewegungen ausgeübt werden. Dies kann auch an Seilzugmaschinen erfolgen.



Abb. 5 Armjogging

## **3 Material und Methoden**

### **3.1 Studiendesign**

Das Ziel der Untersuchung war es, den Einfluß des BISFR-Programms auf Patienten mit Rückenschmerzen zu bestimmen. Dies wird durch den Vergleich zwischen einer Testgruppe und einer Kontrollgruppe erreicht.

Der Aufnahmezeitpunkt in die Klinik bestimmte die Gruppenzugehörigkeit. Jahreszeitliche Faktoren waren weitgehend gleich verteilt. Beide Gruppen wussten nicht von dem Therapie-Programm der jeweils anderen.

Alle Patienten wurden auf die Wahrung des Datenschutzes hingewiesen. Die den Daten zugehörigen Namen sind nur dem Studienleiter bekannt.

Beim ersten Patientenkontakt wurde von einem gut geschulten Orthopäden eine fachorthopädische Untersuchung durchgeführt und eine spezielle Sport- und Bewegungsanamnese erhoben.

Anschließend wurde aufgrund der Angaben und des Untersuchungsbefundes ein individuelles Bewegungsprogramm erstellt. Ein Orthopäde und ein Diplom-Sportlehrer leiteten die Patienten zu den einzelnen Bewegungs- und Sportarten an.

Die Patienten erhielten ein Tagebuch, in dem Schmerzintensität sowie erfolgte Bewegungsart und -dauer erfasst wurden.

Patienten der Kontrollgruppe durchliefen alle Phasen, ohne ein spezielles Bewegungsprogramm zu erhalten.

### **3.2 Gruppenmerkmale**

An der Untersuchung nahmen insgesamt 200 Personen teil. Es handelte sich um Patienten, welche zwischen Mai und Dezember 1998 eine stationäre orthopädische Schmerztherapie in der Orthopädischen Universitätsklinik Bochum im St. Josef-Hospital erhielten. Alle Patienten wurden mit dem gleichen Therapieregime behandelt. Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer betrug zwölf Tage. Die Therapie bestand aus täglichen Infiltrationen (lumbale oder cervicale Spinalnervenanalgesie (KRÄMER, 1997a), ISG-Infiltrationen, Facettengelenk-Injektionen und

Triggerpunktinfiltrationen mit Mepivacain 0,5%, sowie lumbale oder cervicale epidural-perineurale Injektionen (KRÄMER, 1997 b); Epidural/sakrale Injektionen oder dorsale epidurale Injektionen in der „loss of resistance“-Technik mit Triamcinolonacetonid und Ropivacain). Die Infiltrationen wurden bei allen Patienten durch denselben Orthopäden durchgeführt. Weiter gehörten zur Therapie Fango- und Reizstrombehandlungen, Gruppenkranken-, Wasser- und eventuell Einzelkrankengymnastik, Rückenschule und Relaxationstechniken nach Jacobson. Zudem erfolgte eine regelmäßige Stufenlagerung auf dem Lagerungs-Würfel oder im Schlingentisch. Bei HWS-Patienten erfolgte eine Traktion mit der Glisson-Schlinge.

An der Untersuchung nahmen die Patienten teil, die unter einem lokalen, radikulären oder pseudoradikulären Lumbal- oder Cervicalsyndrom litten, welches länger als sechs Wochen bestand (subakut oder chronisch nach NACHEMSON, 1992). Auch Patienten mit einem Postdiskotomiesyndrom, einem Postfusionssyndrom sowie einer Spinalkanalstenose waren in die Untersuchung eingeschlossen.

Ausgeschlossen wurden Patienten mit einer Lumbago und Patienten die in dem Untersuchungszeitraum operiert wurden. Ebenso wenig konnten Patienten teilnehmen, denen in einem internistischen Konsil aufgrund des allgemeinen Gesundheitszustands eine mäßige Belastung ohne ärztliche Kontrolle untersagt wurde. Auch Patienten mit frischer Fraktur, Spondylodiszitis oder Tumorerkrankung nahmen weder in der Test- noch in der Kontrollgruppe teil.

Die Einteilung in die Gruppen erfolgte aus organisatorischen Gründen zeitlich nacheinander.

Um Saisoneffekte abzuschwächen wurden Patienten, die im Mai und Juni aufgenommen wurden, ebenso wie die im November und Dezember aufgenommenen Patienten der Kontrollgruppe zugeordnet. Die von Juli bis Oktober aufgenommenen Patienten bildeten die Testgruppe.

Die Tagebücher der Testgruppe liefen über die Monate Juli 1998 bis Januar 1999, die der Kontrollgruppe von Mai bis September 1998 ( $K_1$ ) und von November 1998 bis April 1999 ( $K_2$ ).



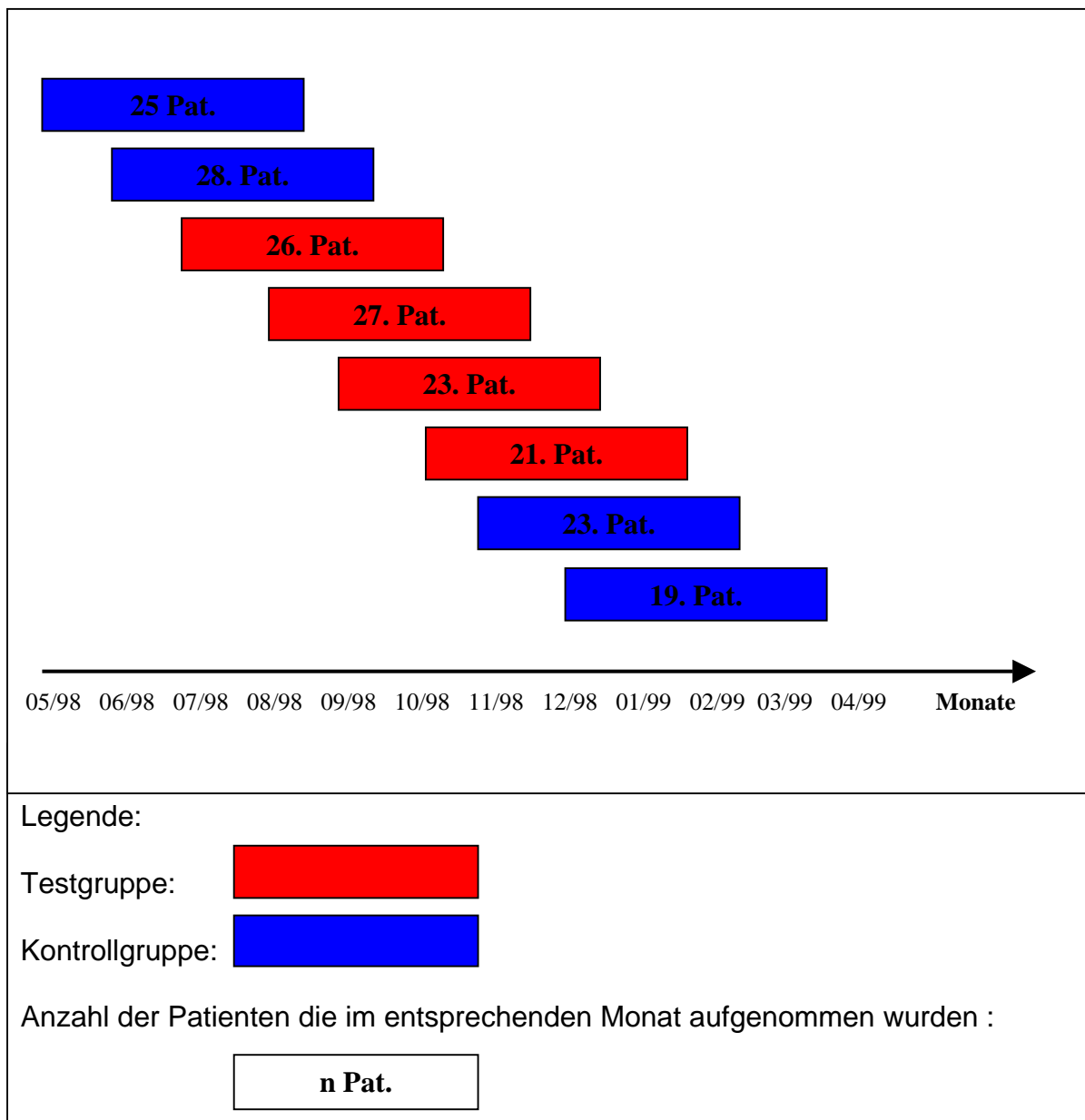


Abb. 6 : Zuordnung der Patienten zur Test- oder Kontrollgruppe nach Aufnahmemonat - Laufzeit der Tagebücher.

### **3.2.1 Testgruppe**

In die Testgruppe wurden insgesamt 107 Patienten aufgenommen. Bei 5 Patienten erfolgte während des Aufenthaltes, nach zunächst konservativem Beginn, die Mikrodiskotomie. Bei einer Patientin wurde ein Tumor und bei einem Patienten eine operationsbedürftige Coxarthrose diagnostiziert. Somit teilten wir 100 Tagebücher aus. Es waren 41 Frauen und 59 Männer mit einem Altersdurchschnitt von 52,7 Jahren (21 –78 Jahre).

### **3.2.2 Kontrollgruppe**

In die Kontrollgruppe nahmen wir insgesamt 109 Patienten auf. Acht Patienten wurden während des Aufenthaltes mikrodiskotomiert, bei einer Patientin wurde eine Neurolyse-Operation durchgeführt. Somit verteilten wir auch hier 100 Tagebücher. Es waren 54 Frauen und 46 Männer mit einem Altersdurchschnitt von 54,3 Jahren (17 – 83 Jahre).

## **3.3 Messinstrumente**

### **3.3.1 Messzeitpunkte**

Zu Beginn (Zeitpunkt  $t_0$ ) wurde bei allen Patienten die Bewegungsanamnese und die orthopädische Untersuchung durchgeführt. Anschließend erhielt die Testgruppe das BISFR-Programm.

Alle Patienten erhielten vor der Entlassung ein Tagebuch ( $t_1$ ) welches nach 90 Tagen (mittels frankiertem Rückumschlag) zurückgesandt wurde ( $t_2$ ).

Sollte das Tagebuch 10 Tage nach Zeitpunkt ( $t_2$ ) nicht eingegangen sein, so erfolgte eine telefonische Befragung ( $t_3$ ). Entweder wurde das Tagebuch noch zugesandt oder es wurden telefonisch Daten erhoben.

### **3.3.2 Sport-und Bewegungsanamnese**

Im Sport-Anamnesebogen wurde auf einer visuellen Analogskala der aktuelle Schmerz angegeben. Neben persönlichen Daten erfragten wir:

- subjektive Sportlichkeit (auf einer VAS)
- Neigungssportarten
- die Bereitschaft zur Rückenschmerzprävention.
- Beruf und Wochenarbeitszeit
- Art und die Häufigkeit von Sport in der Vergangenheit

### **3.3.3 Orthopädische Untersuchung**

Am Aufnahmetag wurde bei den Patienten die Diagnose durch Anamnese, körperliche Untersuchung sowie Begutachtung bildgebender Verfahren gesichert. Die Befunddokumentation erfolgte auf dem allgemeinen Anamnesebogen der Krankenakte. Die Diagnosen stellte bei allen Patienten derselbe erfahrene Orthopäde.

### **3.3.4 BISFR-Programm**

In einem persönlichen Gespräch wurde - unter Berücksichtigung der in der Sportanamnese erhobenen Daten - das BISFR-Programm auf den jeweiligen Patienten abgestimmt. Ein Grundgerüst war bei allen Patienten gleich. Es sollte täglich trainiert werden; stets waren die Prinzipien der Rückenschule zu beachten; bei schmerzfreier Durchführung der Übung konnte die Belastung erhöht werden. Die Prämisse war, dass sich der Schmerz während und nach der Bewegung nicht verstärkte. Es wurde mit Bewegungsarten der Stufe I begonnen. Diese sind die so genannten Geradeaussportarten wie Gehen, Laufen, Schwimmen, Radfahren, Skilanglauf, Rudern, Aquajogging, Armjoggen und Treppensteigen.

Zusammen mit Sportlehrern wurden den Patienten die Bewegungsarten vorgeführt. Beim gemeinsamen Üben wurde auf die jeweils korrekte Technik geachtet. Spezielle Bewegungsabläufe wurden anhand von Bildmaterial erklärt.

Wir empfehlen Rückenschmerzpatienten zunächst die „rückenfreundlichen“ Bewegungsarten durchzuführen.

Wenn aber die Maxime der Schmerzfreiheit beachtet wurde, durften die Patienten nach einer gewissen Zeit ihre Neigungssportart ausprobieren. MUNDT et al., 1993 zeigte in einer retrospektiven Studie mit 350 Patienten mit Bandscheibenprolaps - pair-matched mit Gesunden -, dass es keinen Zusammenhang zwischen gewissen Sportarten und Bandscheibenschäden gab. Am ehesten fand man eine schwache Korrelation bei der Sportart Bowling. Ein möglicher Zusammenhang besteht beim Krafttraining bei dem Gebrauch von „freien“ Hanteln. Das BISFR-Programm verzichtet daher auf diese Aktivitäten.

Wenn die Patienten 14 Tage Übungen der Stufe I schmerzfrei durchführen konnten, durften sie - sofern sie es wünschten - mit ihrer Wahlsportart beginnen – die Stufe II. Dabei gelten 10 Grundregeln:

- 1) Treiben Sie jeden Tag Sport.
- 2) Gehen sie beim Bücken in die Knie.
- 3) Vermeiden Sie extreme Oberkörperverdrehungen.
- 4) Vermeiden Sie Hohlkreuz und Rundrücken.
- 5) Vermeiden Sie Überkopfbewegungen mit den Armen.
- 6) Vermeiden Sie ruckartige Richtungswechsel.
- 7) Vermeiden Sie extreme Erschütterungen.
- 8) Treiben Sie keinen Wettkampfsport.
- 9) Lassen Sie Ihre Technik regelmäßig durch einen geschulten Trainer oder Übungsleiter überprüfen.
- 10) Treiben Sie keinen Sport, ohne sich zuvor aufgewärmt zu haben.

Sollte Stufe II ebenfalls vier Wochen schmerzfrei durchlaufen worden sein, konnte in Stufe III wieder mit dem Wettkampfsport begonnen werden.

Es wurde für den Patienten eine individuelle Belastungsstufe während des Klinikaufenthaltes in Kooperation mit einem Diplom-Sportlehrer festgelegt. Nach einer Tabelle konnte der Patient unter Berücksichtigung der BISFR-Prämissen die Intensität steigern oder reduzieren. Die Belastungsintensität konnte durch

Belastungsdauer, Wiederholungszahl, Pausenlänge und Anzahl der Trainingseinheiten gesteuert werden.

Tab. 1 Belastungsplan

<b>BD in Minuten</b>	<b>Wiederholungen</b>	<b>Pausen</b>	<b>TE pro Tag</b>
1	5	1 Minute	
2	4	2 Minuten	
4	2	2 Minuten	
4	3	2 Minuten	
6	2	3 Minuten	
12	1	3 Minuten	
6	3	3 Minuten	
9	2	3 Minuten	
18	1	3 Minuten	
18	2	3 Minuten	
36	1	3 Minuten	

**BD:** Belastungsdauer

**TE:** Trainingseinheit

Um den Patienten kardiopulmonal nicht zu überfordern, wurde ihm erklärt, dass man während der Belastung noch in der Lage sein sollte, Fünfwortsätze sprechen zu können, ohne außer Atem zu gelangen.

Das Bewegungsprogramm versteht sich als Ergänzung zu den in der Klinik erlernten krankengymnastischen Maßnahmen und der Rückenschule.

### **3.3.5 Tagebücher**

Beiden Gruppen wurde ein Tagebuch ausgehändigt. Es umfaßte 90 Tage und war zweigeteilt. Die Schmerzintensität wurde auf einer visuellen analogen Schmerzskala vermerkt. Die Patienten trugen die Dauer und Art der Bewegung ein und gaben eine eventuelle Schmerzmitteleinnahme an.

Die Bewegungsarten wurden nach einem Schlüssel in Bewegungspunkte umgerechnet. Die Testgruppe dokumentierte die BISFR-Bewegung sowie die zusätzlich durchgeführte Krankengymnastik. Die Kontrollgruppe vermerkte die Krankengymnastik und zusätzlich durchgeführte Bewegungsarten. Der Kontrollgruppe wurde weder zur Bewegung geraten, noch von ihr abgeraten.

### Tagebuch

Name:                     

Monat:   Juli  

Tag	0% Schmerzintensität	100%	KG/Bewegung - Dauer (Min)
1	-----	-----	KG: 10 Geh: 20
2	-----	-----	KG: 10 Geh: 30
3	-----	-----	KG: 10 Geh: 20
4	-----	-----	KG: 10 Rad 20 Geh: 20
5	-----	-----	KG: 10 Geh 40
6	-----	-----	
7	-----	-----	KG: 10 Rad: 30
8	-----	-----	KG: 5 Geh: 40
9	-----	-----	KG: 10 Geh: 20
10	-----	-----	/
11	-----	-----	KG 10 MED: Ibuprofen
12	-----	-----	Rad 45
13	-----	-----	KG: 10 Geh 35
14	-----	-----	KG: 10 Geh 20
15	-----	-----	KG: 10 Rad 40
16	-----	-----	KG: 10 Geh 40
17	-----	-----	KG: 10 Rad 45
18	-----	-----	Rad: 45
19	-----	-----	KG: 10 Geh: 20
20	-----	-----	KG: 10 Rad: 30
21	-----	-----	KG: 10 Geh: 40
22	-----	-----	/
23	-----	-----	KG: 10 Rad 45
24	-----	-----	Rad 45
25	-----	-----	KG: 10 , Geh 20
26	-----	-----	KG: 10 Geh 30
27	-----	-----	KG: 10 , Rad 20
28	-----	-----	KG: 10 , Rad 40
29	-----	-----	Rad 45
30	-----	-----	KG 10 , Geh: 30
31	-----	-----	Rad 30 , Geh: 20

Abb. 7 Tagebuch

### 3.3.6 Bewegungspunkte

Um die Bewegungs- und Sporttätigkeiten zu quantifizieren, wurden die Aktivitäten nach Dauer und Art in Punkte umgerechnet. Diese Bewegungspunkte konnten auch vom Patienten errechnet und „gesammelt“ werden, was die Motivation noch erhöhte. Eine Umrechnung für eine derart heterogene Gruppe konnte nicht vollkommen exakt sein. Eine weitere Schwierigkeit stellte die unterschiedliche Bewertung gleicher Sportarten in der Literatur dar. Die BISFR-Bewegungspunkte orientierten sich sowohl am Energieverbrauch als auch an der Herzfrequenz, welche bei der jeweiligen Bewegungsart pro Zeiteinheit im Mittel erreicht wurden. Gemäß unseren eigenen Messungen als auch den Ausführungen von WÖLLZENMÜLLER et al. (1975) und ROST (1995) setzten wir die Bewegungspunkte wie folgt fest:

Tab. 2 a, b Bewegungspunkte, Sport und Bewegungsarten in ihrer Bewegungsintensität pro Zeiteinheit

#### a: 1. Stufe

Sport-Bewegungsart	Punktwert
Laufen (Jogging)	10
Gehen (Walking)	4
Schwimmen	6
Radfahren	5
Aquajogging	7
Ski-Langlauf	12
Aerobic	6
Gymnastik	2
Krafttraining	3
Armjogging	4
Inline- / Eislaufen	3
Bergwandern	4
Tanzen	3
Gartenarbeit	3
Hausarbeit	2

#### b: 2. Stufe

Sport-Bewegungsart	Punktwert
Fußball	12
Handball	11
Basketball	11
Volleyball	7
Golf	3
Tischtennis	5
Tennis	6
Badminton	7
Squash	10
Ski-alpin	5
Tauchen	2
Kanu	8
Reiten	2
Surfen	3
Eishockey	14

## 4 Ergebnisse

### 4.1 Fehlende Daten

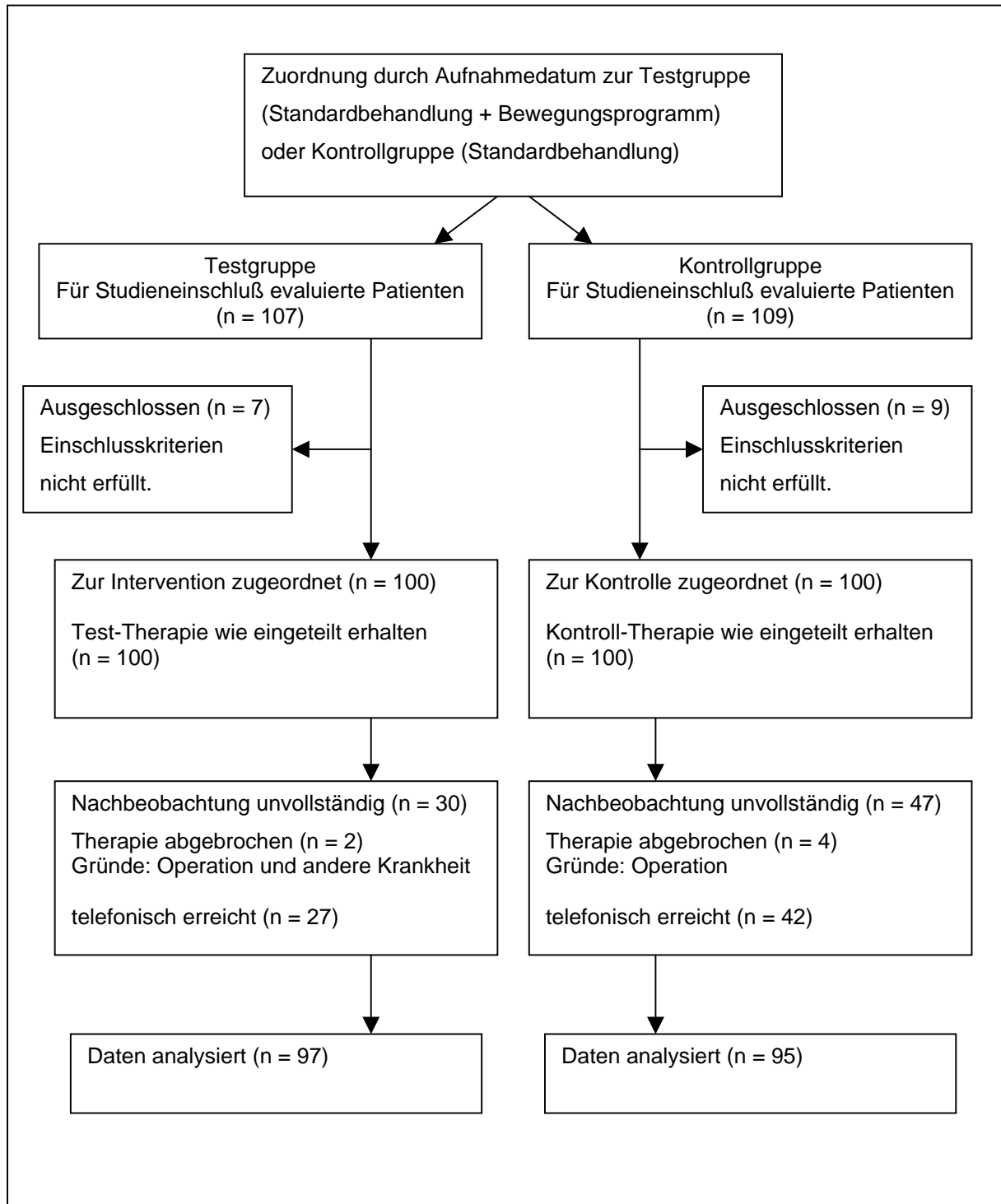


Abb. 8 Flussdiagramm der Patientenpopulation



30 Tagebücher der Testgruppe wurden auch nach Aufforderung zum Zeitpunkt ( $t_3$ ) nicht zurückgeschickt oder wurden nicht vollständig geführt. Ein Patient konnte wegen einer Dekompressions-Operation der Wirbelsäule, ein anderer wegen einer dekompensierten obstruktiven Atemwegserkrankung nicht am Programm teilnehmen. Ein Patient konnte nicht erreicht werden. Bei 27 Patienten wurden telefonisch Daten ermittelt.

In der Kontrollgruppe wurden 53 Tagebücher zurückgesandt. Vier Patienten wurden wegen einer Bandscheibenoperation aus der Studie genommen, ein Patient konnte nicht erreicht werden. 42 Patienten wurden telefonisch befragt.

## 4.2 Ausgangsdaten

Zur Auswertung kamen somit Daten von 97 Test- und 95 Kontrollpatienten.

Das waren in der Testgruppe 41 Frauen und 56 Männer mit einem Altersdurchschnitt von 52,4 Jahren (21-77 Jahre). Die Kontrollgruppe bestand aus 51 Frauen und 44 Männern mit einem Durchschnittsalter von 54,8 Jahren (25 - 83 Jahre).

Die Patienten in der Testgruppe waren im Durchschnitt 52 Minuten am Tag bereit, in eine Verbesserung ihrer „Rückengesundheit“ zu investieren (min: 15, max: 240). In der Kontrollgruppe wurden im Schnitt 46 Minuten ( min: 10, max: 120) angegeben. Die wöchentliche Arbeitszeit lag in der Testgruppe bei  $\bar{x} = 43,1$  Stunden (0 – 80); in der Kontrollgruppe bei  $\bar{x} = 43,4$  Stunden (0 – 80).

Tab. 3 Ausgangsdaten – Mittelwerte, Testgruppe : Kontrollgruppe

	Testgruppe	Kontrollgruppe
Alter in Jahren	52,4	54,8
Subjektive Sportlichkeit	55,3	53,2
Ausgangsschmerz	66,9	67,1
Zeit für Rückenverbesserung Minuten pro Tag	52,1	45,9
Arbeitszeit Stunden pro Woche	43,1	43,4
Geschlecht	weiblich : 41 männlich : 56	weiblich : 51 männlich : 44

In beiden Gruppen gingen die meisten Patienten einer überwiegend sitzenden Tätigkeit nach – (T: 50; K: 55). Die Anzahl der Hausfrauen waren mit T:22 und K:20 ähnlich gleich verteilt wie Berufe mit mäßiger und starker körperlicher Belastung z.B. Rolladenbauer, Krankenschwester, Koch, Feuerwehrmann etc. (T:6; K:7)  
 In der Testgruppe befanden sich 15 Patienten, in der Kontrollgruppe 13 Patienten im Ruhestand.

Tab. 4 Berufe

<b>Beruf</b>	<b>T.-Gruppe</b>	<b>K.-Gruppe</b>
Hausfrau	22	20
kaufm. Angestellter	16	13
Ruheständler/in	13	15
Lehrer/in	7	7
Unternehmer/in	6	5
Buchhalter/ Sekretärin	6	8
Beamter/in	6	4
Ingenieur	2	5
Arzt/Ärztin	3	2
Postbeamter	2	5
Polizist	2	2
Krankenschwester	2	1
Seelsorger/in	1	1
Literaturwissenschaftler	1	0
Jurist	1	2
Gastronom	1	0
Eishockey-Profi	1	0
Wachmann	0	1
Student	0	1
Rolladenbauer	0	1
Koch	0	1
Kameramann	0	1
Feuerwehrmann	0	1
Apotheker	0	1
keine Angaben	4	0

#### 4.2.1 Diagnosen

Lumbale Beschwerden (n=161) standen im Vordergrund vor HWS- (n=28) und BWS-Beschwerden (n=3). Im Einzelnen waren es:

Tab. 6 Diagnosen

Diagnosen	T.-Gruppe	K.-Gruppe
Radikuläres Lumbalsyndrom	38	41
Pseudoradikuläres Lumbalsyndrom	13	11
Postdiskotomiesyndrom	11	14
Spinalkanalstenose	11	10
Lokales Lumbalsyndrom	6	4
Radikuläres Cervicobrachialsyndrom	8	4
Pseudoradikuläres Cervicobrachialsyndrom	4	6
Cervicocephalgie	2	4
BWS-Syndrom	3	0
Postfusionssyndrom	1	1

#### 4.2.2 Neigungssportarten

Die Frage nach den ausgeübten Sportarten oder welche die Patienten gerne einmal ausprobieren würden, ergab folgendes: Radfahren und Schwimmen lagen vor Walking/Gehen, gefolgt von Tennis, Jogging, Golf und Turnen.

Auffallend war, daß die Patienten Schwimmen und Jogging entweder „liebten“ oder „hassten“.

Nach Alter und Geschlecht zeigten sich Unterschiede bei den Neigungssportarten:

fünfzigjährige und jüngere Frauen favorisieren Radfahren (15), Schwimmen (10) und Gehen (8).

Bei Frauen über 50 Jahren lagen Schwimmen (24) und Gehen (24) vor Radfahren (21).

Die jüngeren Männer (<= 50 Jahre) mochten Radfahren (20), Jogging (11) und Tennis (10).

Die Männer über 50 Jahren bevorzugten Radfahren (19), Schwimmen (18) und Tennis (13) vor Golf (10).

Tab. 7 Neigungssportarten (zwei Nennungen möglich)

Sportart	Anzahl
Radfahren	84
Schwimmen	73
Gehen	47
Tennis	37
Joggen	26
Golf	20
Turnen	17
Fußball	14
Ski Alpin	14
Reiten	10
Tanzen	10
Fitneß	9
Volleyball	6
Ski Langlauf	4
Squash	4

Sportart	Anzahl
Tischtennis	4
Badminton	3
Handball	3
Leichtathletik	3
Motorsport	3
Inlineskating	2
Kegeln	2
Segeln	2
Surfen	2
Basketball	1
Eishockey	1
Gartenarbeit	1
Karate	1
Rudern	1
Tauchen	1

## 4.3 Abschlußdaten

### 4.3.1 Schmerz

In der Testgruppe lag der durchschnittliche Schmerzwert der Tage 81-90 signifikant ( $p < 0,001$ ) unter dem der Kontrollgruppe bei nahezu gleichem Ausgangswert.

In beiden Gruppen sank die Schmerzintensität signifikant nach der Behandlung.

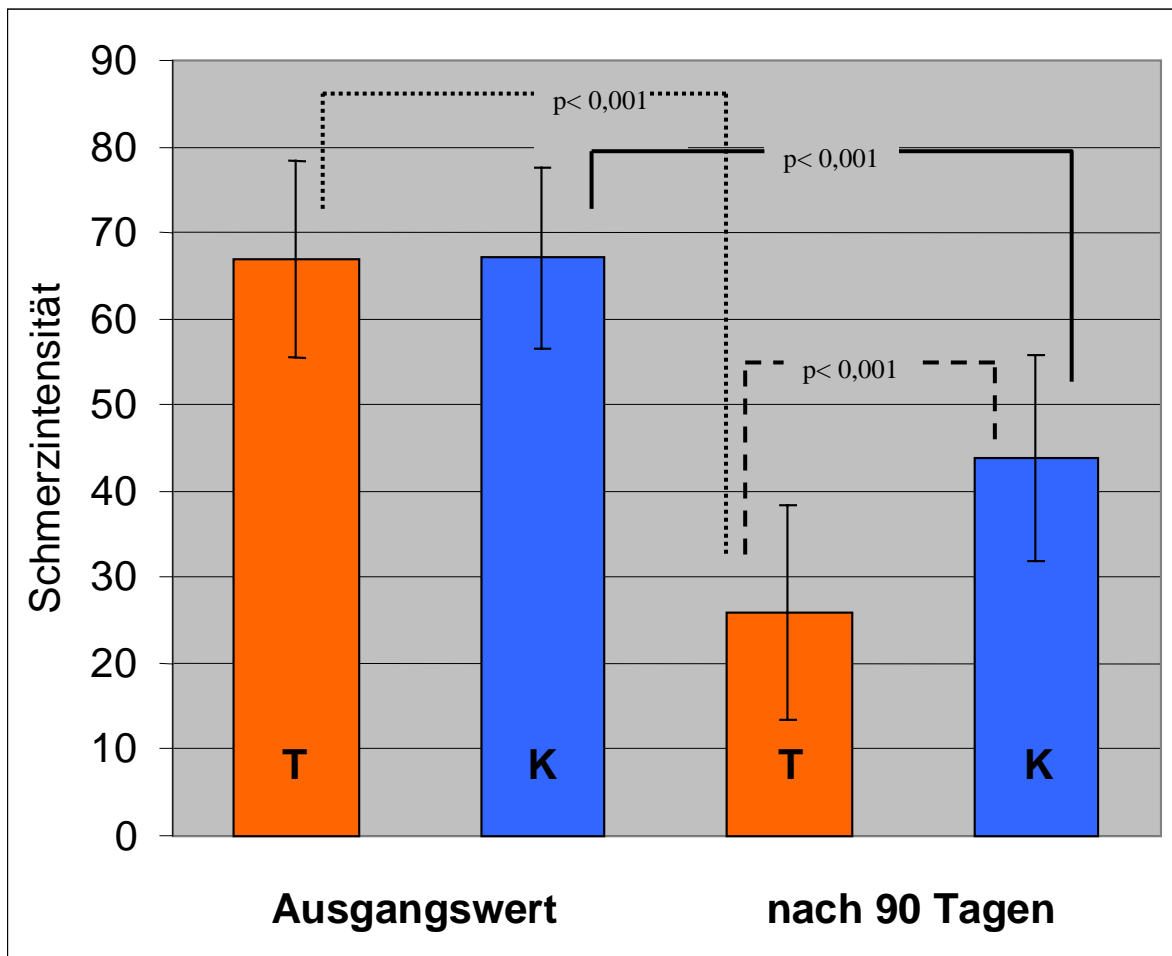


Abb. 9 Schmerzintensität der Test- und Kontrollgruppe vor der Behandlung und zum Ende der Befragung.

Betrachtet man den Verlauf der Schmerzintensität-Mittelwerte, so sieht man bei den Patienten der Testgruppe und denen der Kontrollgruppe einen unterschiedlichen Verlauf. Das Schmerzniveau der Testgruppe sinkt leicht, während das der Kontrollgruppe leicht steigt. Eine statistische Aussage läßt sich bei nur geringen Unterschieden allerdings nicht ableiten.

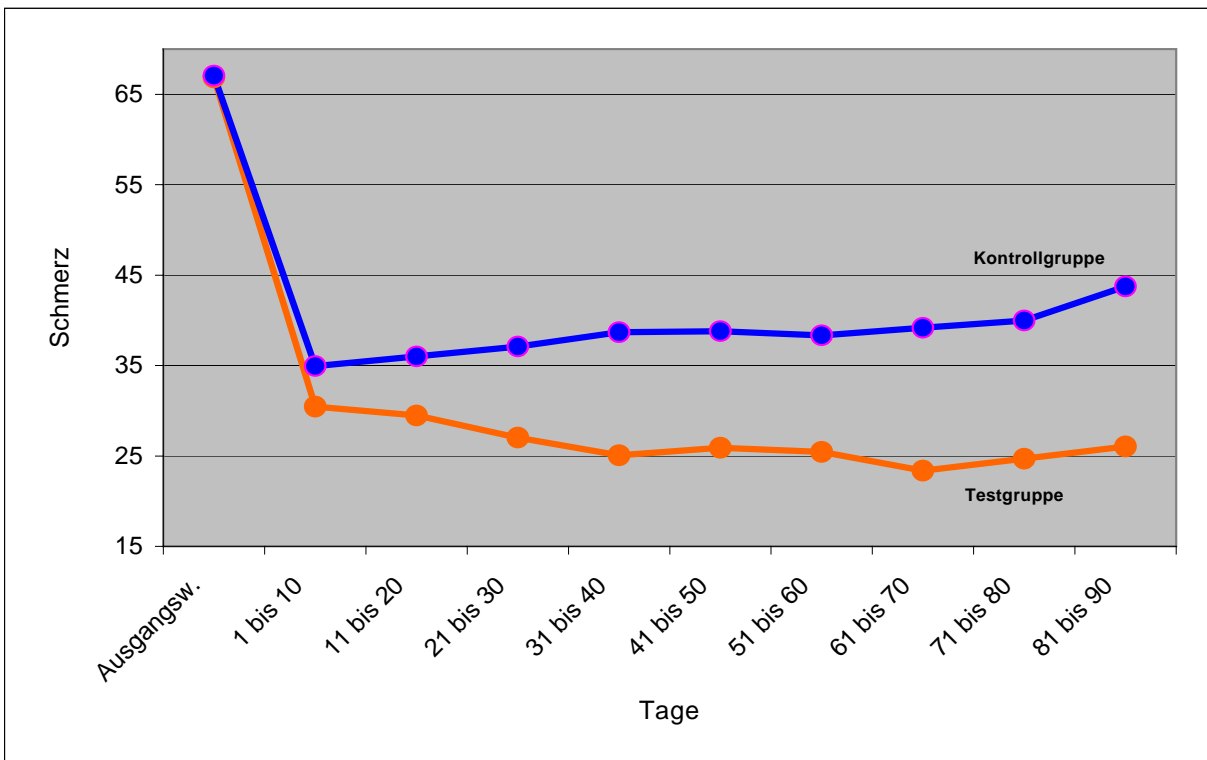


Abb. 10 Schmerzmittelwerte (VAS) im zeitlichen Verlauf

#### 4.3.2 Bewegungspunkte

Die Patienten der Testgruppe bewegten sich im Mittel deutlich mehr bzw. haben mehr Bewegungspunkte gesammelt als die der Kontrollgruppe.

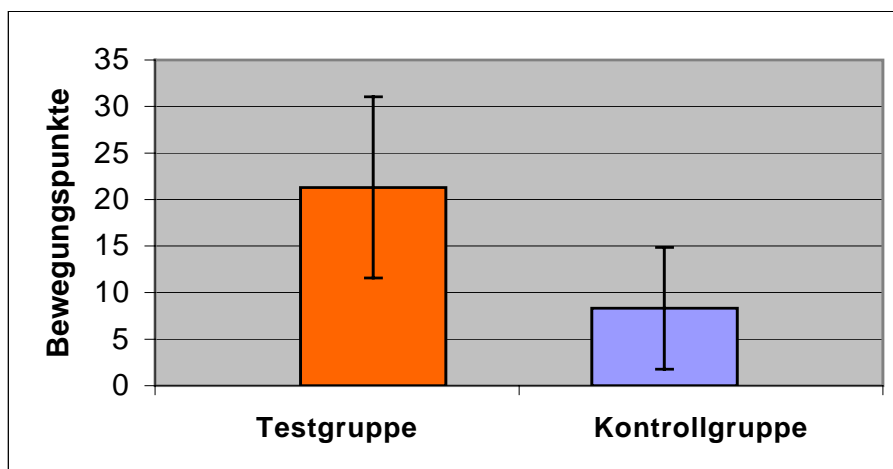


Abb. 11 Durchschnittliches tägliches Bewegungsausmaß pro Zeiteinheit (Bewegungspunkte) in den letzten 10 Tagen der Beobachtung.

Die Ergebnisse beziehen sich auf die Tage 81 bis 90 des Untersuchungszeitraums. In der Testgruppe wurden im Durchschnitt pro Tag 21,3 (SD± = 19,7, Min: 0, Max: 126); in der Kontrollgruppe 8,32 (SD± = 12,1, Min: 0, Max: 85,2) Bewegungspunkte gesammelt.

Der Unterschied zwischen der Test- und Kontrollgruppe ist hoch signifikant ( $p < 0,001$ ).

21,3 Bewegungspunkte entsprechen nahezu einer Stunde Walking. Der Spitzenwert von 126 Bewegungspunkten in der Testgruppe entspricht einer Leistung von zwei Stunden Jogging täglich. Aber auch in der Kontrollgruppe wurde mit 8,3 Bewegungspunkten im Durchschnitt eine tägliche Leistung wie z.B. 15 Minuten Radfahren erreicht. Ohne spezielle Aufforderung gab es in der Kontrollgruppe auch „Vielbeweger“ mit bis zu 85 Bewegungspunkten – das entspricht etwa drei Stunden Radfahren täglich.

Während der gesamten Zeit bewegten sich die Patienten der Testgruppe im Schnitt mehr als die der Kontrollgruppe.

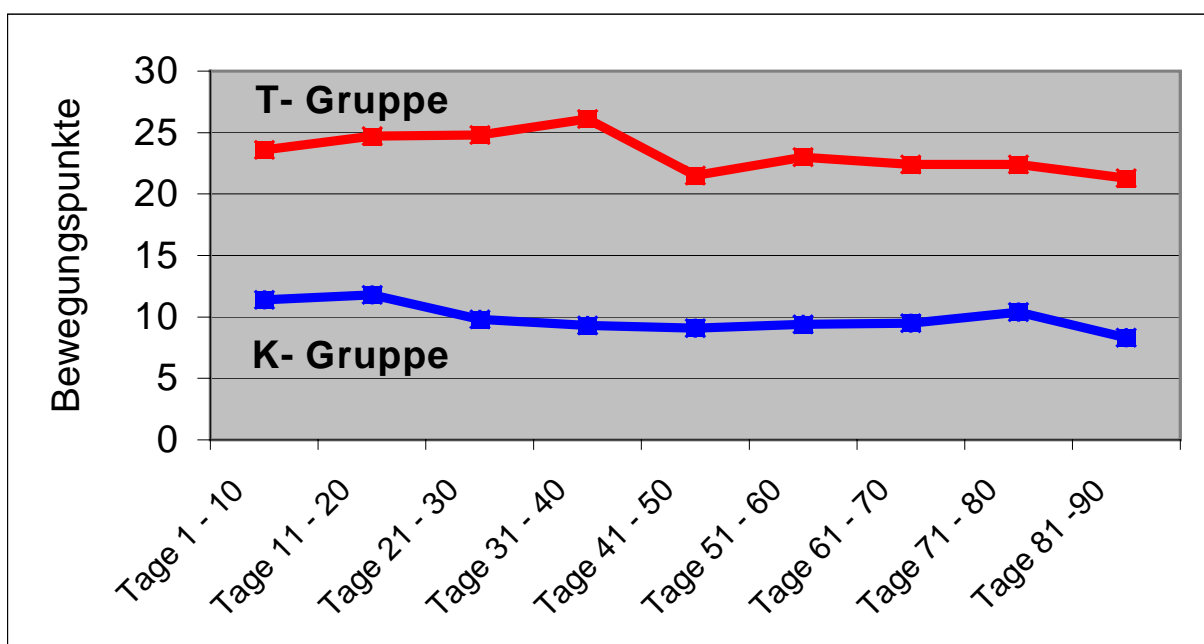


Abb. 12 Bewegungspunkte im Verlauf

### **4.3.3 Varianzen zwischen Gruppen**

#### **4.3.3.1. Varianzen der beiden Kontrollgruppen**

Zwischen der ersten Kontrollgruppe ( $K_1$ ) und zweiten Kontrollgruppe ( $K_2$ ) wurden mögliche Unterschiede hinsichtlich der Zielgrößen Schmerzintensität und Bewegungspunkte mittels Varianzanalyse untersucht. In der ersten Gruppe befanden sich 53 und in der zweiten Gruppe 42 Patienten. In einfaktoriellen univariaten Varianzanalysen wurden jeweils die Variablen: Schmerzstärke und Bewegungspunkte sowie der Faktor: Zeitpunkt der Kontrollgruppe untersucht. Bei der Schmerzstärke lag der Mittelwert von  $K_1$  bei 46,2 und von  $K_2$  bei 40,2. Der F-Wert lag aber mit 1,66 unter dem kritischen F-Wert von 3,94 so daß die Nullhypothese (die Gruppen unterscheiden sich nicht) angenommen werden mußte.

Bei den Bewegungspunkten lag der Mittelwert von  $K_1$  bei 6,2 und von  $K_2$  bei 10,9.

Der F-Wert von 3,66 lag ebenfalls knapp unter dem kritischen F-Wert von 3,94.

Hier konnte ebenfalls die Nullhypothese auf dem 5%-Signifikanzniveau nicht verworfen werden.

Zwischen der ersten Kontrollgruppe ( $K_1$ ) und zweiten Kontrollgruppe ( $K_2$ ) bestanden hinsichtlich der Zielgrößen Schmerzintensität und Bewegungspunkte keine signifikanten Varianzunterschiede.

#### **4.3.3.2 Varianzen zwischen den Patienten die die Tagebücher zurücksandten und den telefonisch befragten Patienten.**

Betrachtet man innerhalb der Testgruppe die Patienten die das Tagebuch ausgefüllt zurücksandten und die telefonisch befragten, so war der durchschnittliche Schmerzwert in der Telefongruppe höher. Im t-Test lag der Unterschied bei  $p= 0,19$ . In der Kontrollgruppe war der Unterschied der Tagebuch- und Telefonpatienten beim Schmerz mit  $p= 0,027$  signifikant.

Eine Varianzanalyse der 4 Gruppen: Testgruppe-Tagebuch, Testgruppe-Telefon, Kontrollgruppe-Tagebuch, Kontrollgruppe-Telefon ergab einen F-Wert von 10,35 bei



einem kritischem F-Wert von 2,65. Die Varianz zwischen den Gruppen war also deutlich größer als innerhalb der Gruppen.

Tab. 8 Schmerzwerte der Untergruppen Tagebuch – Telefon

	Mittelwert	Standartabweichung	Min.- Max	n
T.-Tagebuch	24,9	22,6	0 – 80	70
T.- Telefon	32,1	28,4	0 – 85	27
K.-Tagebuch	39,0	25,4	0 – 100	53
K.- Telefon	49,8	20,3	10 – 90	42

#### 4.3.4 Schmerzmittel

In der Testgruppe wurden von weniger Patienten und an weniger Tagen Schmerzmittel eingenommen als in der Kontrollgruppe.

67 Patienten der Testgruppe haben während der Tage 81 bis 90 kein Schmerzmedikament eingenommen. 59 Patienten der Kontrollgruppe kamen im gleichen Zeitraum ohne Schmerzmittel aus. In der Testgruppe nahmen 30 Patienten im Schnitt an 3,9 Tagen im obigen Zeitraum Schmerzmedikamente, während 36 Patienten der Kontrollgruppe an durchschnittlich 6,1 von 10 Tagen Schmerzmittel gebrauchten.

Unterteilt man die Probanden betreffend ihrer Schmerzmitteleinnahme in 3 Gruppen, (1. kein Analgetikagebrauch; 2. Analgetika an bis zu 5 von 10 Tagen; 3. Analgetika an mehr als 5 von 10 Tagen) kann man einen 6-Felder Chi-Quadrat-Test durchführen.

Tab. 9 Sechsfelder-Test - Häufigkeit der Schmerzmitteleinnahme pro Patient

	kein Analgetikum	Analgetikum an 1-5 von 10 Tagen	Analgetikum an mehr als 5 von 10 Tagen
Testgruppe	67	24	6
Kontrollgruppe	59	18	18

Bei einem Chi-Quadrat-Wert von 7,34 zeigte sich ein signifikanter Unterschied ( $p=0,025$ ). Patienten der Testgruppe nahmen seltener Analgetika ein als die der Kontrollgruppe. Eine Berechnung war in dieser Weise möglich, da keine Zelhäufigkeit kleiner als 5 war (AGRESTI, 1990).

Betrachtet man die Gesamtheit der Tage 81 bis 90 ist das Ergebnis noch deutlicher. Die Patienten der Testgruppe nahmen an insgesamt 121 Tagen Schmerzmittel, während in der Kontrollgruppe an 224 Tagen Schmerzmedikamente eingenommen wurden. Das bedeutet, daß in der Kontrollgruppe an 24 % der Tage und in der Testgruppe an 12 % der Tage ein Schmerzmittel eingenommen wurde.

Der Chi-Quadrat-Wert von 40,15 zeigt einen hoch signifikanten Unterschied der beiden Gruppen.

Tab. 10 Vierfeldertest – An wie viel Tagen wurden Schmerzmittel eingenommen?

	Tage an denen ein Schmerzmittel eingenommen wurde	Tage an denen kein Schmerzmittel eingenommen wurde
Testgruppe	849	121
Kontrollgruppe	726	224

#### 4.3.5 Korrelation Bewegung - Schmerz

Es zeigte sich eine negative Korrelation zwischen Bewegungspunkten und Schmerzen, sowohl des Gesamtkollektivs als auch innerhalb der beiden Gruppen (T. und K.)

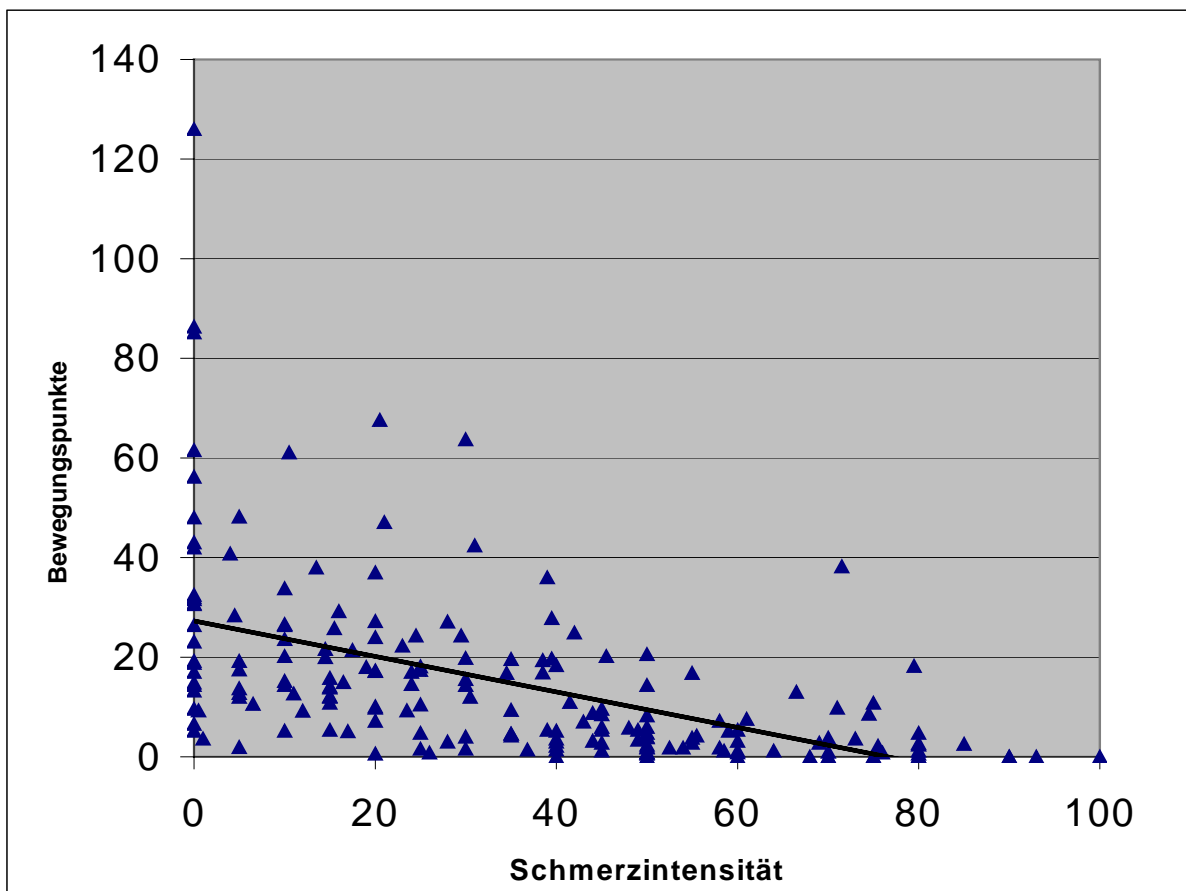


Abb. 13 Korrelation Bewegung : Schmerz

Bewegung und Schmerz korrelieren mit einem Bravis-Pearson-Koeffizienten von  $r = -0,49$  ( $p < 0,001$ ).

In der Testgruppe beträgt  $r = -0,43$ ; in der Kontrollgruppe  $r = -0,51$ .

Dieser statistische Zusammenhang kann je nach Literatur als gering bis mittel interpretiert werden (BÜHL et ZÖFEL, 1998, BROSIUS et BROSIUS, 1995).

#### 4.3.6 Korrelation Sportlichkeit – Bewegungspunkte

Die tatsächlich erreichte Anzahl an Bewegungspunkten korreliert mit dem subjektiven Grad der Sportlichkeit mit  $r = 0,24$  gering ( $p < 0,001$ ).

## 5 Diskussion

In unserer Studie prüften wir bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen die Effektivität eines Sport- und Bewegungsprogramms. Ziel des Programms war es, Schmerzen und/oder den Schmerzmittelgebrauch zu reduzieren.

In einem Zeitraum von Mai 1998 bis April 1999 wurden 200 Patienten mit chronischen Rücken- und Nervenwurzelschmerzen prospektiv untersucht. Es handelte sich um Patienten, welche in der orthopädischen Universitätsklinik Bochum stationär therapiert wurden. Hier wird seit 15 Jahren ein multimodales konservatives Schmerzbehandlungskonzept homogen durchgeführt. Dies beinhaltet - neben speziellen Injektionen – Physiotherapie, physikalische Maßnahmen, Extensionsbehandlungen, Rückenschule und psychologische Therapie.

Die Patienten wurden je nach Aufnahmezeitpunkt in eine Test- und eine Kontrollgruppe eingeteilt. Die jeweilige Gruppe wusste nicht von der Existenz der anderen, das heißt die Studie war „einfach blind“. Alle Patienten wurden eingangs von demselben Arzt untersucht. Die jeweilige Diagnose wurde durch ein modernes bildgebendes Verfahren gesichert. Derselbe Arzt therapierte alle Patienten nach einem kontinuierlichen Programm. Alle waren Patienten auf derselben Station.

Wir beobachteten, dass einige Patienten nach vermehrter Bewegung schmerzärmer wurden. Andere aber berichteten über eine Schmerzzunahme nach Bewegung.

In der Literatur werden verschieden Sportarten zur Schmerzreduktion genannt.

Wir stellten daher für das „Bewegung im schmerzfreien Raum“-BISFR-Programm die Prämisse auf: Die Bewegung darf den Schmerz nicht verstärken!

Wir empfehlen den Patienten keine bestimmte Sportart, sondern grundsätzlich körperliche Bewegung. Wir halten sogenannte Geradeaussportarten für sehr geeignet, da ihre Bewegungsmuster besonders wirbelsäulen- und gelenkfreundlich sind. Jedem Patienten wurde nach einer „Sportanamnese“ ein individuelles Bewegungs- und Sportprogramm erstellt.

Wir versuchten den Neigungen der Patienten entgegen zu kommen, um die Compliance zu erhöhen.

Die Patienten beider Gruppen führten über 90 Tage ein Schmerz- und Bewegungstagebuch. Sie vermerkten sowohl die Schmerzintensität auf einer visuellen Analogskala, als auch die Art und Dauer der durchgeführten Bewegung. Zusätzlich trugen die Patienten ein, ob sie ein Schmerzmittel eingenommen haben. Die Bewegung wurde nach einem bestimmten Schlüssel in Bewegungspunkte umgerechnet.

Der Unterschied zwischen beiden Gruppen bestand bei gleichen Ausgangswerten und sonst identischem Therapieregime in dem zusätzlichen individuellen Bewegungsprogramm der Testgruppe. Der Kontrollgruppe wurde jedoch nicht von sportlichen Aktivitäten abgeraten.

Nach Auswertung der Tagebücher und telefonischer Befragung von 97 Patienten der Testgruppe und 95 Patienten der Kontrollgruppe zeigte sich, dass sich die Testpatienten hoch signifikant mehr bewegten als die Kontrollpatienten.

Ebenso war das Schmerzniveau der Testgruppe geringer als das der Kontrollgruppe. Nach 90 Tagen lag der Mittelwert für Schmerzintensität der Testgruppe bei 26 gegenüber 43,7 der Kontrollgruppe bei einem nahezu gleichen Ausgangswert von 66,9 und 67,1. Der Unterschied war im student t-Test hoch signifikant.

In der Testgruppe wurde von weniger Patienten und an weniger Tagen ein Schmerzmedikament eingenommen. Die Chi-Quadratwerte des Vierfelder- und Sechsfeldertests zeigten eine Signifikanz.

Die Bewegungsintensität korrelierte mit der Schmerzintensität mit einem Koeffizienten von  $r = -0,49$  gering bis mittel.

Die Ergebnisse der Arbeit werden in ihrer Aussage durch ähnliche Studien aus der Literatur bestätigt.

Ein isoliertes Krafttraining führte in den Studien von KANKAANPÄÄ, 1999; MANNICHE, 1991 und RISCH, 1999 in kontrollierten randomisierten Untersuchungen zu einer signifikanten Reduktion des Parameters Schmerz ( $p$  lag zwischen 0,05 und 0,002).

BENTSEN, 1997 untersuchte die Schmerzreduktion durch Krafttraining. Das Training unter Anleitung in einem Studio ergab dabei ein gleichwertiges Ergebnis wie das Training mit einem häuslichen Eigenprogramm.

Um eine Querschnittszunahme der Rückenstreckmuskulatur zu erreichen, scheinen isometrische Übungen, dynamisches Widerstandstraining und dynamisch-statisches Widerstandstraining gleich gut geeignet (DANNEELS, 2001)

Fitnessprogramme zeigten ebenfalls in kontrollierten randomisierten Studien einen schmerzreduzierenden Effekt bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen (BENDIX et al., 1995, FROST et al, 1995 und 1998, MOFFETT et al., 1999).

HANSEN et al (1993) und MANNION et al. (1999) fanden einen gleichwertig positiven Effekt von Fitness- und Krafttraining bei chronischem Rückenschmerz.

Unsere Studie hatte einen quasi experimentellen Versuchsplan als Kohortenstudie bzw. prospektive Studie mit historischer Kontrollgruppe. Nach EBM-Kriterien (evidence based medicine) entspräche die Studie der II-2 a Kategorie (University of York, 1996).

Um die Qualität der Untersuchung hoch zu halten sollten systematische Fehler (bias) durch Design und Durchführung der Studie vermieden werden. Die interne Validität wird durch eine Randomisierung erhöht, da Selektions-bias gering gehalten werden. Bei der Aufteilung der Gruppen nach Aufnahmedaten handelte es sich um keine Randomisierung. Da sich alle Patienten auf der gleichen Station aufhielten war eine

Randomisierung organisatorisch nicht durchführbar. Die Kontrollgruppe hätte sicherlich eine ebenso intensive Betreuung gewünscht, wie sie die Testgruppe erhalten hat. Ein Wechsel der Therapiearme oder eine Aktivierung durch Mitpatienten wäre bei der Kontrollgruppe wahrscheinlich gewesen. Eine Aufteilung in zwei Kliniken wäre eine mögliche Alternative wobei die unterschiedlichen Klinikbedingungen einen Einfluss nehmen könnten.

Um Saisoneffekte wie Temperatur oder Lichteinstrahlung sowie andere unbekannte zirkadiane Effekte zu mildern wurde die Kontrollgruppe in eine Frühjahrs-Sommergruppe und eine Herbst-Wintergruppe aufgeteilt. Die Gruppenzuordnung erfolgte lediglich abhängig vom Aufnahmedatum - wobei jedoch möglicherweise weitere Variablen übersehen wurden.

BENSON und HARTZ (2000) fanden keinen signifikanten Unterschied im Behandlungseffekt zwischen hochwertigen Beobachtungsstudien und randomisierten, kontrollierten Studien.

Eine Randomisierung sollte durch ein externes Zentrum durchgeführt werden, um einen Allokation-bias zu vermeiden.

Da zuerst 53 Patienten der Kontrollgruppe, anschließend die 97 Patienten der Testgruppe und dann nochmals 42 Kontrollpatienten in die Studie aufgenommen wurden, ist ein Vergleich zwischen den beiden Kohorten der Kontrollgruppe interessant. Möglich wäre es durch die Erfahrungen mit der Testgruppe die zweite Kohorte unbewusst anders zu behandeln und so andere Ergebnisse zu induzieren. Zu diesem Zweck erfolgte eine Varianzanalyse, wobei sich kein signifikanter Unterschied der beiden Kontrollgruppen zeigte.

Da die Studie nur auf der Patientenseite verblindet war und wir von der Effektivität des BISFR-Programms überzeugt waren, ist es möglich, dass wir besonders auf die Testgruppe unbewusst Einfluss genommen haben. Unser Optimismus könnte bei diesen Patienten eine Schmerzreduktion bewirkt haben im Sinne eines Rosenthal-Effekts (ROSENTHAL et JACOBSON, 1968).

Die Ergebnisse – „Schmerzreduktion durch Bewegung“ und „Reduktion der Medikamenteneinnahme“ - könnten durch eine verstärkte Dissimulation der Testgruppe beeinflusst worden sein, da die Testpatienten möglicherweise motivierter

waren und bewusster Bewegungspunkte sammelten oder vorgaben, dies getan zu haben.

Das Ausmaß der durchgeführten Bewegung wurde nur durch das Patiententagebuch dokumentiert. Die sogenannte Treatment-Integrität (feste Behandlungsdauer und –art) wurde also nicht von Personen oder mittels Video kontrolliert.

Bei den Tagebüchern ist auf Informations-bias zu achten. Es ist möglich, dass die Patienten der Testgruppe akribischer die erbrachte Bewegung dokumentierten, da wir der Bewegung eine besondere Wichtigkeit beigemessen haben (Erinnerungs-bias). Die Kontrollgruppe wurde ebenfalls aufgefordert Dauer und Art von geleisteter Bewegung und Physiotherapie und geleistetem Sport zu dokumentieren. Allerdings haben wir bei diesen Patienten nicht auf tägliche Bewegung gedrängt.

Möglicherweise wollten einige Patienten der Testgruppe sich für die sehr intensive Betreuung mit einem wohlwollenden Schmerztagebuch bedanken (Answerer-bias).

Da auch die telefonische Befragung durch einen behandelnden Arzt durchgeführt wurde war ein Interviewer-bias möglich.

Durch experimentelleren Aufbau wäre die interne Validität zu steigern, welches jedoch möglicherweise die externe Validität – also Brauchbarkeit - reduzieren würde. Ein streng experimentelles Studiendesign bedeutet nicht automatisch ein besseres Ergebnis (outcome) für den Patienten (GARTLAND, 1988).

Ein Zustimmungs-bias war nicht zu befürchten, da alle Patienten, die in die Studie eingeschlossen wurden, bei Behandlungsbeginn mit dem Programm einverstanden waren.

Dennoch war in der Kontrollgruppe der Anteil der nicht zurückgesandten Tagebücher deutlich höher. Diese höhere drop-out-Rate kann als geringere Akzeptanz gewertet werden. Generell führt eine höhere Compliance zu einem besserem „outcome“ der Patienten, sowohl in den Behandlungs- als auch in den Placebogruppen HORWITZ et al, 1990, 1993).

Möglicherweise wiesen in unserer Studie die Patienten der Testgruppe vermehrt eine Persönlichkeitsstruktur mit hoher Compliance-Bereitschaft auf. Dadurch könnte der Effekt des Bewegungsprogramms verstärkt worden sein.



Nach dem „intent-to-treat-Ansatz“ erfolgte die Nachbefragung der Patienten, welche das Tagebuch nicht zurücksandten um den Selektions-bias zu verkleinern.

Bei unseren drei Zielgrößen: Schmerz, Bewegung und Medikamenteneinnahme muß bedacht werden, dass der angenommene  $\alpha$ -Fehler von 5% ( $p=0,05$ ) durch Mehrfachtestungen auch ohne Signifikanz unterschritten werden kann. Ergo können wir nur Ergebnisse, die auf dem 1.7%-Niveau signifikant sind als valide bezeichnen.

Die Effektstärke  $\gamma$  erreichte mit - 0,73 beim Zielwert Schmerz und mit 0,795 beim Zielwert Bewegungspunkte fast das Niveau „stark“.

Die Teststärke (power) der Studie lag über 90 % - bei obiger Effektstärke, 193 Patienten und einem angenommenen  $\alpha$ -Fehler von 1%.

Die Frage nach dem Wirkprinzip bleibt offen. Hier können mehrere Theorien angeführt werden:

Über die Durchblutungssteigerung, die mit jeder Bewegung verbunden ist, können in der Peripherie Entzündungsmediatoren abgebaut werden (ZIMMERMANN, 1993).

Wirbelsäulen- bzw. gelenkfreundliche Bewegungsmuster belegen im Zentralnervensystem die Bahnen für die Schmerzweiterleitung und Schmerzwahrnehmung.

Die mögliche Endorphinwirkung, welche in der Literatur kontrovers diskutiert wird, ist ausführlich beschrieben worden (HAIER et al., 1981; Janal et al., 1984; LANGENFELD, 1987; FOURNIER, 1997). Eine schlüssige Studie sollte die durch Liquorpunktion gewonnene Endorphinkonzentrationen nach definierter Bewegung auswerten. Dies wird ethisch nicht zu verwirklichen sein.

Von großer Bedeutung sind wahrscheinlich psychologische Komponenten, wie die der Steigerung der Aktivität und des Selbstwertgefühls. Der Patient kann aus einer hilflosen, external bestimmten Haltung in eine aktive selbstbestimmende Rolle wechseln.

Auch der soziale Aspekt, z.B. wieder in einer Gruppe Sport zu treiben, kann zur Schmerzreduktion beitragen.

Wir wissen, dass eine Vermeidungshaltung zur Chronifizierung von Rückenschmerzen beitragen kann. Neuere Strategien widerlegen das Prinzip einiger Rückenschulen ständig auf den vorgeschädigten Rücken aufzupassen und sich ausschließlich rückengerecht zu verhalten. Somit fordern in letzter Zeit mehrere Autoren vielmehr ein Motto wie: „Ich habe Rückenschmerzen, das haben viele – das Leben geht weiter – dennoch kann ich vieles machen“ (HASENBRING, 1998, WADDELL, 1998)

Bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen wird dem Muskeltonus und dem Muskelschmerz eine besondere Bedeutung beigemessen. Längere Passivität führt über Muskelatrophie zu einem inadäquat hohem Tonus bei dann ungewohnter Belastung. Durch die Minderbelastung setzen in der atrophen Muskulatur neurophysiologische Sensibilisierungsprozesse ein, die zu einer Senkung der Schmerzschwelle führen (ZIMMERMANN, 1999).

Depressivität spiegelt sich ebenfalls in einem erhöhtem Muskeltonus wieder (FLOR et al., 1985). Sport führt zwar zu einer höheren Muskelspannung, die sich aber nach der Belastung – kein Übertraining vorausgesetzt – normalisiert.

Die erprobte Muskulatur ist anschließend in der Lage, Anforderungen leichter zu meistern.

Strikte Durchhalteparolen und negieren des Schmerzes führen bei Patienten ebenfalls zu einer Chronifizierung des Schmerzes.

Leider sind gerade die Patienten mit einem schlechteren Rehabilitationsergebnis schwerer für Bewegungsübungen zu gewinnen (TAIMELA et al., 2000).

Deshalb muß die Bewegung im BISFR-Programm Freude machen und darf den Schmerz nicht verstärken.

Ein Vorteil des Programms ist die weitgehende Unabhängigkeit von Geräten und Therapeuten. Eingangs müssen lediglich die Bewegungsabläufe geübt werden – z.B. mit einem Sportlehrer. Das Programm ist daher sehr kostengünstig.

Ob das Programm zu einer langen Patientencompliance führt ist noch unklar.

Der Langzeiteffekt einer Übungsbehandlung bei chronischen Rückenschmerzen wird kontrovers diskutiert.

Bei Patienten mit subakuten Rückenschmerzen reduzierten Kraftübungen den Rückenschmerz und verbesserten die Funktion 3 Wochen nach der Behandlung im Vergleich zu einer Kontrollgruppe. Nach 6 Wochen war kein Unterschied mehr festzustellen (CHOK et al., 1999.) Bei Patienten mit chronischen Rückenschmerzen führte ein Bewegungsprogramm ebenfalls für 5 Wochen und auch für 3 Monate zu einer Schmerzreduktion und Funktionsverbesserung. Nach einem Jahr war kein Unterschied zur Kontrollgruppe feststellbar (GENÉT et al., 2002).

Andererseits fanden HARTIGAN et al. (2000) in ihrer Studie mit 122 Patienten mit chronischen Rückenschmerzen einen 1 Jahr anhaltenden Unterschied zwischen Test- und Kontrollgruppe.

Auch MOFFETT et al (1999) konnte 6 Wochen, 6 Monate und 1 Jahr nach einem Fitnessprogramm bessere Scores in der Übungsgruppe erheben.

Das BISFR-Programm versteht sich als ein Baustein in einer multimodalen Therapie gegen den multikausalen chronischen Schmerz.

Ob das Programm auch auf andere Schmerzen übertragen werden kann, müssten weitere Studien zeigen.

## **6. Literaturquellen**

1. AGRETI, A., Categorical data analysis. Wiley, New York, 1990.
2. BACH, F.W., SCHMIDT, J.F., FABER, T., Radioimmunoessay of  $\beta$ -endorphin in ventricular and lumbar cerebrospinal fluid. Clin. Chem. 38: 847-852, 1992
3. BACH, F.W.,  $\beta$ -endorphin in the brain. A role in nociception. Acta. Anaesthesiol. Scand. 41:133-140, 1997

4. BASBAUM, A., FIELDS, H.L., Endogenous pain control systems: brain-stem spinal pathways and endorphin circuitry. *Annu. Rev. Neurosci.* 7:309-338, 1984
5. BAYRAMOGLU, M., AKMAN, M.N., KILINC, S., CETIN, N., YAVUS, N. OZKER, R., Isokinetic measurement of trunk muscle strength in women with chronic low-back pain. *American journal of physical medicine & rehabilitation / Association of Academic Physiatrists.* 80: 650-655, 2001
6. BENDIX, A.F., BENDIX T., OSTENFELD, S., BUSH, E. ANDERSEN, A., Active Treatment Programs for Patients with Chronic Low Back Pain: A Prospective, Randomized, Observer-Blinded Study. *European Spine Journal* 4: 148-152, 1995
7. BENSON K., HARTZ A.J., A comparison of observational studies and randomized, controlled trials. *New England journal of medicine* 342: 1878-1886, 2000
8. BENTSEN, H., LINDGARDE, F., MANTHORPE, R. The effect of dynamic strength back exercise and/or a home training program in 57-year old women with chronic low back pain. Results of a prospective randomized study with a 3-year follow-up period. *Spine* 22: 1494 – 1500, 1997
9. BERGER-SCHMITT, R., KOHLMANN, T., RASPE H.H., Rückenschmerzen in Ost- und Westdeutschland. *Gesundheitswesen* 58: 519-524, 1996
10. BIERBAUMER, N., SCHMIDT, R.F., *Biologische Physiologie.* Springer, Berlin, 1989
11. BISHOP, G.H., Neural mechanisms of cutaneous sense. *Physiological Review* 26: 77, 1946
12. BLOOM, F.E. The endorphins. A growing family of pharmacologically pertinent peptides. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* 23:151-170, 1983

13. BOLHUIS van, A.I., RAPP, W., Effizienz eines ambulanten Rehabilitationsprogramms für Patienten mit chronischen, unspezifischen, lumbalen Rückenschmerzen. 35.Deutscher Sportärztekongreß 25.-27. September 1997, Abstracts S.358, 1997
14. BROOCKS, A., BANDELOW, B., PEKRUN, G., GEORGE, A., MEYER, T., BARTMANN, U., HILLMER-VOGEL, U., RUTHER, E., Comparison of aerobic exercise, clomipramine, and placebo in the treatment of panic disorder. Am. J. Psychiatry 155: 603-609, 1998
15. BROSIUS, G., BROSIUS, F., SPSS. Base System and Professional Statistics. International Thomson Publishing, Bonn, 1995
16. BROWN, J.J., WELLS, G.A., TROTTIER, A.J., BONNEAU, J., FERRIS, B., Back pain in a large canadian police force. Spine 23, 821-827, 1998
17. BÜHL, A., ZÖFEL, P., Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows in Scientific Computing, 4. Aufl. Addison-Wesley, Longman, Bonn, 1998
18. CLARK, D.O., The effect of walking on lower body disability among older blacks and whites. Am. J. Public Health 86:57-61, 1996
19. CODERRE, T.J., KATZ, J., VACCARINO, A.L., MELZACK, R., Contribution of central neuroplasticity to pathological pain: review of clinical and experimental evidence. Pain 52: 259 – 285, 1993
20. CODERRE, T.J, FISHER, K., FUNDYTUS, M.E., The role of ionotropic and metabotropic glutamate receptors in persistent nociception. In Proceedings of the Eighth World Congress of pain. IASP Press, Seattle, 1997
21. COOMES, E.N., A comparison between epidural anesthesia and bed rest in sciatica. BMJ 264:20-24, 1961
22. COTTA, H., Orthopädie. Springer Verlag, Berlin, 1984

23. COUNCIL, J.R., AHERN, D.K., FOLLIK, M.J., KLINE, C.L., Expectancies and functional impairment in chronic low back pain. *Pain* 33:323-331, 1988
24. COX, B.M., GOLDSTEIN, A., LI, C., Opioid activity of a peptide,  $\beta$ -lipotropin-(61-91), derived from  $\beta$ -lipotropin. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 73:1821-1823, 1976
25. DANNEELS, L.A., COOLS, A.M., VANDERSTRAETEN, G.G., CAMBIER D.C., WITVROUW, E.E., BOURGOIS, J. DE CUYPER, H.J., The effects of three different training modalities on the cross-sectional area of the paravertebral muscles. *Scandinavian journal of medicine & science in sports* 11: 335-341, 2001
26. DEBRUNNER, A. M., Orthopädie. Die Störung des Bewegungsapparates in Klinik und Praxis. Verlag Hans Huber, Bern, 1983
27. DEYO, R.A., DIEHL, A.K., ROSENTHAL, M., How many days of bed rest for acute low back pain? A randomized clinical trial. *N. Engl. J. Med.* 315: 1064-1070, 1986
28. EINGARTNER, C., JOCKHECK, M., KRACKHARDT, T., WEISE, W., Verletzungen beim Inlineskating: Die Rolle der Erfahrung und des Alters. 35. Deutscher Sportärztekongreß 25.-27. September 1997, Abstracts S.369, 1997
29. ELLERMEIER, W., WESTPHAL, W., On the absoluteness of category and magnitude scales of pain. *Perception & Psychophysics* 49: 159-166, 1991
30. FERRELL, B.A., JOSEPHSON, K.R., POLLAN, A.M., LOY, S., FERRELL, B.R., A randomized trial of walking versus physical methods for chronic pain management. *Aging Clin. Exp. Res.* 9: 99-105, 1997
31. FEUDEL, P. Epikrise zu 700 Selbstmordversuchen. In : Zwingmann, C. (Hrsg.), Selbstvernichtung. Akademische Verlagsgesellschaft, Frankfurt a. M., 1965

32. FIELDS, H.L., BASBAUM, A.I., Endogenous pain control mechanisms. In: Wall, P.D., Melzack, R. (Hrsg.), Textbook of Pain, 2. Aufl., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Toronto, 206-217, 1989
33. FLOR, H., TURK, D.C., BIRBAUMER, N., Assessment of stress-related psychophysiological relations in chronic back pain patients. J Consult Clin Psychol 53: 354-364, 1985.
34. FLOR, H., BIERBAUMER, N., TURK, D.C., Ein Diathese-Stress-Modell chronischer Rückenschmerzen. In: Gerber, W.D., Miltner, W., Mayer, K. (Hrsg.), Verhaltensmedizin, Verlag Chemie – Edition Medizin, Weinheim, 37-54, 1988
35. FLOR, H., Psychobiologie des Schmerzes. Huber, Bern, 1991
36. FLOR, H. HEIMERDINGER, K. Erfassung des Schmerzverhaltens. In: Geissner, E., Jungnickel, G. (Hrsg.), Psychologie des Schmerzes, Psychologie Verlags Union, Weinheim, 99-105, 1992
37. FORDYCE, W.E., Behavioral Concepts in Chronic Pain and Illness. Mosby, St. Louis, 1976
38. FORSSMANN, W.G., HEYM, C., Neuroanatomie. 4.Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985
39. FOURNIER, P.-E., STALDER, J., MERMILLOD, B., CHANTRAINE, A., Effects of a 110 Kilometres Ultra-Marathon Race on Plasma Hormon Levels. Int.J. Sports Med. 18:252-256, 1997
40. FREY, M.v., Beiträge zur Sinnesphysiologie der Haut. Berichte über die Verhandlung der Königlichen Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physikalische Klasse 46: 185-196, 1894

41. FROST, H., KLABER MOFFETT, J.A., MOSER, J.S., FAIRBANK, C.T.  
Randomised controlled trial for evaluation of fitness programme for patients with chronic low back pain. *BMJ* 310:151-154, 1995
42. FROST, H., LAMB, S.E., KLABER MOFFETT, J.A., FAIRBANK, C.T, MOSER, J.S., A fitness Programme for Patients with Chronic Low Back Pain: 2-Year Follow-up of a Randomised Controlled Trial. *Pain* 75: 273-279, 1998
43. FRYMOYER, J.W. Quality: an international challenge to the diagnosis and treatment of disorders of the lumbal spine. *Spine* 18:2147-2152, 1993
44. GARTLAND, J.J., Deficiencies in Experimental Design and Determination of Outcome, *Orthopaedic Clinical Research* 70: 1357-1363, 1988
45. GEISSNER, E., Psychologische Modelle des Schmerzes und der Schmerzverarbeitung. In: Geissner, E., Jungnitsch, G. (Hrsg.), *Psychologie des Schmerzes*, Psychologie Verlags Union, Weinheim, 25-44, 1992
46. GEISSNER, E, DALBERT, C., SCHULTE, A., Möglichkeiten der Bestimmung affektiver und sensorischer Anteile der Schmerzempfindung. *Zeitschrift für Differenzielle und Diagnostische Psychologie* 12: 145-162, 1991
47. GILBERT, J.R. et al Clinical trial of common treatments for low back pain in family practice. *BMJ* 291:791-794, 1985
48. GÖBEL, H., über die Schwierigkeit einer umfassenden Definition des Phänomens Schmerz. *Der Schmerz* 2: 205-211, 1988
49. GRACELY, R.H., Methods of testing pain mechanism in normal man. In: Wall, P.D., Melzack, R. (Hrsg.), *Textbook of Pain*, 2. Aufl., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Toronto, 257-268, 1989
50. HAIER, R.J., QUAID, K., MILLS, J.S.C., Naloxone alters pain perception after jogging.



Psychatry Res. 5:231-232, 1981

51. HANDWERKER, H.O., Pain producing substances. In: Kosterlitz, H.W., Terenius, L.Y. (Hrsg.), Pain and society, Dahlem Konferenzen. Verlag Chemie, Weinheim, 325-338, 1980
52. HANDWERKER, H.O., Psychometrie experimentell induzierter Schmerzempfindungen. In: Struppler, A., Geßler, M. (Hrsg.), Schmerzforschung – Schmerzmessung – Brustschmerz: Referate der Münchner Tagung der Ges. zum Studium des Schmerzes für Deutschland, Österreich und die Schweiz e.V., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 115-121, 1981
53. HANDWERKER, H.O., Experimentelle Schmerzanalyse beim Menschen. In: Zimmermann, M., Handwerker, H.O. (Hrsg.), Schmerz: Konzepte ärztlichen Handelns. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 87-123, 1984
54. HANDWERKER, H.O., ZIMMERMANN, M., Schmerz und vegetatives Nervensystem. In: Sturm, A., Birkmayer, W. (Hrsg.), Klinische Pathologie des vegetativen Nervensystems. Fischer, Stuttgart, 468, 1976
55. HANSEN, F.R., BENDIX, T. SKOV, P., JENSEN, C.V., KRISTENSEN, J.H. KROHN, L., SCHIOELER, H., Intensive, Dynamic Back-Muscle Exercises, Conventional Physiotherapy, or Placebo-Control Treatment of Low Back Pain. Spine 18: 98-107, 1993
56. HARREBY, M., HESSELSØE, G., KJER, J., NEERGAARD, K., Low back pain and physical exercise in leisure time in 38-year-old men and women: a 25-year prospective cohort study of 640 school children. Eur. Spine J. 6:181-186, 1997
57. HASENBRING, M., Vith World Congress on Pain, Adelhaide (Australia), 01.-06.04.1990, Highlights und neue Trends in der psychologischen Schmerzforschung. Der Schmerz 4: 227-228, 1990

58. HASENBRING, M., Predictors of efficacy in treatment of chronic low back pain. *Current Opinion in Anaesthesiology* 11: 553-558, 1998
59. HAZARD, R.G., HAUGH, L.D., GREEN, P.A., JONES, P.L., The relationship between patient satisfaction and pain, impairment, and disability outcomes, *Spine* 19: 881-887, 1994
60. HERZ, A. Biochemie und Pharmakologie des Schmerzgeschehens. In: Zimmermann, M., Handwerker, H.O. (Hrsg), *Schmerz: Konzepte ähnlichen Handelns*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 61-86, 1984
61. HILDEBRANDT, J., Behandlung und Rehabilitation chronischer Schmerzpatienten. *Anaesthesist* 46: 516-527, 1997
62. HILGARD, E.R., Pain perception in man. In: Held, R., Leibowitz, H., Teuber, H.L. (Hrsg.), *Handbook of sensory physiology, Vol.VIII, Perception*, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 849-878, 1978
63. HORWITZ, R.I., VISCOLI, C.M., BERKMAN, L. et al., Treatment adherence and risk of death after a myocardial infarction. *Lancet* 336: 542-545, 1990
64. HORWITZ, R.I., HORWITZ, S.M., Adherence to Treatment and Health Outcomes, *Arch Intern Med.* 153: 1863-1868, 1993
65. IASP – INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR THE STUDY OF PAIN, Pain terms: A list with definitions and notes for usage. *Pain* 6: 249 – 252, 1979
66. IGGO, A., Somatosensory System. *Handbook of Sensory Physiology, Vol.2.* Springer, Berlin, 1973
67. JANAL, M.N., COLT, E.W.D., CLARK, W.C., GLUSMAN, M., Pain sensitivity, mood and plasma endocrine levels in man following long-distance running: effects of naloxone. *Pain* 19:13-25, 1984

68. JENSEN, M.P., KAROLY, P., HUGER, R. Development and preliminary validation of an instrument to assess attitudes toward pain. *J. Psychosom. Res.* 31:393-400, 1987
69. JENSEN, M.P., TURNER, J.A., ROMANO, J.M., KAROLY, P., Coping with chronic pain: a critical review of the literature. *Pain* 47:249-283, 1991
70. JUNGHANS, H. Die funktionelle Pathologie der Zwischenwirbelscheibe als Grundlage für klinische Betrachtungen. *Langenbecks Arch. u. Dtsch. Z. Chir.* 267: 393-417, 1951
71. KANKAANPÄÄ, M., TAIMELA, S., AIRAKSINEN, O., HÄNNINEN, O. The Effect of Active Rehabilitation in Chronic Low Back Pain, *Spine* 24: 1034-1042, 1999
72. KEESER, W., BULLINGER, M., Schmerz. In: Euler, H.A., Mandel, H. (Hrsg.), *Emotionspsychologie – Ein Handbuch der Schlüsselbegriffe*, Urban & Schwarzenberg, München, 213-219, 1983
73. KENSHALO, D.R., LEONARD, R.B., CHUNG, J.M., WILLIS, W.D., Facilitation of the responses of primate spinothalamic cells to cold and mechanical stimuli by noxious heating of the skin. *Pain* 12: 141-152, 1982
74. KHACHATURIAN, H., LEWIS, M. SCHÄFER, K.-H., WATSON S.J., Anatomy of the CNS opioid systems. *Trends Neurosci.* 8:111-119, 1985
75. KOHLMANN, T., Schmerzen in der Lübecker Bevölkerung. Ergebnisse einer bevölkerungsepidemiologischen Studie. *Schmerz* 5: 208-213, 1991
76. KOLDITZ, D., KRÄMER, J., GOWIN, R., Wasser- und Elektrolytgehalt der Bandscheibe des Menschen unter wechselnder Belastung. *Z. Orthop.* 123: 235-238, 1985
77. KORFF, M. van, DWARKIN, S.F., RESCHE, L., KRÜGER, A. Graded chronic pain status: an epidemiologic evaluation. *Pain* 40:279-291, 1990

78. KRÄMER, J. Bandscheibenbedingte Erkrankungen, 2.Aufl., Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1986
79. KRÄMER, J. Orthopädie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1989
80. KRÄMER, J. (1997 a ), BICKERT, U., HAAKER, R., WITTE, H., Die paravertebrale Spinalnervenanalgesie zur orthopädischen Schmerztherapie. Standarts-Leitlinien-neue Techniken-Ergebnisse. Z. Orthop.135: Oa9-Oa14, 1997
81. KRÄMER, J. (1997 b ), LUDWIG, J., BICKERT, U, OWCZAREK, V., TRAUPE, M., Epidural perineural Injektion – A new technique. Eur. Spine J. 6:357-361, 1997
82. KRÄMER, J., NENTWIG, C., Orthopädische Schmerztherapie. Enke , Stuttgart, 1999
83. KRÖNER-HERWIG, B. Chronischer Schmerz – Eine Gegenstandsbestimmung. In Basler, H.D., Franz, C., Kröner-Herwig, B. Rehfisch, H.P., Seemann, H. (Hrsg.) Psychologische Schmerztherapie, 2. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1-16, 1993
84. KURZ, B., DICKHUTH, H.H., GIEDKE, H., GRUPPE, O., SPOHN, R., ERKERT, H.G., Aerobes Ausdauertraining am Morgen als Therapie gegen Winterdepressionen. 35.Deutscher Sportärztekongreß, 25.-27. September 1997, Abstracts S.408, 1997
85. LANGENFELD, M.E., HART, L.S., KAO, P.C., Plasma beta-endorphin responses to one-hour bicycling and running at 60% VO<sub>2</sub>max. Medicine and science in sports and exercise 19:83-86, 1987
86. LEVIN, D.C., essay about the „runners high“. JAMA 248:24, 1982

87. LILIENFEIN, F., MARTIN, H., MARTIN, J., Spiroergometrische Evaluation der Leistungsfähigkeit von Patienten mit Low-back-pain. 35.Deutscher Sportärztekongreß, 25.-27.September 1997, Abstracts S.346, 1997
88. LIVINGSTON, W.K., Pain Mechanisms, Macmillan, New York, 1943
89. MAIN, C.J. and WADDEL, G., A comparison of cognitive measures in low back pain. Pain 46: 287-298, 1991
90. MAINS, R.E., EIPPER, B.A., LING, N., Common precursor to corticotropins and endorphins. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 74:3014-3018, 1977
91. MALMIVAARA, A., ARO, T., The treatment of acute low back pain—bed rest, exercise therapy or ordinary activity? Duodecim 111:2101-2102, 1995
92. MANNICHE, C., LUNDBERG, E., CHRISTENSEN, I., BENTZEN, L., HESSELSON, G., Intensive Dynamic Back Exercises for Chronic Low Back Pain: A Clinical Trial. Pain 47: 53-63, 1991
93. MANNION, A.F., MÜNTNERER, M., TAIMELA, S., DVORAK, J., A randomized clinical trial of three active therapies for chronic low back pain. Spine 24 :2435-2448, 1999
94. MAYER, T.G., GATCHEL, R.J., MAYER H., KISHINO, N.D., KEELEY, J., MOONEY, V. A prospective two year study of functional restoration in industrial low back injury . JAMA 258: 1763-1767, 1987
95. MAYER, T.G., GATCHEL, R.J., Functional Restoration for Spinal Disorders: The Sports Medicine Approach, Lea and Febiger, Philadelphia, 1988
96. MELZACK, R. (1975a), An update of the gate control theory. In: Clark, C.C. (Chair), The control of pain II: New therapeutic approaches and frontiers for immediate research. Symposium presented at the meeting of the American Society for the Advancement of Science, New York, 1975

97. MELZACK, R. (1975b), The McGill Pain Questionnaire – major properties and scoring methods. *Pain* 1: 277-299, 1975
98. MELZACK, R. KATZ, J., Pain measurement in persons in pain. In: Wall, P.D., Melzack, R. (Hrsg.), *Textbook of Pain*, 3. Aufl., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Toronto, 337-351, 1994
99. MELZACK, R., WALL, P.D., On the nature of cutaneous sensory mechanisms. *Brain* 85: 331-356, 1962
100. MELZACK, R., WALL, P.D., Pain Mechanisms. A new Theorie. *Science* 150: 971-979, 1965
101. MELZACK, R., WALL, P.D. Schmerzmechanismen: Eine neue Theorie. In: Keeser, W., Pöppel, E., Mittenhusen, P. (Hrsg.), *Schmerz (Fortschritte der Klinischen Psychologie, 27)*, Urban & Schwarzenberg, München, 8-30, 1982
102. MENDELL, L.M., WALL, P.D., Presynaptic hyperpolarisation: A role for fine afferent fibres. *Journal of Physiology* 172: 274-294, 1964
103. MOFFETT, J.K., TORGERSON, D. BELL-SYER, S., JACKSON, D., LLEWLYN-PHILLIPS, H. FARRIN, A., BARBER, J., Randomised Controlled Trial of Exercise for Low Back Pain: Clinical Outcomes, Costs and Preferences. *BMJ* 31: 279-283, 1999
104. MUNDT, D.J., KELSEY, J.L., GOLDEN, A.L., PANJABI, M.M., PASTIDES, H., BERG, A.T., SKLAR, J., HOSEA, T., An epidemiologic study of sports and weight lifting as possible risk factors for herniated lumbar and cervical discs. The Northeast Collaborative Group on Low Back Pain. *American J. Sports Medicine* 21: 854-860, 1993
105. NACHEMSON, A., The load on lumbar discs in different positions of the body. *Clinical Orthopaedics and related Research* 14: 107-22; 1966

106. NACHEMSON, A., Newest knowledge of low-back pain. *Spine* 18:8-20, 1992
107. NARITA, M., TSENG, L.F., Evidence for the existence of the beta-endorphin-sensitive „epsilon-opioid-receptor“ in the brain: the mechanisms of epsilon-mediated antinociception. *Jpn. J. Pharmacol* 76: 233-253, 1998
108. NATHAN, P.W., The gate-control theory of pain: A critical review. *Brain* 99: 123-158, 1976
109. O`DOWD, B.F., SCHEIDELER, M.A., NGUYEN, T., CHENG, R., RASMUSSEN, J.S., MARCHESE, A., ZASTAWNY, R., HENG, H., TSUI, L.-C., SHI, X., ASA, S., PUY, L., GEORGE, S.R., The cloning and chromosomal mapping of two novel human opioid-somatostatin-like receptor genes, GPR7 and GPR8, expressed in discrete areas of the brain. *Genomics* 28:84-91, 1995
110. OLCZYK, K., Changes in macromolecular components of prolapsed intervertebral discs. *Anales de Biologie Clinique* 52: 711-716, 1994
111. PERT, C.B and SNYDER H.S., Opiate receptor: demonstration in nervous tissue. *Science* 179:1011-1014, 1973
112. PFINGSTEN, M., HILDEBRANDT, J., LEIBING, E., FRANZ, C., SAUR, P., Effectiveness of a multimodal treatment program for chronic low-back pain. *Pain* 73:77-85, 1997
113. PLATZER, W., LEONHARDT, H., KAHLE, W., Taschenatlas der Anatomie, Band 1: Bewegungsapparat, Thieme, Stuttgart 1986
114. PÖPPEL, E., Schmerz: Ein anthropologisches Problem in psychologischer Betrachtungsweise. In: Keeser, W. Pöppel, E., Mittenhusen, P. (Hrsg.), Schmerz (Fortschritte der Klinischen Psychologie, 27), Urban & Schwarzenberg, München, 1-8, 1982

115. RASPE, H.H., Das erworbene Leistungsvermögen. Gesundheitswesen 56: 95-102, 1994
116. RASPE, H.H., ZINK, A., Epidemiology of rheumatic disease in the German Federal Republic – current state and perspectives. Z-Rheumatol 51: 14-19, 1992
117. Report of the Quebec Task Force on Spinal Disorders, Scientific approach to the assessment and management of activity-related spinal disorders. A monograph for clinicians. Spine 12, 1987
118. RISCH, S.V., NORVELL, N.K., POLLOCK, M.L., RISCH, E.D., LANGER, H., FULTON M., GRAVES J.E., LEGGETT, S.H., Lumbar Strengthening in Chronic Low Back Pain Patients. Spine 18: 232-238, 1999
119. ROSENTHAL, R., JACOBSON, L., Pygmalion in the classroom: Teacher expectation and pupils' intellectual development. Holt, Rinehard & Winston, New York, 1968
120. ROST, R., Trainingsanpassung des Sauerstofftransportsystems und des Stoffwechsels; in: Sport- und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten, Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, 1995
121. SCHANDRY, R., Lehrbuch der Psychophysiologie, Psychologie Verlags Union, München, 2.Aufl., 1988
122. SCHMIDT, R.F., STRUPLER, A., Der Schmerz – Ursachen, Diagnose und Therapie. Pieper, München, 1982
123. SCHMIDT, R.F. (Hrsg.), Grundriß der Sinnesphysiologie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1985
124. SCHOLZ, O.B., Psychologische Aspekte der Schmerzwahrnehmung. In: Seelbach, H., Kugler, J. Neumann, W. (Hrsg.), Rheuma – Schmerz – Psyche. Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle, 69-90, 1994



125. SIMON, E.J., HILLER, J.M., EDELMANN, I., Stereospecific binding of the potent narcotic analgetic [3H] etorphine to rat brain homogenates. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 70:1947-1949, 1973
126. SINCLAIR, D.C., Cutaneous sensation and the doctrine of specific energy. Brain 78: 584-614, 1955
127. STERNBACH, R.A., Pain: A psychophysiological analysis. Academic Press, New York, 1968
128. SZPALSKI, M.;HAYEZ, U.P., How many days of bed rest for acute back pain? Objektive assessment of trunk funktion. European Spine Journal 1:29-31, 1992
129. TAYLOR, H., CURRAN, N.M., The Nuprin Pain Report. Harris ans Associates, New York, 1985
130. THOREN, P., FLORAS, J.S., HOFFMANN, P., SEALS, D.R., Endorphins and exercise: physiological mechanisms and clinical implications. Medicine and Science in Sports and Exercise 22: 417-28, 1990
131. TÖLLE, T.R., BERTHELE, A., Das Schmerzgedächtnis. In ZENS, M., JURNA, I. (Hrsg.) Lehrbuch der Schmerztherapie. Grundlagen, Theorie und Praxis für Aus-und Weiterbildung. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, 2001
132. TÖNDURY, G., Entwicklungsgeschichte und Fehlbildungen der Wirbelsäule. Hippokrates, Stuttgart, 1958
133. TÖNDURY, G., TILLMANN, B. ,Rumpf. In: Rauber; Kopsch, Anatomie des Menschen, Thieme, Stuttgart, New York, 1987
134. TURK, D.C. and RUDY, T.E., Persistent pain and the injured worker. J. Occup. Rehabil. 1:159-179, 1991

135. The University of York, NHS Centre for Reviews & Dissemination. Undertaking systematic reviews of research on effectiveness. CRD Report 4. York Publishing Services, York, 1996
136. WADDELL, G., The back pain revolution, Churchill Livingstone, Edinburgh, 1998
137. WALL, P.D., The dorsal horn. In: Wall, P.D., Melzack, R. (Hrsg.), Textbook of Pain, 2. Aufl., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Toronto, 102-111, 1989
138. WEDDELL, G. Somesthesia and the chemical sense. Annual Review of Psychology 6: 119-136, 1955
139. WEISENBERG, M., Schmerz und Schmerzkontrolle. In: Keeser, W. Pöppel, E., Mittenhusen, P. (Hrsg.), Schmerz (Fortschritte der Klinischen Psychologie, 27), Urban & Schwarzenberg, München, 191-241, 1982
140. WEYER, C., LINKESCHOWA, R., HEISE, T., GIESEN, H.T., SPRAUL, M., Implications of the traditional and the new ACSM physical activity recommendations on weight reduction in dietary treated obese subjects. Int. J. Obes. Relat. Metab. Disord. 22:1071-1078, 1998
141. WILKINSON, M.J., Does 48 hours' bed rest influence the outcome of acute low back pain? British Journal of General Practice 45: 481-484, 1995
142. WILLIS, W.D. The origin and destination of pathways involved in pain transmission. In: Wall, P.D., Melzack, R. (Hrsg.), Textbook of Pain, 2.Aufl., Churchill Livingstone, Edinburgh, London, Madrid, Melbourne, New York, Toronto, 112-127, 1989
143. WÖLLZENMÜLLER, F., GRÜNEWALD, B. Die Gesundheitskarriere, Bertelsmann, München, 1975

144. WOLFF, B.B., Die Messung von Schmerz beim Menschen. In: Keeser, W. Pöppel, E., Mittenhusen, P. (Hrsg.), Schmerz (Fortschritte der Klinischen Psychologie, 27), Urban & Schwarzenberg, München, 113-148, 1982
145. ZIEGLGÄNSBERGER, W., TÖLLE, T.R. The pharmacology of pain signalling. Curr. Opin. Neurobiol. 3:611-618, 1993
146. ZIMMERMANN, M., Neuropsychologische Mechanismen von Schmerz und Schmerztherapie. In: Keeser, W. Pöppel, E., Mittenhusen, P. (Hrsg.), Schmerz (Fortschritte der Klinischen Psychologie, 27), Urban & Schwarzenberg, München, 46- 68, 1982
147. ZIMMERMANN, M., Physiologie von Nozizeption und Schmerz. In: Zimmermann, M., Handwerker, H.O. (Hrsg.), Schmerz: Konzepte ärztlichen Handelns. Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 1-44, 1984
148. ZIMMERMANN, M., Epidemiologie des Schmerzes, Internist 35: 2-7, 1994
149. ZIMMERMANN, M., Physiologie von Nozizeption und Schmerz. In: Basler, H.D., Franz, C., Kröner-Herwig, B., Rehfisch, H.P., Seemann, H. (Hrsg.), Psychologische Schmerztherapie, 3. Aufl., Springer, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo, 59-104, 1999

## **Danksagung**

Hiermit danke ich Herrn Prof. Dr. med. J. Krämer für die freundliche Überlassung des Themas und die konstruktive Kritik.

Ich danke meiner Frau Tina für die ständige Unterstützung während der Arbeit.

Herrn Professor C. Nentwig danke ich posthum für die Hilfe bei statistischen Fragestellungen.

Für die biomathematische Beratung danke ich Frau Dipl.-Stat. A. Hüsing.

Zudem danke ich Frau F. Mönninger und Herrn Dr. med. R. Weise für die Hilfe bei der Korrektur – und Frau C. Sibbe für die Mitwirkung bei den Fotografien.

Ohne die Unterstützung der Ärzte, Pflegekräfte und Mitarbeiter der Orthopädischen Universitätsklinik im St. Josef-Hospital Bochum wäre die Studie nicht möglich gewesen.

## **Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

Name	Peter Dietrich
Geburtsdatum	27.09.1967
Adresse	An der Linde 36, 44627 Herne
Geburtsort	Bergneustadt
Familienstand	verheiratet, zwei Kinder
Nationalität	deutsch
Konfession	evangelisch

### **Schulbildung**

August 1974 – Juni 1975	Grundschule auf dem Bursten, Bergneustadt
August 1975 – Juni 1979	St. Martinus Grundschule, Bigge-Olsberg
August 1979 – Juni 1985	Gymnasium Petrinum, Brilon
August 1985 – April 1987	Wüllenwebergymnasium, Bergneustadt
	Abschluß: Abitur

### **Grundwehrdienst**

Oktober 1987 – Dezember 1987	Sanitätstruppe Itzehoe
------------------------------	------------------------

### **Zeitsoldat**

Januar 1988 – September 1989	Sanitätstruppe Hamburg, München, Itzehoe z.Zt. Stabsarzt der Reserve
------------------------------	---

## **Studium**

Oktober 1989 – November 1997      Vorklinik bis Abschluß des dritten klinischen Studienabschnitts, Ruhr-Universität Bochum.

## **Berufliche Tätigkeit**

Januar 1998 – April 1999      Arzt im Praktikum in der Orthopädischen Universitätsklinik im St. Josef-Hospital Bochum.

Mai 1999 – März 2001      Assistenzarzt in der chirurgischen Abteilung des Gertrudis-Hospitals Herten-Westerholt.

Teilnahme an Notarztdiensten der Stadt Herten.

seit April 2001      Assistenzarzt in der Orthopädischen Universitätsklinik im St. Josef-Hospital Bochum.

## **Zusätzliche Tätigkeiten**

Sportmedizinische Betreuung des American Football Clubs Bochum Cadets e.V.

Tutor für Chirotherapie der Gottfried Gutmann Akademie der Klinik für Manuelle Therapie in Hamm.