



Energieforschung: Elektromobil in die Zukunft | Klinische Forschung: Wo die Ärzte wirklich fehlen | Geochemie: Kosmischer Dauerregen | Sportmedizin: Bis an die Grenzen | Publikationslisten: Großes „Ja“ mit kleinem „aber“ | Architekturmoderne: Schwierige Wege in der Fremde | China: „Gut, dass wir so früh präsent waren“



Titelbild: Corbis/Matthias Kulka
Mobil, energieeffizient und umweltfreundlich: Elektroautos mit Lithium-Ionen-Antrieben beflügeln auch die Fantasie von Grundlagenforschern.



Kommentar

Jürgen Scholmerich

Wo die Ärzte wirklich fehlen

Klinische Forschung ohne Nachwuchs – nur bessere Berufswege helfen

2

Lebenswissenschaften

Uwe Schütz und Christian Billich

Bis an die Grenzen

Einmalige Datensammlung: Radiologen begleiten Ultramarathon durch Europa

4

Naturwissenschaften

Mario Trieloff

Auf den Spuren des kosmischen Dauerregens

Asteroidenkollision vor 470 Millionen Jahren beschäftigt Geochemiker bis heute

10

Jahr der Energie 2010

Martin Winter, Miriam Kunze, Alexandra Lex-Balducci

Elektromobil in die Zukunft

Die Lithium-Ionen-Technologie und ihr Potenzial für ressourcenschonende Antriebe

14

forschung *SPEZIAL* Energie

Die Wende schaffen – mithilfe der Wissenschaft

Forschung leistet entscheidende Impulse zur Umstellung des Energiesystems

19

forschung *kontrovers*

Marco Finetti

Ein großes „Ja“ mit kleinem „aber“

Zwischenbilanz: Zustimmung und Kritik zu den neuen Publikationsregeln der DFG

20

Gelbes- und Sozialwissenschaften

Regina Göckede

Schwierige Wege in der Fremde

Wie die Exil-Erfahrung die Architekten des „Neuen Bauens“ bis nach 1945 prägte

22

forschung *International*

Interview zum Chinesisch-Deutschen Zentrum für Wissenschaftsförderung

„Gut, dass wir so früh präsent waren“

Direktor Armin Krawisch blickt zu 10-jährigem Jubiläum zurück und nach vorn

26

Querschnitt

Nachrichten und Berichte aus der DFG

28

Wissenschaftssommer: Eine Woche voller Energie +++ Communicator-Preisverleihung: Immer der Nase nach +++ Eingerichtet: Neue SFB, Graduiertenkollegs und Forschergruppen +++ Infektionsbiologie: MenschMikrobe-Ausstellung eröffnet +++ Infektionsforschung: Afrika-Initiative gestartet +++ Jugend forscht: Erster Europa-Preis +++ Ökumenischer Kirchentag: Brückenschlag +++

Uwe Schütz und Christian Billich

Bis an die Grenzen

Täglich die doppelte Marathon-Distanz, 64 Tage lang: Der Trans-Europa-Lauf forderte seinen Teilnehmern alles ab – doch nicht nur ihnen: Radiologen begleiteten die Athleten und untersuchten mit modernster Technik, was die Ultrabelastung für den Organismus bedeutet.



Superlative waren angesagt: Vom Süden Italiens bis zum Nordkap führte der TransEuropeFootRace 2009 – über eine Distanz von mehr als 4500 Kilometern. Dieser Ultramarathon, ausgetragen vom 19. April bis 21. Juni, war der extremste Mehretappenwettkampf der Welt. Es galt deshalb: Auch die hoch erfahrenen und austrainierten Ultraläufer mussten täglich an und über ihre Leistungs- und Schmerzgrenzen gehen, um ihr Laufziel zu erreichen und in diesem Wettbewerb bestehen zu können.

Der Lauf der Extreme hat die Neugier und das medizinische Interesse zweier Radiologen der Universitätsklinik Ulm geweckt. Ihre Idee war, die Veränderungen am menschlichen Bewegungsapparat, am Herz-Kreislauf-System und im zentralen Nervensystem unter einer Ultramarathonbelastung mit den modernen Messmethoden der Magnetresonanztomografie (MRT) zu erfassen. So entstand die erste Verlaufsstudie zu einer Extrembelastung der definierten Art – mit zwei Marathondistanzen pro Tag, über 64 Tage hinweg und ohne einen Tag Pause. Im besonderen Blickpunkt waren die Veränderungen und Anpassungsreaktionen der Organsysteme bei fehlender Regenerationszeit.

Begleiter und das wichtigste Arbeitsgerät des Teams war die europaweit einzige, montierte mobile Einheit eines 1,5 Tesla-MRT auf einem insgesamt 27,5 Tonnen wiegenden Sattelzug-Trailer. Dieser verfügte über ein internes Dieselstromaggregat, welches die konstante Aufrechterhaltung des Helium-Kühlkreislaufes für das MRT über zehn Wochen gewährleisten sollte. Um kontinuierlich MRT-Untersuchungen durchzuführen,



4500 Kilometer quer durch Europa: Von Bari bis zum Nordkap führte der TransEuropeFootRace. Radiologen der Universität Ulm waren zu Forschungszwecken dabei – unten das Logo des Projektes.

reichte der so generierte Strom jedoch nicht aus, sodass zusätzlich ein leistungsstärkeres externes Diesel-Stromaggregat (140 kVA) auf einem separaten Anhänger mitgeführt werden musste. Der Sattelzug mit speziell angemieteter leistungsstarker Sattelzugmaschine wog dann zusammen 37 Tonnen.

Das Abenteuer konnte beginnen. Dazu zählten neben den komplizierten Fragen der Versicherung der Fahrzeuge und Großgeräte auch eine Vielzahl von Anträgen und Genehmigungen, die für die transeuropäische Strecke einzuholen waren: EU-Führerscheine, Fahrerkarten, Unternehmerkarten, Ausnahme-genehmigung zur Durchführung von LKW-Transporten an Sonn- und Feiertagen, Befreiung von der LKW-Maut in den verschiedenen Durchfahrtsländern (Österreich, Deutschland, Italien) oder zollrechtliche Papiere zur Ausfuhr des MRT aus der EU (Schweden nach Norwegen) und zum Reimport in die EU (Norwegen nach Finnland).

Nach Absprache mit den Initiatoren des Trans-Europa-Laufs konnte mit der laufbegleitenden Studie begonnen werden. Vierundvierzig Ultraläufer (66 %) stellten sich freiwillig als Probanden zur Verfügung. Während der 64 Tagesetappen, welche die Studienmitarbeiter ebenso wie die Läufer bis an die Grenze ihrer physischen und psychischen Belastbarkeit führten, konnten hochkomplexe Daten gemäß den Vorgaben des Studien-

protokolls gesammelt werden. Am Ende waren eine Gesamtfahrstrecke von mehr als 11 000 Kilometern zurückgelegt, über 25 000 Liter Diesel verbraucht, 14 Ländergrenzen passiert, drei Alpenpässe und zweimal die Ostsee überquert worden. Und es waren Unmengen Daten akquiriert.

Angesichts des Interesses von Experten aus Experimenteller Radiologie, Sportmedizin und Orthopädie, aus Kardiologie, Neurologie und Psychiatrie an diesem ungewöhnlichen Probandenkollektiv und Studienansatzes an diesem Datenfundus wurde das Studienprotokoll ausgeweitet. Es wurden im interdisziplinären Kontext baustein- beziehungsweise themenbezogen spezielle MRT-Protokolle generiert und den Probanden randomisiert, also nach dem Zufallsprinzip, zugeordnet. Auch Neuentwicklungen von MR-Techniken nutzen die Mitarbeiter.

Jeder Proband wurde alle 3–4 Tage im MRT untersucht, das bedeutete 15–17 MR-Untersuchungen innerhalb der 68 Tage. Die Probanden wurden auch anderen Untersuchungen wiederum randomisiert zugeordnet, und Protokolle zur täglichen Urin- und Blutabnahme, zu biometrischen und klinischen Verlaufsuntersuchungen erstellt.

Direkt nach Ende des Laufs haben internationale Arbeitsgruppen mit der wissenschaftlichen Auswertung und Interpretation der Daten begonnen, die für vielerlei Fragen interessant sind. Ein erstes Sichtfeld ist der Bewegungsapparat. Hier stehen Fragen zu laufspezifischen be- und überlastungsbedingten Veränderungen an den unteren Extremitäten im Mittelpunkt.

Alle Gewebe – also Unterhautgewebe, Muskeln, Sehnen, Faszien,



Laufen, so weit die FüÙe tragen: Beim Ultramarathon mussten die Athleten ihre Schmerzgrenzen täglich neu erfahren. Unten: Wenn Laufschuhe erzählen könnten ...



Bänder, Knochen und Knorpel – wurden mit speziellen quantitativen und qualitativen MR-Verfahren untersucht. Auf diesem Wege soll vor allem die Frage geklärt werden, wie die verschiedenen Gewebe sich im Hinblick auf die starke Beanspru-

chung verhalten, eine Beanspruchung, die über Tage und Wochen keine Pause zur Regeneration oder zumindest Ruhigstellung bot, weil täglich zwei Marathondistanzen zu bewältigen waren. Wie verhalten sich in einer solchen Situation

Wassergehalt und Kollagenmatrix im Knorpel der Knie- und Sprunggelenke? Oder zu welchen Ab- oder Umbauten, nicht zuletzt Schädigungen kommt es hier?

Dazu werden auch spezielle Knorpel-Abbaumarker aus dem Blut herangezogen und mit den erhobenen MR-Daten verglichen. Erstaunlich, zumindest für Außenstehende, ist: Trotz Laufbelastung baut sich beim Athleten infolge des immensen Energieverbrauches Beinskelettmuskulatur ab, hierüber ist auf feingeweblicher Ebene wenig bekannt. Diese Abbaureaktionen und damit einhergehende Verände-

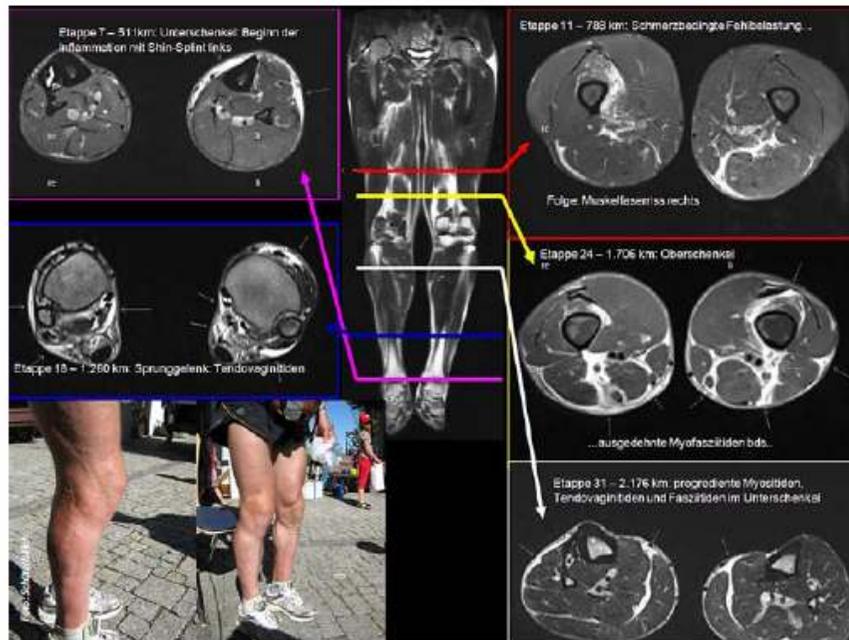
rungen der Muskulatur werden mit neuen MRT-Verfahren analysiert.

Auf neuroradiologischem Gebiet sollen sogenannte Eiswasser- und Elektrostimulationsschmerztests im Zusammenhang mit der funktionellen MRT neue Einsichten ermöglichen. Eine Schlüsselfrage ist, ob sich über einen so langen Laufbelastungszeitraum hirplastische Veränderungen zeigen lassen und ob die Schmerzverarbeitung der Athleten näher beschreibbar ist. Wie unterscheiden sich, so ist zu fragen, Laufabbrucher und Finisher des Laufs mental hinsichtlich ihrer Motivation und Schmerzverarbeitung?

Kommt es in bestimmten Hirnregionen, welche für die Beinarbeit zuständig sind, zu einer Volumenzunahme? Oder gibt es auch Läufer mit Hirnödembildung auf Basis von Elektrolytverschiebungen?

Sehr interessant wird die Verlaufsanalyse hinsichtlich der Veränderung am Gewebe des gesamten Körpers. Die Läufer haben über die Belastungswochen hinweg trotz immenser täglicher Energie- und Kalorienzufuhr unweigerlich an Körpergewicht verloren. Wann und wo setzte ein Substanzabbau, „Katabolismus“ genannt, im Körpergewebe

MRT-Bilder dokumentieren haarfein, wie sich die Extremitäten nach einzelnen Laufetappen anpassen und verändern.



Ein Läufer vor einer Untersuchung mit dem Magnetresonanztomografen. Während des Ultramarathons wurde jeder Proband 15-17 Mal auf diese Weise untersucht.

ein? Diese Fragestellungen können mittels spezifischer Ganzkörper-MRT-Verfahren in Zusammenarbeit mit MRT-Forschern der Abteilung Experimentelle Radiologie der Universitätsklinik Tübingen angegangen werden.

Es sind sehr komplexe Fragestellungen zur belastungsbedingten Verlaufsveränderung der „Körper- und Gewebetextur“. Mit Blick auf die Fett-, Wasser-, Muskelverteilung und in Zusammenarbeit mit dem anerkannten Ultraathleten und Sportmediziner PD Dr. Beat Knechtle (BIA, Biometrie) analysiert. Darüber hinaus werden in Kooperation mit der Sportmedizinischen Abteilung der Universität Basel (Prof. Dr. Arno Schmidt-Trucksäss) die Blut- und Urinanalysen genutzt. Angesichts des Datenpools und den sehr unterschiedlichen Fragerichtungen sind Kooperationen unumgänglich.

Das wird auch im Bereich der Herz- und Gefäßuntersuchungen

sichtbar. Hier werden auch bei austrainierten Ausdauersportlern adaptive Veränderungen erwartet, die mit dem MRT dokumentierbar waren. Dank moderner Untersuchungsmethoden an Herz und Gefäßen sind die organischen Anpassungsprozesse gut im Verlauf zu erfassen und zu beurteilen.

Viele Fragen sind offen: Kommt es durch die Laufbelastung zu einer Rechtsdrehung der Herzachse? Oder ist trotz Austrainerheit eine Zunahme der Herzmuskelmasse oder des Herzvolumens feststellbar, und wenn ja, wie sieht diese aus? Oder ist wider Erwarten und vergleichbar mit der Skelettmuskulatur gar eine Reduktion der Herzmuskelmasse aufgrund des allgemein nicht zu vermeidenden Katabolismus zu erkennen?

Begleitend hierzu wurden regelmäßig EKG-Aufzeichnungen durchgeführt und das Auftreten von „Funktionsstörungen“ über 64 Tage hinweg betrachtet. Ein Abgleich der laborchemischen (Stress-)Parameter

und der abgeleiteten EKG-Kurven mit den Daten der Cardio-MRT verspricht Antworten.

Fazit: Der immense Datenpool, der nach dem Trans-Europa-Lauf vorliegt, und die Vielzahl der aufgeworfenen Fragen fordern eine Auswertung in interdisziplinärer Zusammenarbeit. Auch hier ist buchstäblich der „lange Atem“ des Langstreckenläufers gefragt. Das Profil und die Konsequenzen einer Ultralaufbelastung auf organischer, suborganischer und zellulärer Ebene sind dokumentiert. Sie werden detailliert über Veränderungen und Anpassungen verschiedener Organsysteme Auskunft geben.



Dr. Uwe Schütz
ist Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie und Assistenzarzt an der Abteilung Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universitätsklinik Ulm.

Dr. Christian Billich
ist Assistenzarzt an der Abteilung Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universitätsklinik Ulm.

Adresse: Abt. Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Ulm, Steinhövelstraße 9, 89075 Ulm

DFG-Förderung im Rahmen einer Sachbeihilfe.

www.transeuropalauf.de
www.transeuropa-footrace.org



Dr. Uwe Schütz

ist Facharzt für Orthopädie und Unfallchirurgie und Assistenzarzt an der Abteilung Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universitätsklinik Ulm.

Dr. Christian Büllich

ist Assistenzarzt an der Abteilung Diagnostische und Interventionelle Radiologie der Universitätsklinik Ulm.

Adresse: Abt. Diagnostische und Interventionelle Radiologie des Universitätsklinikum Ulm, Steinhövelstraße 9, 89075 Ulm

DFG-Förderung im Rahmen einer Sachbeihilfe.

www.transeuropelauf.de
www.trans-europe-footrace.org

MRT-Bilder dokumentieren haarfein, wie sich die Extremitäten nach einzelnen Laufetappen anpassen und verändern.

