

Akne

Stoßwellen erzeugen Druck- und Scherkräfte zwischen den Hautzellen, verbessern die Struktur des Hautgewebes

Schallwellen beleben das Perikardgewebe

Herz Querschnitt

Herzinfarkt

Durch Stoßwellenbehandlung werden vermutlich Stammzellen aus dem Knochenmark angelockt, die das Perikardgewebe regenerieren

Infarktgeschädigtes Herzmuskelgewebe
Perikardzone

Herzmuskelgewebe

Tennisarm

Stoßwellen wirken sich regenerierend auf Knochen, Knorpel und Sehnen aus

Cellulite-Behandlung

Diese Fotos präsentierte der plastische Chirurg Karsten Knobloch aus Hannover kürzlich bei einem Kongress in Linz



Schockträume

Die Stoßwellentherapie zeigt teils beeindruckende Erfolge in der Knochen- und Wundheilung, in der Arthrosen-, Cellulite- und sogar in der Infarkttherapie. Ist der Hype berechtigt?

VON ROBERT BUCHACHER

Staunende Journalisten starren auf den Bildschirm, auf dem ein schlagendes Menschenherz im geöffneten Brustraum zu sehen ist. Mit einem Gerät von der Größe einer Taschenlampe streift der Operateur mehrmals um die Außenwand des pulsierenden Lebensorgans. Beim Medienworkshop im Traumazentrum der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) in Wien erklärt Unfallchirurg Wolfgang Schaden die neuesten Entwicklungen der Stoß- oder Schockwellentherapie, einer Technologie, die seit ihrer Einführung vor 30 Jahren eine ungewöhnliche Karriere hingelegt hat, an der österreichische Forscher nicht ganz unbeteiligt waren.

Die Geschichte dieser Therapie liest sich wie ein Krimi, in dem sich zufällig beobachtete, positive Nebenwirkungen zu einer ganzen Palette neuer Anwendungen auswuchsen. Das ursprünglich zur Nierensteinertrümmerung (Lithotripsie) eingesetzte Verfahren wird heute nicht nur zur Knochen- und Wundheilung, sondern zur Regeneration verschiedenster Körpergewebe eingesetzt – zur Akne- und Cellulite-Therapie, zur Behandlung von Gelenkschäden wie Kniearthrose und Tennisarm oder auch zur Abwendung von drohenden Amputationen, wenn die offenen Bei-

ne von Diabetikern aufgrund von Gefäß- und Nervenschäden nekrotisch werden, sodass keine Wundheilung mehr stattfindet und das Gewebe langsam abstirbt (siehe Fotos links unten).

Der Herzchirurg Michael Grimm hatte, bevor er vor anderthalb Jahren an die Medizinische Universität Innsbruck berufen wurde, am Wiener AKH Stoßwellenexperimente an schwer infarktgeschädigten Patienten durchgeführt, mit ersten positiven Ergebnissen, wie er berichtet. Jetzt versucht der Forscher zusammen mit seinem Team den dahinterliegenden Wirkmechanismus aufzuklären. Er und seine Mitarbeiter gehen davon aus, dass die Stoßwellen mechanische Reize auf die Zellen ausüben, die offenbar in mehrere Richtungen wirken: Sie regen den Zellstoffwechsel an, generieren Wachstumsfaktoren, welche die Bildung neuer Blutgefäße anregen, locken Stammzellen an, welche die Randzonen des geschädigten Herzmuskels besiedeln, sodass es zu einer deutlich höheren Pumpleistung des Herzens und zu einer teilweisen Wiederherstellung der körperlichen Leistungsfähigkeit des Patienten kommt (siehe auch Interview auf Seite 95).

Mittlerweile laufen weltweit Forschungen, um die genaue Wirkweise der Schallwellen aufzuklären. Angestrebtes Ziel: die Industrie auf das Potenzial der Technologie aufmerksam zu machen, Forschungsgelder für Multicenter-Studien aufzutreiben und neue Anwendungen wie die Infarkttherapie in die Klinik zu bringen. Die bisherigen Erfolge der Technik rufen aber auch jede Menge Trittbrettfahrer auf den Plan, welche mit dem vermeintlichen Zauberwort „Stoßwellentherapie“ eine Geld-

Kniearthrose

Die Stoßwellentherapie aktiviert den Zellstoffwechsel in verschiedenen Gewebearten des Gelenks

Wundheilung

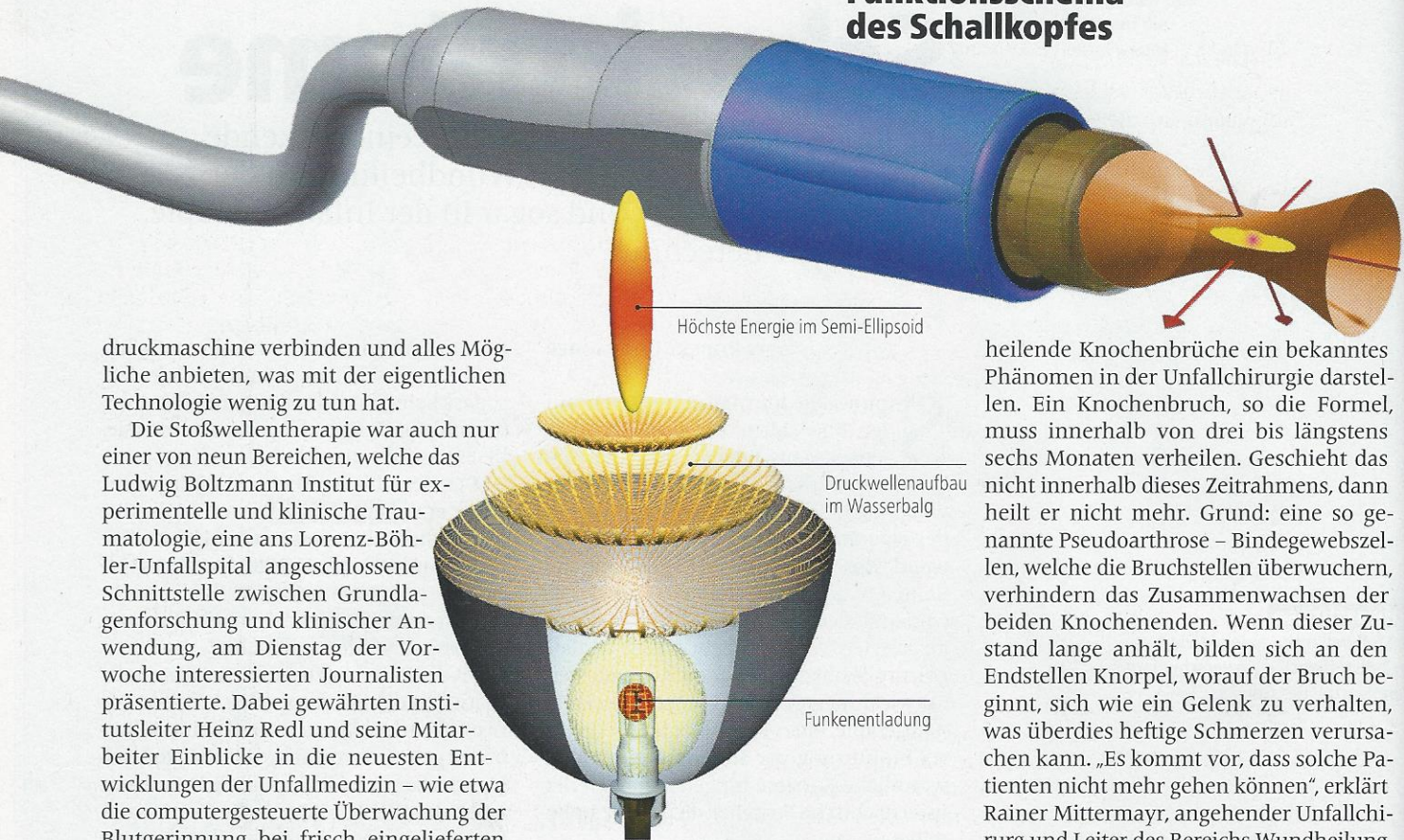
Die Ergebnisse der Stoßwellenbehandlung sind teils spektakulär

Diabetischer Fuß

Die große Zehe wurde durch Stoßwellentherapie gerettet



Funktionsschema des Schallkopfes



druckmaschine verbinden und alles Mögliche anbieten, was mit der eigentlichen Technologie wenig zu tun hat.

Die Stoßwellentherapie war auch nur einer von neun Bereichen, welche das Ludwig Boltzmann Institut für experimentelle und klinische Traumatologie, eine ans Lorenz-Böhler-Unfallspital angeschlossene Schnittstelle zwischen Grundlagenforschung und klinischer Anwendung, am Dienstag der Vorwoche interessierten Journalisten präsentierte. Dabei gewährten Institutsleiter Heinz Redl und seine Mitarbeiter Einblicke in die neuesten Entwicklungen der Unfallmedizin – wie etwa die computergesteuerte Überwachung der Blutgerinnung bei frisch eingelieferten Unfallopfern, den Kampf gegen die drohende Sepsis, die Reparatur peripherer Nerven oder das aus Seidenfasern gewebte Kreuzband, das der Körper allmählich abbaut und durch eigene Zellen ersetzt. Der letzte Programmpunkt, die Stoßwellentherapie, war aber für viele Teilnehmer der spannendste.

Den ersten Karrieresprung machte die Technologie im Jahr 1986, als der Bochumer Urologe Gerhard Haupt bei den von ihm durchgeführten Nierensteinertrümmern eine zufällige Entdeckung machte. Häufig war nämlich der zu zertrümmerte Stein bereits von der Niere abwärts in den Harnleiter gewandert, sodass die Stoßwellen durch den Beckenknochen hindurch in Richtung Nierenstein gelenkt werden mussten. Irgendwann bemerkte Haupt, dass der Knochen an jener Stelle, wo die Schallwellen durch die Beckenschaukel hindurchgeleitet wurden, verdickt war. Die Druckwellen mussten also das Wachstum der Knochenzellen angeregt haben.

Erst Jahre später begann sich der Wiener Unfallchirurg Wolfgang Schaden für das Thema zu interessieren. Der am Meidlinger Unfallspital tätige Oberarzt hatte sich seit Längerem mit der Knochenheilung beschäftigt, weil schlecht oder nicht

Stoßwellen

Die vom Stoßwellengerät erzeugten Schallwellen (auch Schockwellen genannt) hören sich etwa so an wie in kürzesten Abständen abgefeuerte Schüsse aus einer kleinkalibrigen Pistole. Die Schallwellen werden in einem Stoßwellengenerator erzeugt. Dabei kommt es auf ähnliche Weise wie bei einer Zündkerze zu einer Funkenentladung. Die dabei erzeugten Schockwellen werden in einem Semi-Ellipsoid so gebündelt, dass in dessen Brennpunkt die höchste Energie erzeugt wird. Dieser Behälter ist von einem Wasserbalg umgeben, zusammen bilden sie den Schallkopf. Bei jeder Funkenentladung entsteht eine explosionsartige Wasserverdampfung, welche die Schallwellen auslöst. Die ursprünglich für die Nierensteinertrümmern entwickelte Technologie wird heute in der Knochen- und Wundheilung sowie zur Gewebsregeneration, experimentell auch nach Herzinfarkt eingesetzt.

heilende Knochenbrüche ein bekanntes Phänomen in der Unfallchirurgie darstellen. Ein Knochenbruch, so die Formel, muss innerhalb von drei bis längstens sechs Monaten verheilen. Geschieht das nicht innerhalb dieses Zeitrahmens, dann heilt er nicht mehr. Grund: eine so genannte Pseudoarthrose – Bindegewebszellen, welche die Bruchstellen überwuchern, verhindern das Zusammenwachsen der beiden Knochenenden. Wenn dieser Zustand lange anhält, bilden sich an den Endstellen Knorpel, worauf der Bruch beginnt, sich wie ein Gelenk zu verhalten, was überdies heftige Schmerzen verursachen kann. „Es kommt vor, dass solche Patienten nicht mehr gehen können“, erklärt Rainer Mittermayr, angehender Unfallchirurg und Leiter des Bereichs Wundheilung am Ludwig Boltzmann Institut, der zusammen mit Schaden ein privates Stoßwellenzentrum in Wien betreibt.

Als im Jahr 1993 der Repräsentant eines Herstellers von Stoßwellenapparaturen seine Produkte im Meidlinger Unfallspital vorstellte, gehörte Oberarzt Schaden zu den Skeptikern. Es gab schließlich eine Menge solcher Geräte, die allerlei segensreiche Wirkungen verhiessen, aber nicht hielten, was sie versprochen. Daher wollte der Unfallchirurg in einer Studie beweisen, dass seine Skepsis begründet war. Er ließ sich aus mehreren Spitälern insgesamt 40 Patienten mit schlecht heilenden Knochenbrüchen zuweisen. Einzelne Kollegen machten in der Morgenbesprechung schon das Kreuz über dem einen oder anderen Patienten. „Der braucht keine Stoßwellenbehandlung, sondern eine Fahrt nach Lourdes“, hieß es beispielsweise. Umso überraschter war selbst Studienleiter Schaden, als nach der Behandlung mit dem Schallwellengerät 21 der 40 Patienten geheilt waren.

Seither hat Schaden zusammen mit seinem Team insgesamt etwa 4000 Patienten mit Stoßwellen behandelt, die in einer eigens angelegten Datensammlung erfasst sind. Die Hälfte der Fälle waren Knochen-



UNFALLCHIRURG SCHADEN
Stoßwellentherapie bei Sportverletzungen,
Wunden und in der Kosmetik

brüche. Anfangs hielt der Unfallchirurg bei einer durchschnittlichen Erfolgsquote von 76 Prozent sechs Monate nach der Behandlung, heute sind es 81 Prozent. Für besonders bemerkenswert hält Schaden die hohe Heilungsrate bei betagten Patienten: Von 50 Personen mit einem Durchschnittsalter von 83,5 Jahren, osteoporosebedingt größtenteils Frauen, waren nach sechs Monaten 84 Prozent geheilt. „Das bedeutet, dass die Stoßwellentherapie unabhängig vom Alter gleiche Erfolgschancen hat, was man von wenigen Dingen in der Medizin behaupten kann“, so Schaden. Der Datensatz half bei den entscheidenden nächsten Entwicklungsschritten.

Denn anfangs gingen die Meidlinger Unfallchirurgen fälschlich von der Vorstellung aus, dass die Stoßwellen Mikrofrakturen im Knochengewebe erzeugen, die in der Folge zur Heilung führen. Daher arbeiteten sie zunächst mit einer extrem hohen Dosis. Doch dann führte der Zufall Regie: Die Dosis überforderte das Gerät, sodass etwa alle zwei Monate das Hochspannungskabel defekt war. Deshalb musste die Therapie bei acht Patienten vorzeitig abgebrochen werden. Nach Senkung der Impulsdosis kam die große Überraschung: Alle Patienten waren geheilt, worüber Schaden im Jahr 2003 beim Stoßwellenkongress in Orlando, Florida, berichtete. Daraufhin liefen weltweit Forschungsprojekte zur Aufklärung der Wirkweise von Stoßwellen an, so auch in Österreich.

Im Rattenversuch zeigte sich bei Weichteilen wie Sehnen, Muskeln, Haut und Nerven, dass die niedrigerenergetischen Schallwellen biologische Prozesse in Gang setzen: Sie aktivieren den Zellstoffwechsel, intensivieren die interzelluläre Kommunikation, was dazu führt, dass über bestimmte Signalstoffe Stammzellen aus dem Knochenmark angelockt werden, welche eine zentrale Rolle bei der Neubildung von Blutgefäßen und damit bei der Gewebsregeneration spielen. Im Jahr 2006 berichtete ein Kardiologenteam der Goethe-Universität Frankfurt am Main im Fachjournal „Circulation“, dass Stoßwellen im Vergleich mit der Stammzellentherapie bessere Ergebnisse bringen.

Zusammen mit dem Herzchirurgen Michael Grimm starteten die Meidlinger Forscher der Gruppe Schaden eine Studie über Wundheilungsstörungen nach Bypassoperationen. Bei diesem Eingriff wird eine Vene aus dem Bein des Patienten entnommen und zur Überbrückung der vom Verschluss bedrohten Koronargefäße am Herzen eingesetzt. Häufig kommt es aber an der Entnahmestelle der Beinvene zu Komplikationen, die in etwa jedem hundertsten Fall eine Beinamputation erfordern. Mittels prophylaktischer Stoßwellentherapie konnten die Forscher die Wundheilung signifikant verbessern.

Am eindrucksvollsten sind aber die Heilungserfolge bei schwer nekrotischen offenen Beinen, wie sie bei Diabetikern auf-

treten. In etlichen Fällen konnten die Mediziner mittels Stoßwellentherapie eine sicher scheinende Beinamputation verhindern (siehe Foto auf Seite 93).

Über diese teils spektakulären Wundheilungserfolge berichtete Unfallchirurg Schaden bei einem Kongress in Washington, D. C., worauf ein hoher US-Militär namens Alexander Stojadinovic, Chirurg am Walter Reed Army Medical Center in Washington, D. C., mit ihm Kontakt aufnahm. „Entweder Sie sind ein Lügner oder ich sollte an Ihrer Arbeit sehr interessiert sein“, sagte Stojadinovic, der für eine Woche nach Wien kam, um sich die Wundbehandlung mittels Stoßwellentherapie genauer anzuschauen. Schaden wurde zu Vorträgen ins Walter Reed Hospital und in zwei Unterausschüsse ins Kapitol eingeladen. Der US-Kongress genehmigte daraufhin Forschungsgelder in Höhe von 13 Millionen Dollar für eine Evaluierungsstudie mit der Bezeichnung „Combat Wound Initiative“, welche die Stoßwellentherapie mit anderen Methoden zur Förderung der Wundheilung vergleichen soll.

Mitte März berichtete der plastische Chirurg Karsten Knobloch aus Hannover bei einem Kongress in Linz über seine erstaunlichen Ergebnisse bei der Cellulitetherapie mittels Stoßwellen (siehe Fotos auf Seite 92). Derlei Erfolge der Methode ließen auch dem Herzchirurgen Grimm keine Ruhe. Mit einem von der Herstellerfirma speziell designten, kleineren Schallkopf behandelte er zehn schwer infarktgeschädigte Patienten während der Bypassoperation. Ergebnis: In der so genannten Periinfarktzone, dem Übergangsbereich zwischen dem komplett geschädigten und dem gesunden, noch durchbluteten Muskelgewebe der Herzwand, kam es zu einer deutlichen Gewebsregeneration. Dadurch gewann das geschädigte Herz einen Teil seiner Kontraktionsfähigkeit zurück, sodass sich die Pumpleistung des Herzens um etwa 30 Prozent verbesserte. Ein Wert, der dem Patienten wieder ein nahezu normales Leben ermöglicht. ■

„Noch ein weiter Weg“

Der Innsbrucker Herzchirurg Michael Grimm über seine Experimente mit Stoßwellen, um die Herzleistung von Infarktpatienten zu verbessern.

profil: Sie haben im Rahmen einer experimentellen Studie am Wiener AKH zehn Herzinfarktpatienten mit der Stoßwellenmethode behandelt und dabei eine signifikante Verbesserung der Herzleistung gesehen. Aber die Daten sind nicht publiziert. Ist es da nicht verfrüht, damit an die Öffentlichkeit zu gehen?

Grimm: Wir haben im vergangenen Jänner bei einem Kongress hier in Innsbruck über beeindruckende erste Ergebnisse berichtet. Aber es ist noch ein weiter Weg, die dahinterliegenden Mechanismen aufzuklären. Wir haben das Stoßwellenprinzip im Rahmen einer von der Ethikkommission genehmigten, ersten Studie am Menschen auf seine Sicherheit getestet. Bei den von uns behandelten Patienten war die Auswurfleistung des Herzens infarktbedingt auf etwa 35 Prozent reduziert. Durch die zusätzliche Behandlung mittels Stoßwellen konnten wir die Auswurfleistung auf etwa 45 Prozent steigern, was die körperliche Leistungsfähigkeit der Patienten und ihre Prognose erheblich verbessert.

profil: Warum haben Sie Ihre neue Behandlungsmethode nicht in Innsbruck weitergeführt?

Grimm: Wir sind geplant einen Schritt zurück ins Labor gegangen, um noch besser den Mechanismus aufzuklären, der zu den beobachteten Verbesserungen der Herzleistung führt. Wir wissen nun, dass wir durch Stoßwellen bestimmte, so genannte parakrine Reize setzen, die dazu führen, dass körpereigene Stammzellen das noch nicht völlig geschädigte Herzmuskelgewebe rund um die Infarkt Narbe regenerieren.

profil: Woher könnten diese Stammzellen kommen?

Grimm: Da es im Herzen selbst bei Weitem nicht genug Stammzellen gibt, um eine Regeneration dieses Umfangs zu bewerkstelligen, gehen wir davon aus, dass es ein systemischer Effekt sein muss, dass die Stammzellen also vermutlich aus dem Knochenmark angelockt werden.

profil: Gibt es schon konkrete Hinweise in diese Richtung?

Grimm: Ziel des derzeitigen experimentellen Forschungsschwerpunkts hier in Innsbruck ist exakt dieses Thema der Stammzellenmobilisation. Aber eine seriöse, in mehreren Zentren durchgeführte Studie am Menschen würde schätzungsweise zwischen fünf und zehn Millionen Euro kosten. Und potenzielle Industriepartner sind heute in ihren Investitionen natürlich auf exakte Mechanismen angewiesen.

profil: Das heißt, Sie benötigen gerade so viel Öffentlichkeit, um Industrie und Öffentlichkeit auf Ihre vorläufigen Ergebnisse aufmerksam zu machen, aber wieder nicht so viel, dass von verfrüht verlautbarten Erfolgen gesprochen wird?

Grimm: Öffentlichkeit braucht man heute, um auf spannende, zukunftsreiche Grundlagenforschung hinzuweisen, denn sie ist die Basis universitärer Standortsicherung für die Zukunft. Im Rahmen des allgemeinen Sparpakets und der enormen finanziellen Nöte der Universitäten droht vielen vergleichbaren Forschungsprojekten sonst der Hungertod.

INTERVIEW: ROBERT BUCHACHER

Michael Grimm, 49, ist Direktor der Universitätsklinik für Herzchirurgie an der Medizinischen Universität Innsbruck.



MICHAEL BATHMAYR FÜR PROFIL

Stammzellentherapie

Weltweit laufen Versuche, infarktgeschädigte Herzmuskeln mittels noch nicht ausdifferenzierter Vorläuferzellen zu reparieren.

Der menschliche Organismus verfügt über verschiedene Stammzellendepots – im Knochenmark, im Fettgewebe, in der Haut, aber auch im Gehirn und im Herzen. Immer, wenn es zu einer Gewebläsion kommt, schwärmen über die Blutbahn Stammzellen aus, um defekte oder abgestorbene Zellen zu ersetzen und so den Schaden zu reparieren. Seit vielen Jahren versuchen Forscher, diesen natürlichen Vorgang zu imitieren bzw. zu optimieren und für die so genannte Stammzellentherapie zu nutzen. Dabei werden die noch nicht in eine bestimmte Geweberichtung ausdifferenzierten Progenitorzellen aus diversen Depots gewonnen, im Labor vermehrt, mit Faktoren versehen, welche die Differenzierung in eine bestimmte Richtung lenken sollen (zum Beispiel in Richtung Muskel- oder Nervenzelle), und entweder in die Blutbahn oder direkt in ein Organ injiziert. Alfred Kocher, Forscher an der Wiener Universitätsklinik für Herzchirurgie, hatte schon im Jahr 2001 im Tierversuch die Wirksamkeit einer Stammzellentherapie experimentell nachgewiesen. Er hatte bei Laborratten durch Abklemmen von Herzkranzgefäßen künstlich einen Herzinfarkt ausgelöst, um diesen danach mit humanen Stammzellen zu behandeln. Seine im Fachblatt „Nature Medicine“ publizierten Ergebnisse stießen in der Forscherwelt auf großes Interesse, wie die Zahl von mehr als 1500 weltweiten Zitierungen belegt. Heute versucht Kocher, die Wirksamkeit seines Verfahrens bei Herzinfarktpatienten nachzuweisen. Im vergangenen November hatten Forscher der University of Louisville, Kentucky, und der Harvard Medical School im Medizinjournal „Lancet“ über ihre im so genannten „Scipio Trial“ gewonnenen Ergebnisse berichtet – die experimentell geglückte teilweise Reparatur von infarktgeschädigtem Herzmuskelgewebe. Aber alle diese Therapieversuche sind noch weit von der klinischen Anwendung entfernt.