

## Erfahrungen mit Power Plate Training nach arthroskopischer Rekonstruktion des vorderen Kreuzbandes

Bastian, J. und Franz, W. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 2005; 57.:S. 228

### Ziel der Studie:

Untersuchung ob ein Power Plate-Training den Muskelabbau des M. quadriceps femoris im postoperativen Verlauf nach Ersatz des vorderen Kreuzbandes günstig beeinflussen kann.

### Methoden:

Diese 12- wöchige Studie wurde mit 16 Kreuzband-Patienten/ Patientinnen durchgeführt.

Die Patienten wurden in folgende Versuchsgruppen aufgeteilt:

1. Power Plate-Gruppe (PP): ab der 2. Woche post-operativ 2 mal pro Woche Physiotherapie mit konventionellem Nachbehandlungsschema nach ACL-Ruptur plus zusätzliche Power Plate Anwendung (10 Min)
2. Physiotherapie-Gruppe (PT): 2-3 mal pro Woche Physiotherapie. Der Muskelumfang 10 und 20 cm oberhalb der Kniescheibe und 15 cm unterhalb der Kniescheibe sowie das subjektive Schmerzempfinden wurden gemessen.

### Ergebnisse:

Es wurden keine vibrationsbedingten, unerwünschten Nebenwirkungen beobachtet. Die PP-Gruppe zeigte im Vergleich zur PT-Gruppe 6 Wochen nach der Operation keine Abnahme des Muskelumfanges 10 und 20 cm oberhalb der Kniescheibe (- 0,4 cm bei PP vs. -4,3 cm bei PT bzw. - 0,4 cm bei PP vs. - 3,1 cm bei PT). Weiterhin zeigte die Power Plate-Gruppe nach 12 Wochen eine **höhere Patientenzufriedenheit und ein geringeres Schmerzempfinden** bei diversen Belastungsanforderungen. Die Auswirkungen auf die Wadenmuskulatur sind unauffällig gewesen, da diesbezüglich keine expliziten Kräftigungsübungen durchgeführt worden sind.

### Fazit:

Diese Studie zeigt, dass ein Power Plate-Training den Heilungsprozess nach Ruptur des vorderen Kreuzbandes verbessert. Diese Ergebnisse sind insbesondere für den Leistungssport aber auch für eine schnelle berufliche Wiedereingliederung von hohem Interesse.

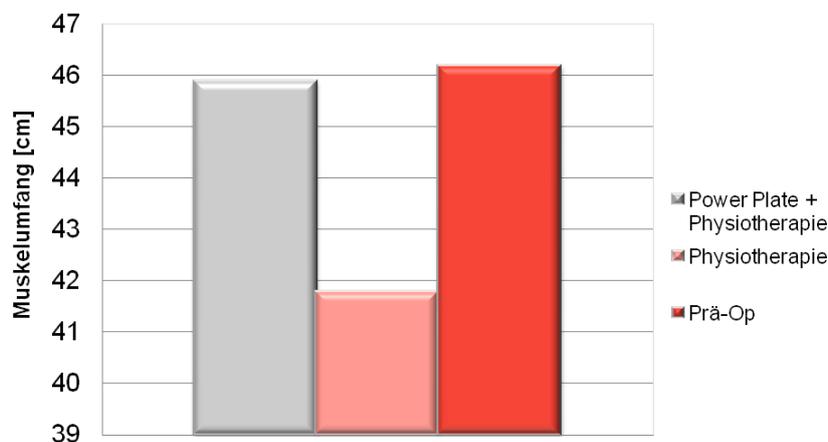


Abb. 1: Muskelumfang [cm] am operierten Bein gemessen 10cm proximal

# Vibrationstraining nach vorderer Kreuzbandplastik

Bastian J, Trittel C, Franz W (2004)

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Ein wesentliches Problem nach Rekonstruktion des Vorderen Kreuzbandes ist eine Muskelatrophie der Oberschenkelextensoren, insbesondere des M. vastus medialis. Diese Studie hat die Effekte eines Ganzkörpervibrationstrainings auf den Heilungsverlauf untersucht. Dabei konnten auf in der Literatur beschriebene positive Erfahrungen eines solchen Trainings zurückgegriffen werden: Ganzkörpervibrationstraining führt zu einer Koaktivierung von Beuger- und Streckermuskulatur der unteren Extremität, verbessert die Gelenkstabilisierung und steigert die Durchblutung. **Methoden und Ergebnisse:** Die Patienten mit Vibrationstraining trainierten ab der 3. postoperativen Woche über 10 Wochen an 2 Tagen pro Woche mit einem zeitlichen Aufwand von ca. 10 Minuten pro Einheit zusätzlich zur Physiotherapie. Die Ergebnisse zeigen, dass die Gruppe mit Zusatztraining im Vergleich mit den Kontrollgruppen 6 Wochen nach Operation keine statistisch signifikante Abnahme des Muskelumfanges 10 und 20 cm proximal aufzeigten. Ein weiterer Effekt war, dass diese Gruppe 12 Wochen postoperativ eine höhere Zufriedenheit und ein geringeres Schmerzerleben angaben. **Schlussfolgerung:** Diese zusätzliche Behandlungsform mit Vibrationen ist für alle Patienten mit Interesse an einer raschen Rekonvaleszenz und Wiedereingliederung in Beruf und Sport von Bedeutung.

### **Schlüsselwörter:**

Vorderes Kreuzband – Arthroskopie – Muskelatrophie – Ganzkörpervibrationstraining

## Abstract

### **whole body vibration after reconstruction of the anterior cruciate ligament**

**Background:** A major problem after reconstruction of the anterior cruciate ligament of the knee is the weakness of the M. quadriceps femoris.

The aim of this study was to examine the effects of an additional whole body vibration (WBV) on a platform training in these patients. Different positive effects of this kind of training are still investigated: Whole body vibration leads to an increased co-activation of lower extremity extensor and flexor muscles, positive effects on joint stabilization, increased blood flow.

**Methods and Results:** The WBV group trained two times weekly for ten weeks with beginning in the third week posttreatment. The results show, that the group with additional WBV-training had six weeks postoperative no significant reduction of the muscle thickness 10 and 20 cm proximal the patella as the control group did. As a second effect, these group reached more contentness in condition of health twelve weeks postoperative than the control group did.

**Conclusion:** An additional whole body vibration exercise is an effective training after acl-reconstruction in young patients and sportsmen.

### **key words:**

anterior cruciate ligament – arthroscopy – muscle weakness – whole body vibration

## **1. HINTERGRUND:**

### **a) Funktionelle Folgen von Schäden des Vorderen Kreuzbandes**

Den Mechanorezeptoren des VKB wird hinsichtlich der Muskelfunktion und der Propriozeption eine grosse Bedeutung zugeschrieben. Bei vielen Patienten konnte durch Schädigung der Gelenkrezeptoren nach Knie Trauma und VKB-Rekonstruktion eine veränderte Propriozeption mit Koordinationsstörungen und eine vermehrte Muskelatrophie der Oberschenkelextensoren, die das Ausmaß einer Inaktivitätsatrophie bei weitem überstieg, beobachtet werden [Engelhardt *et al.*, 2000]. In einer Studie von Konishi *et al.* (2002) wurde die Bedeutung der  $\gamma$ -Schleife in der Funktionsfähigkeit des M. quadriceps femoris von Patienten untersucht, die sich vor höchstens sechs Monaten einer VKB-Rekonstruktion unterzogen haben. Als Ergebnis wurde eine abnormale Funktion der  $\gamma$ -Schleife geäußert, welche als mögliche Ursache für die muskuläre Schwäche in solchen Patienten gesehen wurde. Nach Engelhardt *et al.* (2000) sind diese Veränderungen nicht auf ein propriozeptives Defizit seitens des Patienten zurückzuführen, da die Voraussetzungen zur korrekten Propriozeption auch nach Kniebinnentrauma oder Knieoperationen gegeben sind: Sowohl die Afferenzen aus dem peripheren Schenkel, als auch die spinale und zentrale Reizverarbeitung sowie der peripher-efferente Schenkel sind intakt. Vielmehr sind die propriozeptiven Informationen verändert und an das Trauma und die operative Versorgung angepasst. Diese veränderten Informationen müssen erkannt und in basale zentrale Programme eingepasst werden [Engelhardt *et al.*, 2000].

Verglichen mit den in den 80er Jahren durchgeführten Nachbehandlungsschemata mit mehrwöchiger Immobilisation von Kniegelenken nach LCA-Rekonstruktion besteht heute Einigkeit über die sog. „early protected motion“, der frühzeitigen Bewegung des rekonstruierten Kniegelenkes [Engelhardt *et al.*, 2002]. Wichtige Aspekte der trainingstherapeutischen Nachbehandlung sind die Vertikalisierung des Patienten, die Stabilisierung der Beinachse und die Gangschulung. Hieran schliesst sich die Entwicklung der grundmotorischen Fähigkeiten wie Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Beweglichkeit und Koordination an.

### **Wirkungsmechanismus von Vibrationstraining**

Es sind vielfältige Wirkungen von Vibrationen auf den menschlichen Organismus beschrieben. Die Muskulatur wird v.a. durch drei Mechanismen stimuliert; diese sind der sog. „Tonische Vibrationsreflex“ (TVR), die Erzeugung von Mikrotraumen und die Synchronisation und Rekrutierung von motorischen Einheiten. Des Weiteren sind flexibilitätsverbessernde

Faktoren beschrieben. Neben diesen Wirkungen von Vibrationen sind eine erhöhte Blutzirkulation mit verbesserter Sauerstoffaufnahme und eine Beeinflussung des Hormonhaushaltes nach Vibrationstraining bekannt:

Durch den „Tonischen Vibrationsreflex“ können Ia-Fasern der Muskelspindeln erregt werden, wodurch eine tonische Kontraktion ausgelöst wird, die den Muskeltonus und das Kraftpotential des Muskels erhöht [de Gail *et al.*, 1966; Eklund & Hagbarth, 1966; Weber, 1996; Schwarzer, 2001]. Einige Autoren erklären die Wirkung dieses Reflexes über den o.g. monosynaptischen Reflexbogen. Andere Studien zeigen auf, dass auch der polysynaptische Reflexweg mit Beteiligung zentraler Nervenbahnen beteiligt ist [de Gail *et al.*, 1966; Person & Kozhina, 1992]. Auch die Interaktion von zentralem und peripherem Nervensystem scheint sich zu verbessern [Künnemeyer & Schmidtbleicher, 1997]. Durch den TVR wird der Muskeltonus und das Kraftpotential des trainierten Muskels erhöht.

Durch Mikrotraumen der Muskulatur kann mikroskopisch aufgrund von sich anschließenden Reparaturprozessen eine Hypertrophie der Muskulatur beobachtet werden [Clinton, 2001]. Dieser Hypertrophie schliesst sich eine Zunahme der Muskelkraft an. Auch durch Vibrationstraining können Mikrotraumen im trainierten Muskel erzeugt werden, die mit einem Kraftzuwachs einhergehen. Diese Hypothese basiert auf der Beobachtung, dass Vibrationen mit wiederholten, kleinamplitudigen, exzentrischen Belastungen vergleichbar sind [Schwarzer, 2001].

Durch die Synchronisation und Rekrutierung motorischer Einheiten stehen dem Trainierenden ein größerer Anteil motorischer Fasern zur Kontraktion zur Verfügung [Schwarzer, 2001]. Daraus resultiert ein höheres Kraftpotential. Diese Wirkung basiert auf der Feststellung, dass einerseits der Vibrationsstimulus mit der Aktivität motorischer Einheiten korreliert und andererseits durch Vibrationen die Ia-Afferenzen der Muskelspindeln wiederholt entladen [Martin & Park, 1997]. Diese Entladung regt weitere homonyme Motoneurone zur Entladung an [Homma *et al.*, 1970].

Durch die vibrationsbedingten Spannungsänderungen im Muskel wird die Pumpfunktion der Muskulatur auf die Blutzirkulation gesteigert. Resultat ist eine bessere Versorgung des Muskels mit Sauerstoff und Nährstoffen, während zusätzlich Schmerzstoffe und Stoffwechselprodukte schneller abtransportiert werden können [Künnemeyer & Schmidtbleicher, 1997]. Eine weitere Studie [Rittweger *et al.*, 2001] konnte auch eine Verbesserung der Sauerstoffaufnahmekapazität der Muskulatur durch Vibrationstraining aufzeigen. Diese Verbesserung der Durchblutung bewirkt nicht nur eine Erwärmung des Gewebes sondern auch einen gesteigerten Abtransport schmerzauslösender Stoffe (z.B.

Histamin, Serotonin). Dadurch wird der Muskel dehnfähiger und der Trainierende toleriert aufgrund der verschobenen Schmerzgrenze ein stärkeres Dehntraining [Weber, 1997].

Das Muskelwachstum kann auch durch Veränderungen im Hormonhaushalt nach Vibrationstraining erklärt werden. So wurde ein signifikanter Anstieg des Testosteronspiegels nach Vibrationen festgestellt [Bosco *et al.*, 2000]. Somit sind vielfältige Wirkungsmechanismen von Vibrationstraining auf die Stimulation der Muskulatur mit Kraftzuwachs genannt, wodurch ein solches Training auch in der Nachbehandlung nach VKB-Ersatz mit dem bekannten Problem der Muskelatrophie von Bedeutung sein könnte.

### **FRAGESTELLUNG:**

In dieser Arbeit wurde die Problematik einer Muskelatrophie nach Rekonstruktion des Vorderen Kreuzbandes mit der Sehne des M. semitendinosus und die neuromuskulären Grundlagen hierfür erläutert.

Für die Auswahl der Patienten wurden bestimmte Ausschlusskriterien formuliert. Für die Studie geeignete und operierte Patienten wurden in zwei Gruppen eingeteilt. Beide Gruppen wurden nach unserem Standard-Nachbehandlungsschema rehabilitiert. Eine Gruppe erhielt als zusätzliche Rehabilitationsmassnahme ein Ganzkörpervibrationstraining. Dabei wurden statische Übungen mit besonderer Belastung der Oberschenkelextensoren, v.a. des M. vastus medialis, sowie Dehnungsübungen der ischiocruralen Muskulatur am operierten Bein ausgeführt. Einfachste klinische Untersuchungsparameter wurden ausgewählt, um die Muskelfunktion nach VKB-Rekonstruktion zu untersuchen. Hierzu geeignet waren insbesondere Muskelumfangmessungen [Jarvela *et al.*, 2002] die Messung der subjektiven Patientenzufriedenheit mittels Fragebogen. Durch letztere Analyse sollte die klinische Relevanz und die Bedeutung dieser Therapiemassnahmen für den Patientenalltag besonders deutlich zum Ausdruck kommen. In einigen Studien konnten die positiven Effekte eines Vibrationstrainings aufgezeigt werden. Die Studie von Delecluse *et al.* (2003) untersuchte den Kraftzuwachs nach Vibrationstraining. Hierbei konnte deutlich aufgezeigt werden, dass Ganzkörpervibrationstraining einen Kraftzuwachs in den Oberschenkelextensoren induzieren konnte und dass dieser Zuwachs nicht durch Placeboeffekte erklärbar war. Eine weitere Studie zu Vibrationskrafttraining und Gelenkstabilität konnte zeigen, dass durch Training auf Vibrationsplattformen eine Koaktivierung von Beugern und Streckern der unteren Extremität hervorgerufen werden kann. Insbesondere durch die damit verbundene Kräftigung der ischiocruralen Muskulatur ist ein solches Training zur aktiven Gliedmaßenstabilisierung

geeignet und kann damit der Verletzungsprophylaxe im Sinne einer positiven Beeinflussung eines Risikofaktors dienen [Berschin & Sommer, 2004].

Dieser Arbeit hat untersucht, inwieweit eine Nachbehandlungstherapie – auf dem Hintergrund o.g. und bekannter positiver Effekte eines ergänzenden Vibrationstrainings – durch ein solches zu verbessern ist.

## **2. STUDIENDESIGN:**

Die Probanden wurden in eine konventionelle Therapiegruppe und eine Vibrationsgruppe eingeteilt. Innerhalb dieser Gruppen wurde eine weitere Einteilung vorgenommen. Die Verteilung der Probanden auf die beiden Therapiegruppen erfolgte nicht zufällig. Diese Patienten wurden in einem Aufklärungsgespräch über die Rehabilitationsmethode ausführlich beraten. Zudem wurden verschiedene weitere Ausschlusskriterien definiert:

1. Kontraindikationen entsprechend den Herstellerangaben (s. Anlage)
2. Chondromalazie ab Stadium IV
3. Subtotale Meniskusresektion
4. Stabilisierende Operationen am betroffenen Bein in der Anamnese
5. Sonstige Verletzungen am betroffenen Bein in der Anamnese
6. VKB-Ruptur der nicht-verletzten Seite in der Anamnese
7. Meniskusrefixation durch Naht

### **a) Vibrationstrainingsgerät**

Das Power-Plate®-Trainingsgerät stellt ein Ganzkörpertrainingsgerät dar. Zwei Motoren lösen Vibrationen aus, die auf der gesamten Stehfläche gleichmäßig spürbar sind. Das Gerät ist an den Leistungsstand der Patienten dadurch adaptierbar, dass die Trainingsintensität durch drei Parameter verstellbar ist. Hierzu zählen die Vibrationsdauer, die Frequenz und die Amplitude der Vibrationen. Die Vibrationsdauer kann zwischen 30, 45 und 60 sec. ausgewählt werden. Die Frequenz lässt sich in 5 Hz-Schritten von 30 bis 50 Hz einstellen. Die Amplitude ist variabel zwischen der Einstellung „low“ mit 2 mm und „high“ mit 4 mm. Auf dem Trainingsgerät ist ein statisches oder dynamisches Training möglich. Durch ein dynamisches Training aber auch durch eine veränderte Gelenkstellungen ist die Trainingsintensität weiter steigerbar. Der Hersteller empfiehlt ein Training mit statischen Übungen mit kürzester Vibrationsdauer von 30 sec., geringster Frequenz mit 30 Hz und der Amplitudeneinstellung „low“ mit einer Auslenkung von 2 mm. Zu Trainingsbeginn sollte die Gesamtdauer 10 min nicht überschreiten. Die Steigerung des Trainings durch o.g.

Veränderungen der Geräteeinstellungen sollte erst im Trainingsverlauf vorgenommen und an den postoperativen Rehabilitationsverlauf angepasst werden.

### b) Technische Daten und Abbildung

Elektro-Anschluss:	200-240 VAC 50 Hz
Leistung:	500 Watt
Stromstärke (beim Start):	2,1 A
Stromstärke (Nennwert):	1,0 A
Maße:	0,8x1,2x0,5 m (BxHxT)
Tritthöhe:	0,2 m
Gewicht:	90 kg
Farbe:	silbergrau
Bedienung:	manuell
max. Belastung:	120 kg

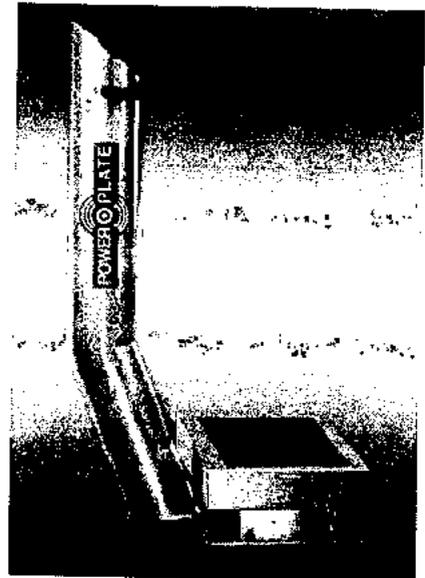


Abb. 2: Vibrationstrainingsgerät

### c) Standardnachbehandlungsschema

In den ersten 2 Wochen nach LCA-Rekonstruktion musste eine Orthese 24 h pro Tag getragen werden. Für weitere 4 Wochen reichte es aus, wenn diese nur tagsüber getragen wurde. Die Orthese limitierte das Bewegungsausmaß in der Beugung auf 90° und in der Streckung auf 0°. Die volle Streckung war erlaubt, jedoch sollten Überstreckung vermieden werden. In unserer Klinik verordneten wir die Donjoy-Gelenkschiene (Fa. Donjoy®, Carlsbad, USA). In der ersten Woche nach Operation wurde das operierte Bein mittels zweier Unterarmgehstöcke entlastet. Anschliessend erfolgte der Übergang auf Vollbelastung innerhalb der zweiten Woche. Bei der Belastung sollten die Muskelgruppen am Oberschenkel für Streckung und Beugung des Knies gleichzeitig angespannt werden (sog. Coaktivierung).

Zur Vermeidung einer Thrombose musste über den gesamten Zeitraum der Immobilisierung bzw. Entlastung Heparin subkutan injiziert werden. Hierzu wurde BMI (=body mass index)-adaptiert Clexane® (Fa. Aventis Pharma, Bad Soden, Deutschland) rezeptiert.

Sollten wider Erwarten Schmerzen oder ein Gelenkerguss auftreten, musste sich der Patient bei uns vorstellen, die Belastung reduzieren, das Bein hochlagern und Eis auflegen. Gegebenenfalls verordneten wir Analgetika.

#### **d) Trainingsplan der Kontrollgruppen**

Der Trainingsplan der Kontrollgruppen entsprach unserem Standardplan nach VKB-Rekonstruktion. Zum Muskelaufbau v.a. des M. quadriceps femoris sollten nach einem individuellen Aufwärmprogramm „halbe Kniebeugen“ und „Ausfallschritte“ durchgeführt werden. Die Patienten absolvierten die Physiotherapie über einen Zeitraum von 12 Wochen mit 2-3 Einheiten pro Woche.

#### **e) Trainingsplan der Vibrationsgruppe**

Die Patienten in der Power-Plate-Gruppe trainierten ab der 3. postoperativen Woche über 10 Wochen an 2 Tagen pro Woche mit einem zeitlichen Aufwand von ca. 10 Minuten pro Einheit zu Beginn. Sie begannen ihre Trainingseinheit mit einer Aufwärmübung durch eine Massage der Unter- und Oberschenkel von dorsal. Es folgten die eigentlichen Übungen zur Kräftigung des M. quadriceps femoris: Eine schmale Kniebeuge sowie ein Ausfallschritt als tiefe Kniebeugenvariante, auch als „lunge“ bezeichnet. Das Programm wurde mit einer Übung zur Dehnung der ischicruralen Muskulatur beendet. Die Vibrationsgruppe absolvierte dieses Training zusätzlich zu den Therapiemaßnahmen der Kontrollgruppen.

#### **UNTERSUCHUNGSMETHODEN:**

Die Messungen zur Überprüfung des Therapieerfolges wurden teilweise zunächst präoperativ und im postoperativen Verlauf direkt nach Operation, sowie in der 6. und 12. Woche durchgeführt und protokolliert.

Die Messungen des Muskelumfangs erfolgten an drei Messpunkten. Ausgehend vom Patellamittelpunkt wurden 10 cm und 20 cm nach proximal, sowie 15 cm nach distal der Beinumfang an beiden Beinen mittels eines handelsüblichen Massbandes gemessen. Diese Messungen wurden prä- und postoperativ sowie in der 6. und 12. Woche durchgeführt. Zudem wurde der Gelenkumfang in Höhe der Patellamitte gemessen. Alle Messungen erfolgten am liegenden, nicht kontrahierten Bein. Zur Beurteilung eines operativen Erfolges waren neben den objektivierbaren Parametern vor allem subjektive Patientenangaben wichtig. Dadurch ließ sich direkt der Nutzen einer Massnahme für den Patienten einschätzen. Solche Beurteilungen erfolgten in der Vergangenheit unter Zuhilfenahme verschiedener Fragebögen. In unserer Studie wurden Fragebögen der Stiftung zur Förderung der Arthroskopie (SFA) verwendet (sog. Flandry Score). Diese waren in ihrer deutschen Fassung

von Höher *et al.* validiert und mussten von den Patienten sowohl präoperativ als auch in der 12. postoperativen Woche ausgefüllt werden.

### **Statistische Methoden**

An statistischen Methoden wurden der Wilcoxon-Test für unverbundene bzw. verbundene Stichproben durchgeführt. Das Signifikanzniveau lag bei  $\alpha=5\%$ .

## **3. ERGEBNISSE:**

### **a) Vergleich der Muskelumfangsmessungen**

In den Abbildungen 3 bis 5 sind die Auswertungen der Messung der Muskelumfänge am operierten Bein 20 cm und 10 cm proximal sowie 15 cm distal der Kniescheibenmitte dargestellt. In der Kontrolle 6 Wochen postoperativ liegt der Mittelwert $\pm$ Standardabweichung für die Muskelumfänge (20 cm/10 cm proximal Patellamitte) in der Gruppe der „Kontroll-Physiotherapie“ (n=9) bei  $50,5\pm 3,1$  cm und  $41,8\pm 2,6$  cm; in der Gruppe „Physiotherapie + Vibrationstraining“ (n=7) lagen diese Werte bei  $55,4\pm 6,3$  cm und  $45,9\pm 5,8$  cm. Die statistische Analyse im Wilcoxon-Test für diese Werte ergab einen signifikanten Unterschied für beide Messpunkte ( $p=0,0435$  und  $p=0,0323$ ) zwischen den beiden Gruppen.

Im Vergleich dieser Messwerte innerhalb der einzelnen Gruppen mit den Ausgangswerten zeigt sich eine signifikante Abnahme des Muskelumfanges nur in der Kontrollgruppe. In der „12 Wochen-Kontrolle“ sind keine signifikanten Unterschiede nachweisbar („Kontroll-Physiotherapie“ bei  $55,3\pm 5,6$  cm bzw.  $41,8\pm 2,6$  cm, „Physiotherapie + Vibrationstraining“ bei  $56,5\pm 6,5$  cm bzw.  $47,3\pm 5,4$  cm). Die Muskelumfänge zu diesem Zeitpunkt entsprechen annähernd den präoperativen Ausgangswerten („Kontroll-Physiotherapie“ bei  $54,8\pm 5,3$  cm bzw.  $44,9\pm 5,5$  cm, „Physiotherapie + Vibrationstraining“ bei  $55,8\pm 8,2$  cm bzw.  $46,3\pm 9,3$  cm).

Der Muskelumfang der Wade zeigte ebenfalls eine Abnahme zur Kontrollmessung in der 6. Woche nach Operation. Dies konnte jedoch für beide Probandengruppen aufgewiesen werden. Auch hier „erholte“ sich die Muskulatur auf Ausgangswerte zur 12-Wochen-Kontrolle. Für die Kontrollgruppe wurden im Einzelnen folgende Werte präoperativ sowie 6 und 12 Wochen postoperativ gemessen:  $38,9\pm 2,4$  cm,  $37,6\pm 2,1$  cm,  $40,3\pm 2,1$  cm; für die Behandlungsgruppe wurden entsprechend folgende Umfänge gemessen:  $39,9\pm 3,2$  cm,  $39,0\pm 3,0$  cm,  $40,5\pm 2,9$  cm.

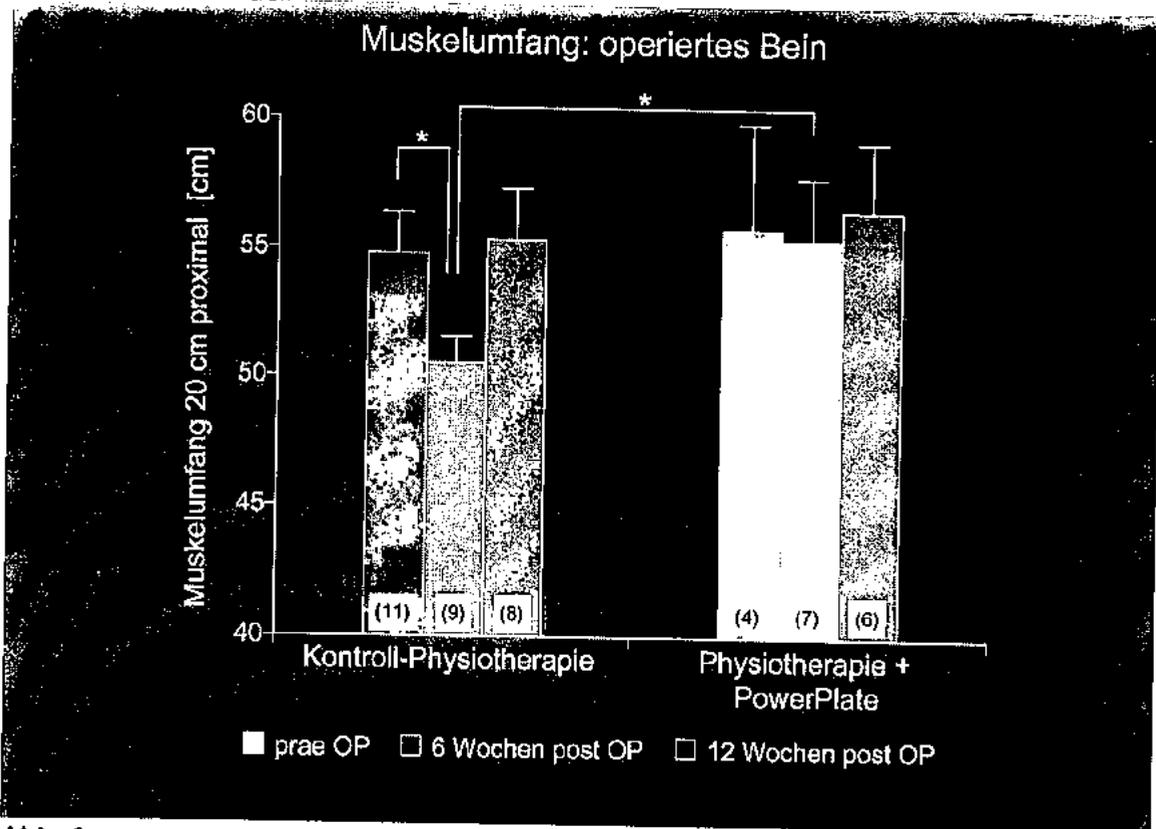


Abb. 3

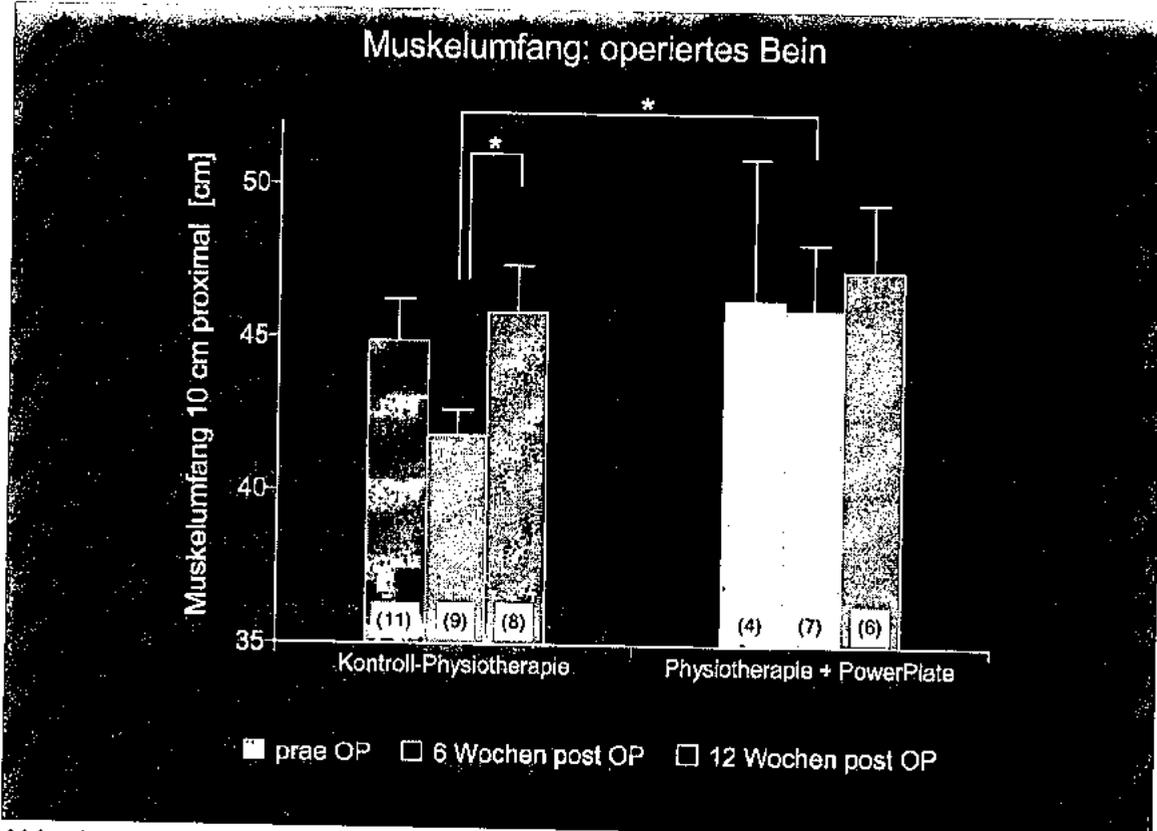


Abb. 4

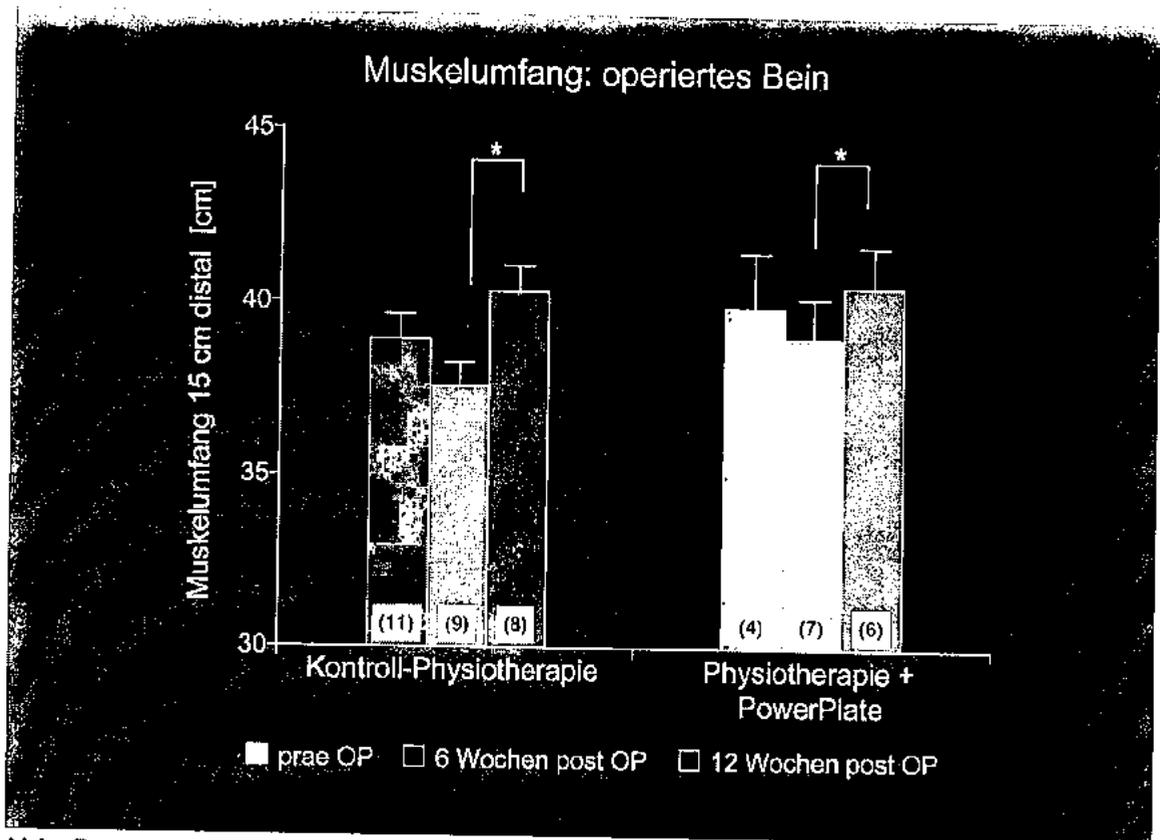


Abb. 5

### b) Auswertung der Patientenfragebögen

Die Fragebogen wurden präoperativ und 12 Wochen nach der Operation von den Patienten ausgefüllt. In dieser Patientenbefragung müssen verschiedene Fragen zu Themen wie „Schmerzwahrnehmung“, „Aktivität im täglichen Leben“ oder nach dem „Gesamtgesundheitszustand“ beantwortet werden. Die Abbildung 6 zeigt die Auswahl der Fragen, die mit statistischer Signifikanz in beiden Gruppen unterschiedlich beantwortet wurden.

Die Abbildung 7 zeigt die Auswertung o.g. Fragestellungen. In diesem Score bedeuten niedrige Punktwerte einen schlechten Zustand, hingegen stehen hohe Punkte für einen guten Zustand. Untersucht wurde die Veränderung im Punktescore des Fragebogens zu den beiden Zeitpunkten. Dargestellt ist der Mittelwert der Veränderung, so dass ein große Zunahme dieses Mittelwertes für eine deutliche Verbesserung des subjektiven Befindens spricht.

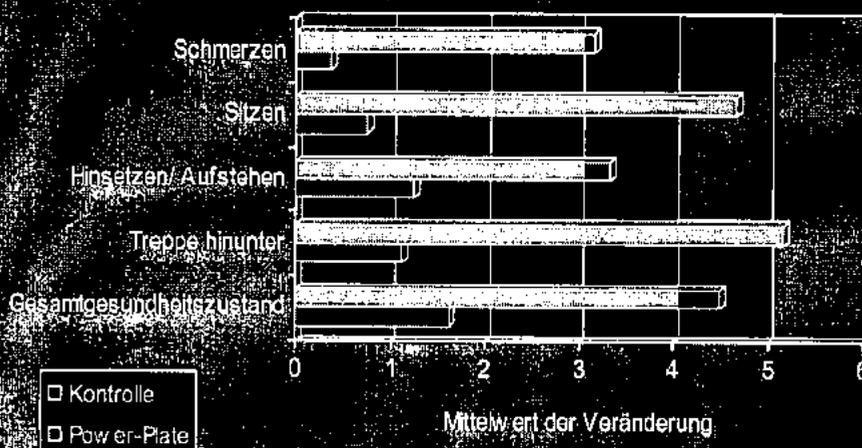
# Patientenbefragung

Frage	Kontrolle vs. Vibration
Wie oft schmerzt Ihr Knie?	p = 0.037
Schmerzt Ihr Knie beim Sitzen?	p = 0.009
Haben Sie Probleme beim Hinsetzen oder Aufstehen von einem Stuhl?	p = 0.024
Haben Sie Probleme beim Treppenhinuntersteigen?	p = 0.016
Wie beurteilen Sie (...) Einschränkung Ihres Gesamtgesundheitszustandes (...)?	p = 0.013

SFA

Abb. 6

# Patientenbefragung



SFA

Abb. 7

#### **4. DISKUSSION:**

##### **a) Diskussion der Methodik**

Zur Beurteilung der Muskelfunktion nach Ersatz des Vorderen Kreuzbandes sind die Messung des Oberschenkelumfangs bzw. des Wadenumfangs und der Einbein-Weitsprung als einfache klinische Methoden geeignet und zeigen eine hohe Korrelation im Vergleich mit Ergebnissen durch isokinetische Kraftmessungen auf [Jarvela *et al.*, 2002].

Da die Probanden bei unterschiedlichen Physiotherapiepraxen in der Nachbehandlung waren, mussten mögliche Behandlungsunterschiede erkannt werden, um einer Fehlinterpretation der Ergebnisse entgegenzuwirken. Daher wurden allen Patienten (1) standardisierte Nachbehandlungsschemata mitgegeben und (2) alle Therapieeinheiten sowie ein evtl. selbstständig durchgeführtes Zusatztraining seitens der Patienten mittels Protokollbogen detailliert festgehalten. Alle Testungen wurden standardisiert nur von einer Person durchgeführt. Dadurch sollten Nebeneffekte durch Unterschiede in der Testdurchführung seitens des Testers minimiert werden.

##### **b) Diskussion der Ergebnisse**

In der Vibrationstrainingsgruppe ist die Abnahme des Oberschenkelumfangs zum Zeitpunkt der „6-Wochen Kontrolle“ (1) 20 cm und (2) 10 cm proximal der Patellamitte geringer. Hingegen konnte zum Zeitpunkt der 6-Wochen-Kontrolle kein statistisch signifikanter Unterschied der Wadenumfangsmessungen der beiden Gruppen untereinander aufgezeigt werden. Dies wurde auch nicht erwartet, da das Trainingskonzept mit dem Vibrationsgerät als Hypertrophietraining für die Oberschenkelextensoren ausgerichtet war.

Die Untersuchungen des subjektiven Wohlbefindens der Patienten durch einen Fragebogen konnten bei den Vibrationsgruppen eine deutliche Verbesserung der Befindlichkeit aufweisen.

Diese objektiven Ergebnisse bestätigen (1) unsere subjektiven klinischen Beobachtungen während der Studie und (2) die o.g. positiven Effekte eines Vibrationstrainings auf die Muskulatur auch für den Rehabilitationsverlauf nach arthroskopischer Rekonstruktion des Vorderen Kreuzbandes. Das Vibrationstraining ist damit für Patienten mit Interesse an einer raschen Rekonvaleszenz in Beruf und Sport von Bedeutung.

## 5. SCHLUSSFOLGERUNG:

Häufig auftretende Schwierigkeiten in der Nachbehandlung nach Knieoperationen, insbesondere nach Ersatz des Vorderen Kreuzbandes, stellen:

1. eine Atrophie der Oberschenkelmuskulatur,
2. Koordinationsstörungen und
3. Beweglichkeitsstörungen am operierten Kniegelenk dar.

Ein Training auf Vibrationsplattformen ist in einigen wissenschaftlichen Untersuchungen analysiert worden. Es konnte mehrfach belegt werden, dass diese Trainingsform:

1. ein Muskelwachstum induziert,
2. die Koordination am betroffenen Gelenk und
3. die Dehnfähigkeit der Muskulatur verbessert.

Durch eine somit verbesserte Gliedmaßenstabilisierung kann diese Trainingform im Sinne einer Sekundärprophylaxe dazu beitragen, Verletzungen vorzubeugen.

Des Weiteren haben wir in unserer Klinik eine Studie zu dieser Thematik durchgeführt. Die Ergebnisse bestätigen die Literaturangaben: Wir untersuchten Patienten, die in unserer Klinik eine arthroskopische Rekonstruktion des Vorderen Kreuzbandes erhielten und in der Nachbehandlung ein zusätzliches Training auf einem Vibrationstrainingsgerät absolvierten. Diese Patienten zeigten statistisch signifikant (verglichen mit der Kontrollgruppe) eine geringere Umfangsabnahme des Oberschenkelmuskels am operierten Bein. Zudem gaben die Patienten weniger Schmerzen an und beurteilten Ihren Gesamtgesundheitszustand günstiger.

Somit ist diese zusätzliche Behandlungsform mit Vibrationen für alle Patienten mit Interesse an einer raschen Rekonvaleszenz und Wiedereingliederung in Beruf und Sport von Bedeutung.



**Leitung: J. Bastian**

Kontakt: Lutrina Klinik, Abt. Kniechirurgie  
Karl-Marx-Strasse 33  
Fon: 0631-3635200  
Fax: 0631-3635137  
info@lutrinaklinik.de  
67655 Kaiserslautern

Verantwortlich: Dr. med. W. Franz, CA der Klinik  
Fragebogen: Frau C. Trittel, SFA Tuttlingen

## QUELLENVERZEICHNIS:

1. Anderson, A. F., Dome, D. C., Gautam, S., Awh, M. H., Rennert, G. W. (2001) Correlation of anthropometric measurements, strength, anterior cruciate ligament size, and intercondylar notch characteristics to sex differences in anterior cruciate ligament tears. *American Journal of Sports and Medicine* **29**: 58 – 63
2. Berschin, G., Sommer, H.-M. (2004) Vibrationskrafttraining und Gelenkstabilität: EMG-Untersuchung zur Wirkung von Vibrationsfrequenz und Körperhaltung auf Muskelaktivierung und -koaktivierung. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* **55**: 152 – 156
3. Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J., Viru, M., De Lorenzo, A., Viru, A. (2000) Hormonal responses to whole-body vibration in men. *European Journal of Applied Physiology* **81**: 449 – 454
4. Clinton, R. (2001) Low mechanical signal strengthen long bones. *Nature* **412**: 603 – 604
5. De Gail, P., Lance, J., Neilson, P. (1966) Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man. *Journal of neurology, neurosurgery and psychiatry* **29**: 1 – 11
6. Delecluse, C., Roelants, M., Verschueren, S. (2003) Strenth increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* **35**: 1033 – 1041
7. Engelhardt, M., Freiwald, J., Rittmeister, M. (2002) Rehabilitation nach vorderer Kreuzbandplastik. *Orthopäde* **31**: 791 - 798
8. Engelhardt, M., Freiwald, J., Reuter, I., Mortier, J., Huth, D. (2000) Beeinflussung der Sportfähigkeit durch neuromuskuläre Veränderungen nach Trauma und Operation am Kniegelenk. *Arthroskopie* **13**: 302 – 306
9. Eklund, G., Hagbarth, K. E. (1966) Normal variability of tonic vibration reflexes in man. *Experimental Neurology* **16**: 80 – 92
10. Fuss, F. K. (1989) Anatomy of the cruciate ligaments and their function in extension and flexion of the human knee joint. *American Journal of Anatomy* **184**: 162 – 176
11. Hamer, C. D., Baek, G. H., Vogrin, T. M., Carlin, G. J., Kashiwaguchi, S., Woo, S. L. Y. (1999) Quantitative analysis of anterior cruciate ligament insertions. *Arthroscopy* **15**: 741 – 749
12. Homma, S., Kabayashi, H., Watanabe, S. (1970) Vibratory stimulation of muscle and stretch reflex. *The Japanese Journal of Physiology* **20**: 309 – 319
13. Jarvela, T., Kannus, P., Latvala, K., Jarvinen, M. (2002) Simple measurements in assessing muscle performance after ACL reconstruction. *International Journal of Sports Medicine* **23**: 196 – 201
14. Johannson, H., Sjolander, P., Sojka, P. (1991) A sensory role for the cruciate ligaments. *Clin Orthop* **268**: 161 – 178
15. Konishi, Y., Fukubayashi, T., Takeshita, D. (2002) Mechanism of quadriceps femoris muscle weakness in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* **12**: 71 – 375

16. Künnemeyer, J., Schmidtbleicher, D. (1997) Beeinflussung der Reaktivität durch die rhythmische neuromuskuläre Stimulation (RNS). In: Sportverletzung , Sportschaden **11**: 39 – 41
17. Kummer, B., Yamamoto (1988): Funktionelle Anatomie der Kreuzbänder. *Arthroskopie* **1**: 2 – 10
18. Lippert, H.: Kniegelenk, S. 704 (1996). In: Lippert, H., Lehrbuch Anatomie, 4. Auflage. Urban und Schwarzenberg Verlag, München
19. Martin, B., Park, H. ( 1997) Analysis of the tonic vibration reflex: Influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue. *European Journal of Applied Physiology* **75**: 504 - 511
20. Odensten, M., Gillquist, J. (1985) Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *Journal of Bone and Joint Surgery (Am)* **67**: 257 – 262
21. Pässler, H. H. (1996) Nachbehandlung nach Bandverletzungen am Kniegelenk, *Klin Mag*: 40 – 46
22. Pässler, H. H., Henkemeyer, H., Burri, C. (1972) Funktionelle Nachbehandlung nach Bandnaht und –plastik am Kniegelenk. *Langenbecks Arch Chir Forum* 1972 (Suppl.) 51 – 53
23. Person, R., Kozhina, G. (1992) Tonic vibration reflex of limb muscles. *Journal of electromyography and kinesiology* **1**: 1 – 9
24. Petersen, W., Tillmann, B. (2002) Anatomie und Funktion des vorderen Kreuzbandes. *Orthopäde* **31**: 7610 – 718
25. Rittweger, J., Schiessl, H., Felsenberg, D. (2001) Oxygen uptake during whole-body vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *European Journal of Applied Physiology* **86**: 169 – 173
26. Schwarzer, J. (2001) Vibrationskrafttraining. *Leichtathletik konkret*, 10 – 11
27. Strobel, M.: Vorderes Kreuzband, S. 361 (1998). In: Strobel, M., *Arthroskopische Chirurgie*, 1. Auflage. Springer Verlag, Heidelberg
28. Weber, R. (1997) Muskelstimulation durch Vibrationen. *Leistungssport* **1**: 53 – 56
29. Wiesendanger, M.: Motorische Systeme, S. 91 (1997) In: Schmidt, R. F., Thews, G., *Physiologie des Menschen*, 27. Auflage, Springer, Heidelberg