

# Konservative Behandlung und physikalische Therapie des arthrotischen Knies

■ Uwe Moorahrend

## Zusammenfassung

Der Einsatz konservativer Maßnahmen zur Behandlung der Arthrose verlangt das Wissen um die pathomechanischen/biochemischen Veränderungen des Knorpels. Wesentliche Teilursachen wie Übergewicht, Stoffwechselerkrankungen, Medikamente sind Kofaktoren bei der Arthroseentstehung. Die physikalische Therapie kann durch ihre unterschiedlichen Behandlungsinhalte sehr wohl in den zeitlichen Verlauf der Arthroseentwicklung günstig eingreifen. Wichtig ist, dass die Diagnose frühzeitig gestellt wird und die physikalischen Maßnahmen dann als Maßnahmen der ersten Wahl zum Einsatz kommen. Andere Therapieverfahren wie medikamentöse Behandlung, größere chirurgische Interventionen sind den physikalischen Behandlungsmaßnahmen zeitlich nachgeordnet.

## The Arthrotic Knee Conservative Treatment and Physical Therapy

The use of conservative measures for the treatment of arthrosis requires a knowledge of the pathomechanical/biochemical changes in cartilage. Major partial causes such as overweight, metabolic diseases and drugs are cofactors in the development of arthrosis. Physical therapy can indeed exert a favourable influence on the time course of the development of arthrosis due to its differing treatment contents. It is most important that the diagnosis be made as early as possible so that physical measures can be applied as the intervention of first choice. Other therapeutic possibilities such as drug treatment and larger surgical interventions are then subordinate to the physical therapy.

## Einleitung

Pathologisch-anatomisch geht die Arthrosis deformans charakteristischerweise mit einem kontinuierlichen Knorpelverlust einher. Dieser schleichende Vorgang beginnt mit einer Knorpelweichung, später treten Aufbrüche der Knorpeloberfläche hinzu und zum Schluss kommt es zu einem vollständigen Abbau der Knorpelschicht. Dieses bedeutet den Verlust des reibungsarmen Gleitens bei hoher axialer Belastung, die beim Kniegelenk ein nahezu 2faches des Körpergewichtes beträgt. Bewerkstelligt wird dieses durch den hyalinen Knorpel mit seinen viskoelastischen Eigenschaften. Letztere gewährleisten, dass punktuelle Lastübertragungen mit

Lastspitzen unterbleiben. Der Aufbau des Knorpels ermöglicht ein reibungsarmes Gleiten. Ein gesunder Knorpel besteht aus 70% Wasser, 15% Kollagen, 12% Proteoglykanen und zu 0,1% aus Chondrozyten. Die kollagenen Bestandteile sind für die Festigkeit des Gelenkknorpels maßgeblich, die Proteoglykanen für seine hydroelastische Formbarkeit. Kollagenfibrillen sind je nach biomechanischen Anforderungen mehrdimensional miteinander vernetzt, das heißt, je höher die mechanische Beanspruchung, um so größer ist die kollagene Vernetzung untereinander. Kollagenfasern unterschiedlicher Struktur und Faserdicke übernehmen im System unterschiedliche Aufgaben (Quervernetzung, Verankerung mit den Chondrozyten, Dickenregulation einzelner Kollagenfibrillen usw.) [8]. Hochmolekulare Hyaluronsäureketten sind in das Kollagenfasernetz eingelagert. Über

Bindungsproteine sind vernetzte Proteoglykane angelagert, an die – je nach Belastungsform des Hyalinknorpels – eine Vielzahl von Chondroitin- und Keratansulfatseitenketten gebunden ist. Die überaus hohe Wasserbindungsfähigkeit von Chondroitin- und Keratanketten sorgt für die hydroelastische Verformbarkeit des Knorpels. Alle beschriebenen Bestandteile sind Produkte der knorpelbildenden Zellen. Die nur in geringer Zahl vorhandenen Chondrozyten sind postmitotisch und damit nicht regenerationsfähige Zellen. Sie leben in der gefäßlosen Matrix, ernährt werden sie durch Diffusion. Der Chondrozytenstoffwechsel wird über die Matrix zur Synovialflüssigkeit, zu den Synovialzellen und letztlich zum subsynovialen Blutkreislauf geregelt. Dieser Stoffwechsel ist durch den Wechsel zwischen Be- und Entlastung getriggert, so dass neben der Stoßpufferung der Pumpmechanismus die wesentliche Bedeutung für die Knorpelernährung besitzt. Beim Kniegelenk selbst kommt durch die „wandernden“ Druckwechsel auf der Gelenkfläche des tibialen Knorpels und den Richtungswechsel dorsoventral zu ventrodorsal ein zweiter Effekt der Durchwalkung hinzu.

Nach Faßbender [4] sind unterschiedlichste Faktoren und ihr Zusammenspiel bei der Entstehung einer Arthrose maßgeblich. Im Einzelnen sind das:

- Ernährungsstörungen der Chondrozyten durch Beeinträchtigung der Transitstrecke zwischen Synovialkapillaren und Chondrozyten,
- toxische Gefährdung der Chondrozyten durch Medikamente (z.B. Dexamethason) und klinisch relevante Stoffwechselerkrankungen (Diabetes mellitus, Hyperlipoproteinämie usw.),
- Gefährdung der Knorpelgrundsubstanz durch eiweißandauende Proteasen (z. B. bei Synovitis),
- Zerstörung der Kollagenfaservernetzung durch mechanische Beanspruchung oder enzymatischen Abbau von Trägerkollagenfibrillen.

Treffen mehrere dieser pathogenen Faktoren zusammen, beginnt eine mechanische Zerstörung des oberflächlichen Kollagenetzes. Hierdurch wird die Durchlässigkeit der Knorpelfläche für Synovialflüssigkeit erhöht, was zu einer Stoffwechselschädigung der Chondrozyten führt und die Bildung von unbrauchbaren Kollagenfasern und fehlerhaften Proteoglykanen zur Folge hat [3]. Dieses setzt von anderen Chondrozyten Eiweiß andauende Substanzen frei, die eine weitere Matrixschädigung vorantreiben.

*Zusammenfassend lässt sich sagen:*

Der Zustand der Knorpelgrundsubstanz oder Matrix des Kniegelenkes ist abhängig von einer optimalen Wasserbindung unter lokalen Druckwechseln und dynamischen Druckänderungen, von einer intakten Transitstrecke zwischen Gelenkschleimhaut und Chondrozyt, von einem anaeroben Stoffwechsel der Chondrozyten sowie einem Nichtvorhandensein von Eiweiß andauenden Fermenten (durch Entzündung oder Fehlsynthese der Chondrozyten).

## Hauptteil

### Arthrose – Übergewicht – Gewichtsreduktion

Der Körper als „biokinetisches System“ ist danach ausgelegt, möglichst kraftsparend zu agieren, da der Muskel unter der Beanspruchungsform „Kraft“ besonders viel Energie verbraucht. Der stark Übergewichtige macht deshalb bei Fortbewegung nur kleine „stakkatoartige“ Schritte unter angedeuteter Zirkumduktion der Beine aus den Hüftgelenken. Hierdurch wird die mechanische Beanspruchung des Knorpels durch überhöhten axialen Druck verändert. Die typischen Druck-Zug-Belastungen und die „wandernden“ tangentialen Druckwechsel unter einer physiologischen Streck- und Beugebewegung unterbleiben. Daher tritt beim stark Übergewichtigen eine mechanische Zerstörung der vernetzten Kollagenfibrillen in der oberen Tangentialschicht der Grundsubstanz auf. Synovialflüssigkeit tritt in größerer Menge in die Tiefe und stimuliert die Chondrozyten zu fehlerhafter Kollagenfaserbildung, was wiederum eine Proteasenfreisetzung zur Folge hat [1, 2]. Resultat: stanzförmige Knorpelulzera in den Hauptbelastungszonen des Gelenkes.

Die Ermittlung des Body-Maß-Index (BMI = Körpergewicht : Körperlänge<sup>2</sup>) besitzt bei Gewichtsreduktionsprogrammen von Adipösen einen nur geringen Anwendungswert. Die Berechnung des BMI gehört in die Leistungs- und Trainingsphysiologie [9]. Bei der Berechnung von Zielgewichten bei Hüft- und Kniegelenksarthrosen sollte folgende Faustformel gelten:

Übergewichtige Männer: Körpergewicht in Zentimetern minus 100 plus 10%. Ein stark übergewichtiger, 1,90 Meter großer Mann sollte damit ein Zielgewicht von 99 kg anstreben.  
Bei Frauen gilt: Körpergröße in Zentimetern minus 100 plus 15% (die um 5% erhöhte Toleranzgrenze berücksichtigt die Östrogenwirkung mit ihrer erhöhten Wasserbindungskapazität). Beispiel: Eine 1,70 m große Frau sollte ein Zielgewicht von 80,5 kg anstreben.

### Ernährung

Es gibt eine Vielzahl an Reduktionsdiätprogrammen (Trennkost, Weight Watchers, Brigitte Diät etc.). Die Erfolg bringende Strategie ist letztlich allen Programmen gemeinsam:

- Eine Reduktionsdiät ist mit einer gezielten energieverbrauchenden Bewegungsform zu kombinieren,
- tierische Fette und tierische Eiweiße sind einzusparen
- Diätmaßnahmen sollten möglichst in einer Gruppe Gleichgesinnter durchgeführt werden,
- hochkalorische Süßspeisen und Getränke sind zu meiden.

Abschließend sei auf die Fachliteratur zu den verschiedensten Diätformen verwiesen [5].

### Physikalische Therapie

Hauptansatzpunkt der physikalischen Therapie beim arthrotischen Knie ist die Rückgewinnung einer der wesentlichen motorischen, muskulären Beanspruchungsformen: der Koordination.

Lange bevor die klinische Diagnose „Gonarthrose“ gestellt wird, „verliert“ das Gelenk die Fähigkeit, koordinative Bewegungsmuster adäquat zu absolvieren. Das heißt, flüssige Bewegungswechsel zwischen Streckung und Beugung des Gelenkes gehen verloren. Der Betroffene merkt dieses meist nur unbewusst, z. B. nach dem Tanzen, wenn er einen unangenehmen Zug in der Quadrizepsmuskulatur

am Belastungsende verspürt. Setzt sich der Arthroseprozess fort, kommt es zum typischen Bewegungsverlust mit Verkürzung der Ischiokruralmuskulatur und Abschwächung der Kiestreckmuskulatur.

Ein physikalisches Therapieprogramm beinhaltet folgende Schritte:

1. Aufdehnen der verkürzten Ischiokruralmuskulatur unter Anwendung von Wärme und Quermassagen im Bereich der Muskelansätze
2. Mit Erreichen der Gelenkstreckung (so genannte Nullstellung) Ansprechen der abgeschwächten Kniegelenksstreckmuskulatur durch ein gezieltes Bewegungstraining mit gehäuften Wiederholungen und „unterlastigen Widerständen“. **Ein isometrisches Training ist in der physiotherapeutischen Behandlung der bewegenden Muskulatur eines Arthrosegelenkes falsch.** Der funktionsgestörte Muskel ist für die intramuskuläre Kraftentwicklung wenig geeignet und diese Beanspruchungsform ist in hohem Maße energieverbrauchend, so dass der Muskel nach kurzer Zeit in Erschöpfung gerät und in die „Arthrosehaltung“ zurückstellt.
3. In der physikalischen Therapie sind koordinative Bewegungsreize die zielführenden Behandlungsinhalte. Sie sind allerbesten Ausdauerreiz, sind energiesparend und haben zur Folge, dass bei ausreichender Therapiezeit (wenigstens 3×45 Minuten pro Woche) der funktionsgestörte Muskel in die Lage versetzt wird, die 4 übrigen motorischen Beanspruchungsformen wieder aufzunehmen (Schnelligkeit, Flexibilität, Kraft, Ausdauer). Nach einer physiotherapeutischen Vorbereitung des Kniegelenkes sind trainingsorientierte Beanspruchungsformen der das Arthrosegelenk bewegenden Muskulatur:
  - ein trittfrequenzorientiertes Ergometer/Fahrrad fahren,
  - ein Aquajogging,
  - Schwimmen,
  - Skilanglauf im Diagonalstil.

**Beispiel eines trittfrequenzorientierten Ergometertrainings**

Ergometer-Trainingsprogramm. Worauf Sie achten müssen:  
*Technische Ausstattung des Ergometers:* Der Tretwiderstand sollte über eine Magnetbremse (Schwungrad wird über einen Magneten beeinflusst) oder eine Wirbelstrombremse (wie ein großer Luftventilator, dessen Flügellamellen verstellbar sind) verändert werden können. Andere Geräte verfügen über große, mehr als 12 kg schwere Schwungscheiben, an deren hochpolierten Backen gut anliegende Filzbremsen verstellbar werden. Diesen technischen Systemen ist gemein, dass sie am ehesten das Gefühl des Fahrradfahrens vermitteln. Zum Weiteren sollte das Ergometer einen Trittfrequenzmesser besitzen. Derart ausgerüstete Ergometer werden im Sport- und Freizeithandel ab 250 Euro angeboten.  
*Ablauf:* Sie radeln sich bei einer Ihnen angenehmen Trittfrequenz warm. Dabei sollte der Tretwiderstand so eingestellt sein, dass Sie das Gefühl haben, auf der Ebene mit leichtem Rückenwind zu radeln. Nach 10 Minuten erhöhen Sie in 2-Minuten-Intervallen die Trittfrequenz um jeweils 5 pro Minute.  
*Beispiel:* Die Ihnen angenehme Trittfrequenz liegt bei 70 Umdrehungen pro Minute. Sie radeln also 10 Minuten bei Trittfrequenz von 70 und erhöhen diese dann in 2-Minuten-Sprüngen um jeweils 5 Umdrehungen, so dass Sie in der 19. und 20. Minute bei 95 U/min pedalisieren. Die letzten 10 Minuten radeln Sie wieder bei 70 U/min aus.  
 Wenn Sie die Trainingseinheiten (3 x pro Woche eine halbe Stunde) konsequent durchführen, werden Sie nach einem Monat feststellen, dass Sie mit Leichtigkeit bei einer Trittfrequenz von 80 U/min einradeln können ohne „aus der Puste“ zu kommen. Dann wiederholen Sie die Erhöhung der Trittfrequenz wie beschrieben, so dass Sie in der 19. und 20. Minute bei 105 U/min ankommen. Sofern Herz und Kreislauf gesund sind, werden Sie feststellen, dass sich die Ruhetrittfrequenz nach einem Training über ein Vierteljahr auf diese Weise auf 90 U/min steigern lässt. Die Belastungstrittfrequenz in der 19. und 20. Minute läge dann bei 115 U/min.  
 3 x wöchentlich für jeweils mindestens eine halbe Stunde durchgeführt, ersetzt das Ergometer radeln zweimaliges Joggen über 5 km pro Woche!

*Physikalische Maßnahmen*

Bei kompensierten (inaktiven) Arthrosen des Kniegelenkes, die noch keinen oder nur geringen Nachtschmerz bereiten und die eine schmerzfreie Belastung von ei-

ner halben Stunde und länger zulassen, sind ergänzend hyperämisierende Maßnahmen (durchblutungsfördernde Ströme, thermische Peloides) anzuwenden, bei dekompensierten Gelenksituationen mit Nachtschmerz, schmerzfreier Gehstrecke von weniger als 1000m und wiederholten Gelenkergüssen sind reizhemmende physikalische Maßnahmen anzuwenden: Quarkpackungen, Eisabreibungen, kalte Feuchtwickel [7].

*Orthopädietechnische Maßnahmen*

Allzu häufig wird bei Verordnungen einer orthopädietechnischen Versorgung ausschließlich die passive Korrektur einer Achsabweichung „gesehen“. Dass bei der Achskorrektur des Kniegelenkes aber auch Nachbargelenke (oberes und unteres Sprunggelenk, Hüftgelenk) in diese Umbelastung einbezogen werden, wird zu wenig bedacht. Bei Achsverbiegungen durch Kniegelenksarthrosen erfährt die mangelhafte muskuläre Führung des Gelenkes, auch unter Lastbedingungen in odernahe der Streckstellung, zu wenig Beachtung.

*Laterale Schuhranderrhöhungen*

Bei Varusgonarthrosen kommt es zu einer Hypotrophie des M. vastus medialis (sog. Kraftanteil des Quadrizeps, der das Kniegelenk in Streckstellung gegen Valgusstress sichert) und gleichzeitig zu einer Auslängung und Hypotrophie des M. tensor fasciae lata (sog. koordinativer Muskel), der Hüft- und Kniestellung vor Streckung und Lastaufnahme gegen Varusbelastung sichert und in Streckstellung widerlagernder Muskel der Oberschenkeladduktoren ist. Wird eine Varusgonarthrose jetzt durch eine äußere Schuhranderrhöhung „korrigiert“, dann resultiert unter dem Gehen eine vergrößerte Schrittbreite. Das hat eine Lastumverteilung im Gelenk mit gleichzeitigem Dehnreiz auf den Vastus medialis und einer Aktivierung des hypotrophierten Tensor fasciae lata zur Folge. Das breitere Schrittbild führt zu einer Dehnung der Oberschenkeladduktoren. Die tatsächliche Korrektur durch Änderung des Auftrittswinkels auf die Beinachse ist die Summe aus den oben skizzierten Einzelresultierenden. Schuhranderrhöhungen sollten auf durchgehenden Sohlen angebracht sein, die Erhöhung sollte 5 mm nicht überschreiten und der Abfall der lateralen Erhöhung bis zur Längsmittellinie des Schuhs reichen, besser noch darüber hinaus.

**Tab. 1** Status des M. vastus medialis unter Stressbelastung

Stressbelastung/ Muskelstatus	Varus	Valgus
Atrophie	-	+++
Hypotrophie	++	
Dehnung	-	++
Kontraktur	++	-

**Tab. 2** Status des M. tensor fasciae latae unter Stressbelastung

Stressbelastung/ Muskelstatus	Varus	Valgus
Atrophie	-	-
Hypotrophie	++	++
Dehnung	+++	-
Kontraktur	-	++

*Mediale Schuhranderrhöhungen*

Bei Veränderung der Beinachse im X-Sinne resultiert eine permanente Überdehnung des M. vastus medialis, was meistens eine völlige Atrophie des Muskels zur Folge hat. Durch die X-Achse des Beines tritt weiterhin eine Verkürzung des M. tensor fasciae lata auf der Außenseite (es nähern sich in Streckstellung Ursprung und Ansatz an) ein. Da der M. tensor fasciae lata ein 2-Gelenke steuernder und sichernder Muskel ist (sein Muskelursprung liegt sehr hüftgelenksnah am seitlichen hinteren Beckenkamm), ist eine innere Schuhranderrhöhung bei X-Arthrose anders zu bewerten. Die Umlastung setzt keine physiologischen Reize auf den überdehnten und völlig atrophierten Vastus medialis. Der Dehnreiz auf den M. tensor fasciae lata führt zur Kompression im äußeren Gelenkspalt. Dem versucht der Schuhträger durch eine vermehrte Ab spreizung des Beines bei Auftakt der Standphase auszuweichen (noch größere Spurbreite beim Gehen). Er „neutralisiert“ also den therapeutischen Effekt und lässt die Belastung für die valgische Beinachse fortbestehen. Diese Betroffenen entwickeln eine deutliche Zunahme des X-Beines mit der Folge einer klinisch relevanten Funktionsstörung der Hüftabduktoren: typischer „Watschelangang“ bei dekompensierter X-Bein-Arthrose.

Dieses Dokument wurde zum persönlichen Gebrauch heruntergeladen. Vervielfältigung nur mit Zustimmung des Verlages.

## Resümees

Wenn Schuhranderhöhung, dann lateral bei Varusverbiegung, keine Schuhranderhöhung bei Valgusverbiegung.

### Orthesen bei Fehlstellungen

Die Verordnung passiv die Beinachse korrigierender Orthesen sollte auf einzelne Ausnahmen beschränkt bleiben. Begründung: Eine Kniegelenksarthrose, die mit einer deutlichen Achsverbiegung einhergeht, besitzt bereits ein eingeschränktes Bewegungsmuster. Um die achsabweichenden Kräfte unter Belastung passiv zu korrigieren, muss der Ober- und Unterschenkelteil einer Orthese so lang sein, dass er wenigstens 4/5 der entsprechenden Länge des Gliedmaßenabschnittes ausmacht. Zum Weiteren ist bei einer scharniergeführten Orthese ein Verrutschen der Scharnierebene zur Gelenkebene gegeben, folglich resultieren mechanische Mehrbelastungen für das Arthrosegelenk. Der Einsatz dieser Orthesen erschwert das Gehen und führt zu mechanischen Sekundärschäden am kontralateralen Bein. Kurze schienengeführte Orthesen können passiv die Beinachse nicht korrigieren und sind nur in der Initialphase der Arthrose mit Achsverbiegungen zwischen 8° und 10° Valgus oder Varus zu empfehlen. Der Aufbau dieser Orthesen ist so gestaltet, dass zirkuläre Zügel die Muskel-Sehnen-Ansätze von Ober- und Unterschenkelmuskulatur fassen und somit die dynamische Führung des Gelenkes verbessern helfen. Sie stellen im Höchsthalle Hilfsmittel von nur geringem Therapieeffekt dar. Starre Langschaftorthesen (sog. Hellersen-Schiene) finden ausnahmsweise Einsatz bei dekompenzierten Kniegelenksarthrosen mit erheblicher Fehlstellung bei älteren Patienten, wenn eine Operationsindikation aufgrund des Alters und/oder der bestehenden Begleiterkrankungen nicht mehr gestellt werden kann. Der Sitz einer „starken“ Orthese sollte bei solchen Patienten auf korrekte Anlage stets überprüft werden. Diese Patienten sind mit weiteren Hilfsmitteln wie Gehwagen oder Gehstützen zu versorgen, um somit eine Sturzgefahr mit angelegter Orthese zu minimieren.

### Gehhilfen

Der Einsatz von Gehhilfen kann im weitesten Sinne als adjuvante Maßnahme eingestuft werden. Der Einsatz eines **Gehstockes** auf der Gegenseite kann im Höchsthalle 1/10 Körpergewicht Entlastung für das Arthrosegelenk bedeuten. Beispiel: Eine 90 kg schwere, 165 cm große, adipöse Gonarthrosepatientin mit Valgusverbiegung des Beines erfährt eine Gewichtsbelastung auf dem Kniegelenk vom 1,7fachen des Körpergewichtes, was einer Druckbelastung von 153 kp entspricht. Minimierung um 1/10 Körpergewicht, entsprechend 9 kp (Näherungswert), bedeutet eine verbleibende Belastung des Gelenkes von 144 kp.

Einseitig eingesetzte **Gehstützen** können bis zu 1/5 des Körpergewichtes vom Arthrosegelenk nehmen. Beispiel: Durch Einsatz einer Gehstütze entlastet die in Beispiel 1 aufgeführte Patientin das Gelenk um 18 kp auf entsprechend 135 kp.

**Unterarmgehstützen:** Je nach Gangart, ob im Zwei- oder Dreipunktgang, variiert die Belastung des betroffenen Gelenkes zwischen einer Minderung von 20 bis 60 oder 70% des Körpergewichtes. Das Gehstützengehen ist im Wesentlichen vom Kräftezustand der Schultergürtel- und oberen Gliedmaßenmuskulatur abhängig.

### Adjuvante physikalische Therapiemaßnahmen

Hyperämisierende Stromformen, Thermobandagen aus Neopren bei reizfreien inaktiven Gonarthrosen zur Verbesserung der chondrosynovialen Stoffwechselsituation, Phonophoresen und Iontophoresen zur Applikation kationischer oder anionischer Salbenpräparate zur Entzündungshemmung bei begleitenden Synovitiden, sog. „aktive“ Arthroseformen. [6]

### Komplementärmethoden

Pharmakologische Behandlungen greifen am Symptomenkomplex „Schmerz, Schwellung, Erguss“ an. Es gibt keine Zubereitungen, die nachgewiesenermaßen einen direkten Einfluss auf die in der Matrix befindlichen Chondrozyten haben.

Alle anderen oral verabreichten Zubereitungen besitzen allenfalls den Stellenwert von Nahrungsergänzungsmitteln. Ihnen wird eine Beeinflussung des pH-Wertes des Gelenkes zugerechnet (Veränderung des Säuremilieus eines Arthrosegelenkes bedeutet Schmerzlinderung).

### Magnetfeldtherapie und Arthrose

In vitro kann ein niedrigerenergetisches Magnetfeld von 40 bis 100 Tesla eine Stoffwechselaktivierung von Chondrozyten belegen. In vivo steht der Nachweis solcher Effekte bisher noch aus.

### Literatur

- Baici A. Die Arthrose aus biochemischer Sicht. Ther. Umsch. 1991; 48: 13
- Engelhardt M. Epidemiology of osteoarthritis in Western Europe. Dtsch Z Sport med. 2003; 54: 171–175
- Evans CH, Mears DC, Cosgrove JL. Release of neutral proteinases from mononuclear phagocytes and synovial cells in response to cartilaginous wear particles in vitro. Biophys. Acta 1981; 677: 287
- Faßbender HG. Die Osteoarthritis im Licht neuer Forschungsergebnisse. Therap. Umsch. 1991; 48: 7
- Konopka P. Sporternährung. BLV Verlagsgesellschaft München – Wien – Zürich 1985
- Lange A. Physikalische Medizin. Springer Verlag Berlin – Heidelberg – New York 2003
- Lehmann JF. Therapeutic heat and cold. Williams & Wilkins, Baltimore, 1990; Ed. 4
- Miehle R, Schmidt K. Degenerative rheumatische Erkrankungen. In: Hettenkofer HJ (Hrsg.): Rheumatologie. Thieme Verlag Stuttgart 1998; 147–174.
- Wirth A. Adipositas-Fibel. Springer Verlag, Berlin 2003

### Dr. med. Uwe Moorahrend

Facharzt für Chirurgie  
und Unfallchirurgie  
Facharzt für Physikalische und  
Rehabilitative Medizin  
Sportmedizin – Betriebsmedizin –  
Sozialmedizin  
Chefarzt der Abteilung Orthopädie/  
Traumatologie  
Ärztlicher Direktor der Fachklinik  
Enzensberg

Höhenstraße 56  
87629 Hopfen am See