

Multiparametrische MR-Bildgebung zur Charakterisierung der lumbalen Rückenmuskulatur von Probanden mit unterschiedlichem Aktivitätsniveau

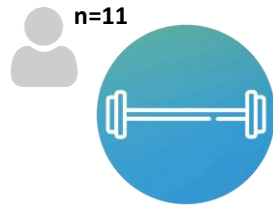
Jürgen R. Reichenbach, Marta B. Maggioni

*Medical Physics Group, Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie (IDIR)
Universitätsklinikum Jena– Friedrich Schiller University Jena*

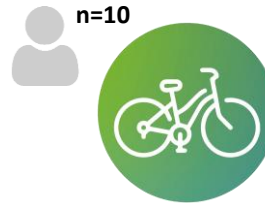
Fragestellung und Probandengruppen

Können Unterschiede in der Muskulatur des unteren Rückens zwischen Probanden mit unterschiedlichem Sporttraining mit Hilfe **quantitativer MRT-Parameter** unter Ruhebedingungen nachgewiesen werden?

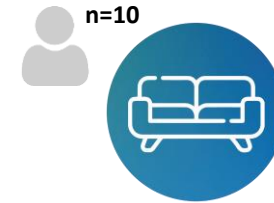
Probanden:



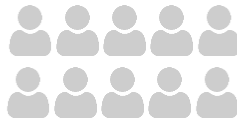
Krafttraining



**Ausdauer-
training**



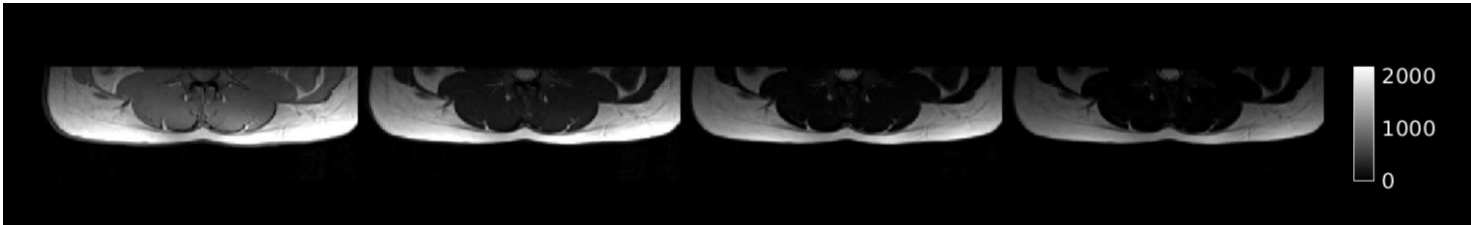
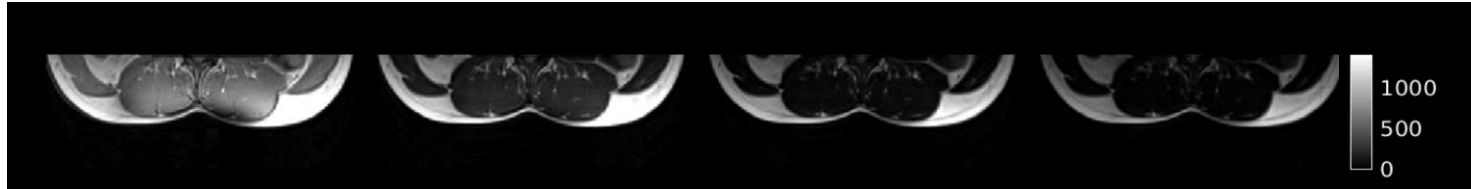
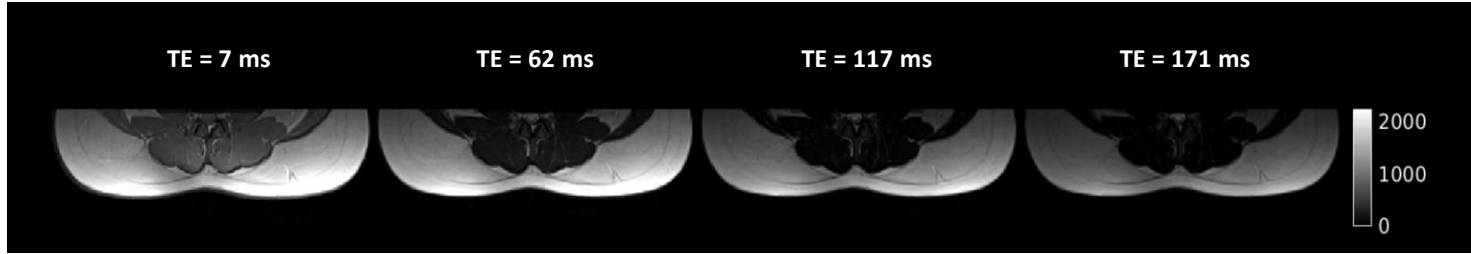
**kein
Training**



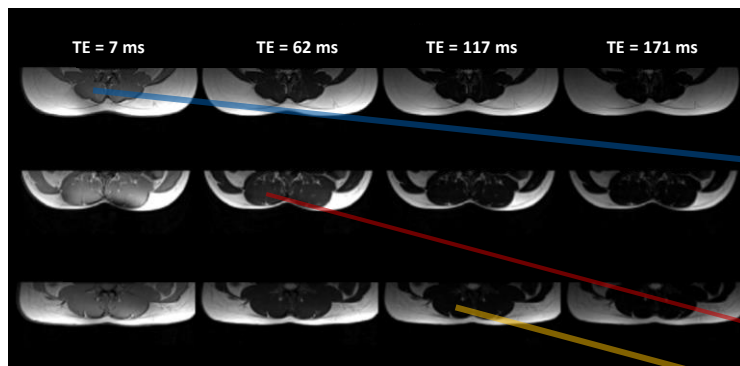
- Männlich, 20-30 Jahre alt
- $BMI_{\text{Kraft}} = 28,2 \pm 2,7 \text{ kg/m}^2$
- $BMI_{\text{Ausdauer}} = 20,8 \pm 1,2 \text{ kg/m}^2$
- $BMI_{\text{Kontroll}} = 22,6 \pm 2,3 \text{ kg/m}^2$
- Trainingsintensität der Sportler: $\geq 4x$ pro Woche
- Inaktivität nach der letzten Trainingseinheit vor der MRT-Untersuchung: ≥ 48 Stunden



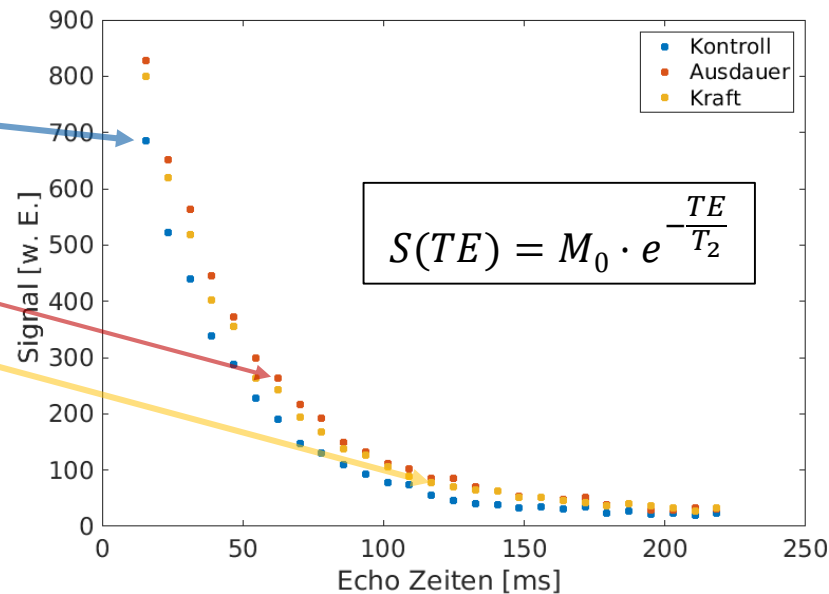
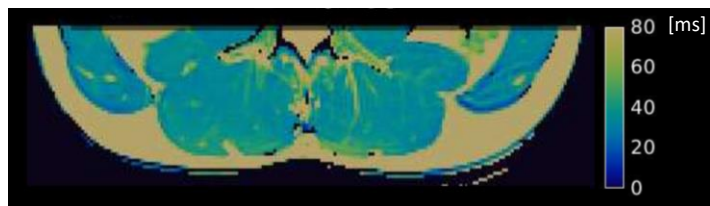
Qualitative MRT



Quantitative MRT



T₂-Karte

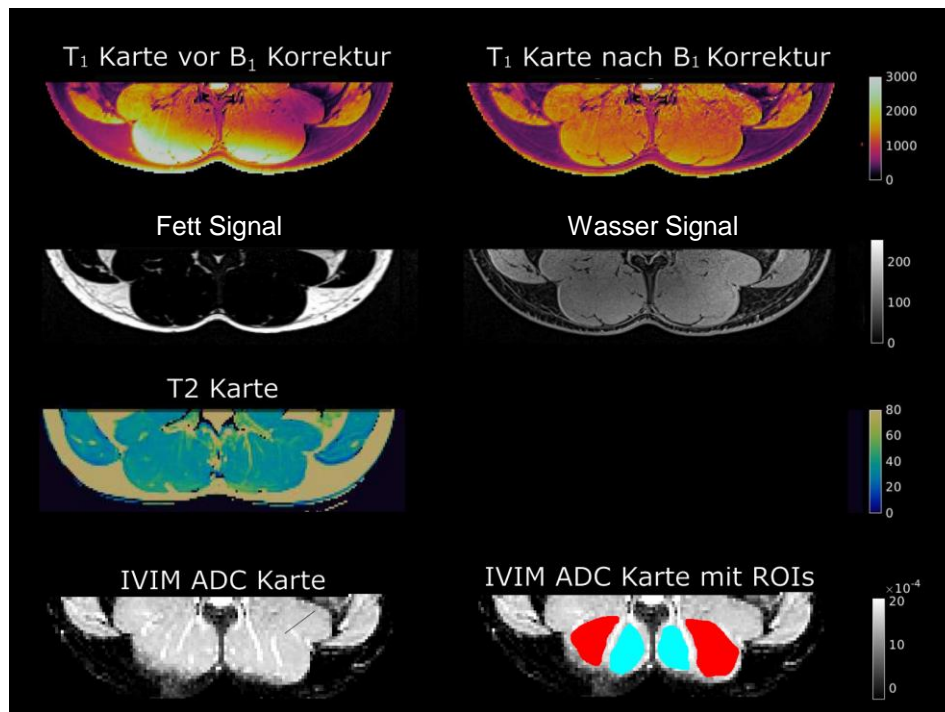


Zwei der wichtigsten MR-Parameter zur Charakterisierung von Gewebe: T_1 und T_2

- **T_1 -Relaxationszeitkonstante**
charakterisiert die Erholung der longitudinalen Magnetisierung
- **T_2 -Relaxationszeitkonstante**
charakterisiert den Zerfall der transversalen Magnetisierung

Weitere quantitative Parameter

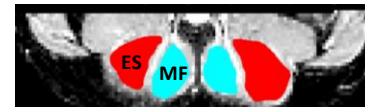
- **Fettanteil im Gewebe**
- **Diffusionskonstanten**
- **Perfusionsfraktion**



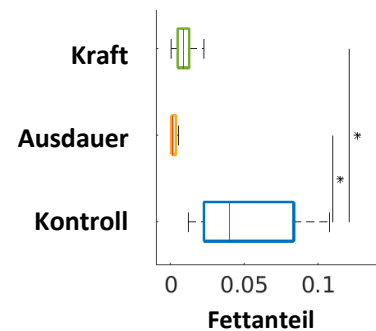
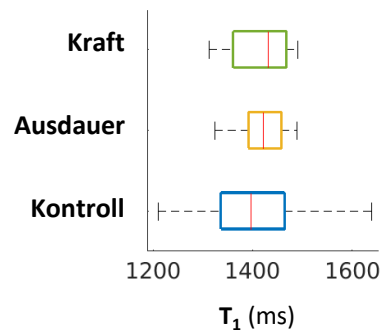
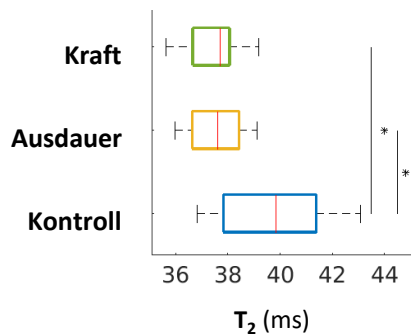
Verwendete MR-Sequenzen

- T₂-Quantifizierung:** Multiecho, Turbo-Spinecho (TSE)-Sequenz
(32 Echos, Echozeiten 7 ms – 218 ms, Repetitionszeit 5 s, Auflösung 1,5 mm x 1,5 mm, Schichtdicke 3 mm, 40 Schichten, Akquisitionsdauer: 16 min)
- T₁-Quantifizierung:** Gradientenecho-Sequenz mit multiplen, variable Flipwinkeln
(Echozeit 2.4 ms, Repetitionszeit 16 ms, Flipwinkel 5°, 11°, 18°, 24°, 32°, Auflösung 1,5 mm x 1,5 mm, Schichtdicke 6 mm, 40 Schichten, Akquisitionsdauer: 15 min)
- Fett-Quantifizierung:** 2-Punkt Dixon-Methode mit zwei verschiedenen Echozeiten
(Echozeiten 2.46 ms & 3.69 ms, Repetitionszeit 6,1 ms, Auflösung 1,5 mm x 1,5 mm, Schichtdicke 3 mm, 40 Schichten, Akquisitionsdauer: 2 min)
- Diffusions/
Perfusion-Quantifizierung:** Multischicht, Spinecho-EPI-Sequenz mit multiplen *b*-Werten
(Echozeiten 63 ms, Repetitionszeit 1600 ms, Auflösung 2,3 mm x 2,3 mm, Schichtdicke 8 mm, 10 Schichten, Akquisitionsdauer: 12 min, *b*-Werte 0, 5, 15, 20, 30, 40, 45, 55, 60, 70, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 300, 450, 600 s/mm², drei orthogonale Diffusionsrichtungen)

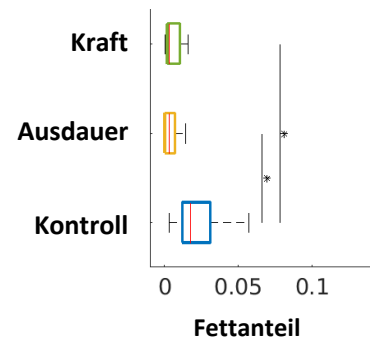
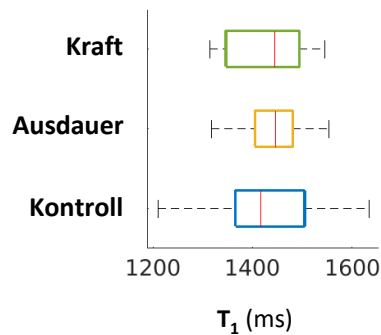
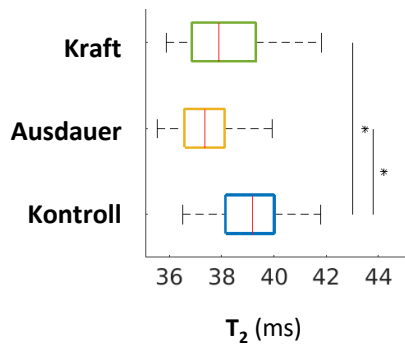
Ergebnisse

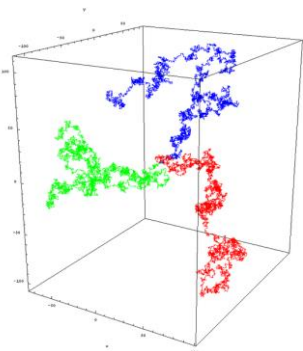


M. multifidus



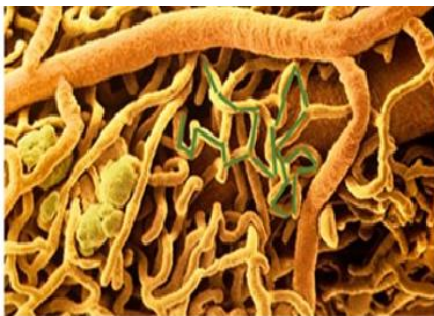
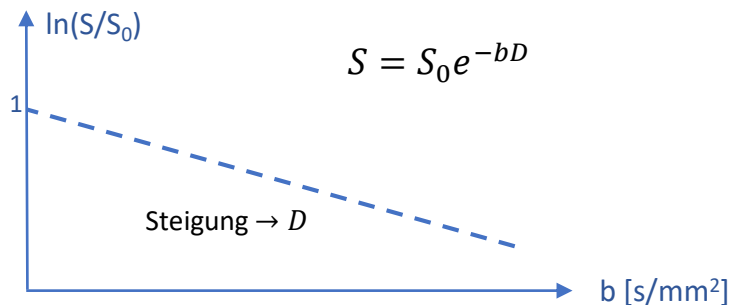
M. erector spinae





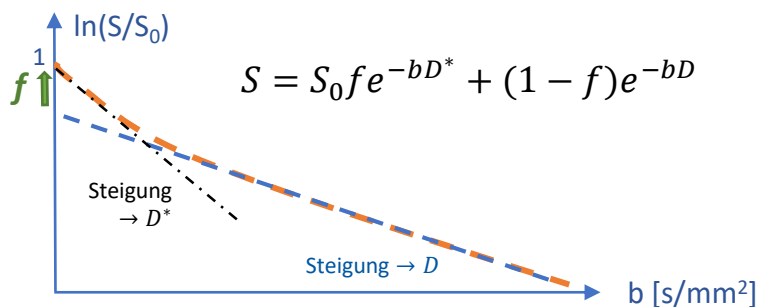
echte molekulare Diffusion
("random walk")

Diffusionskoeffizient D
($\sim 1.3 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)

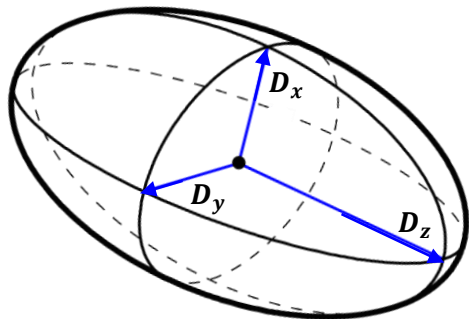
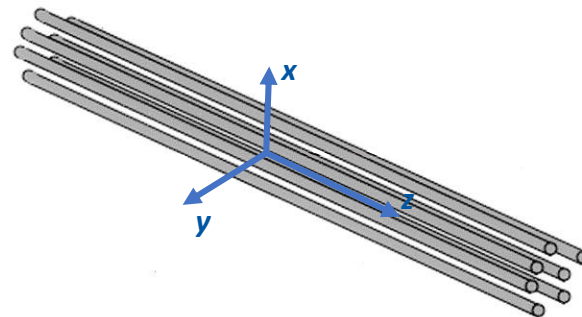
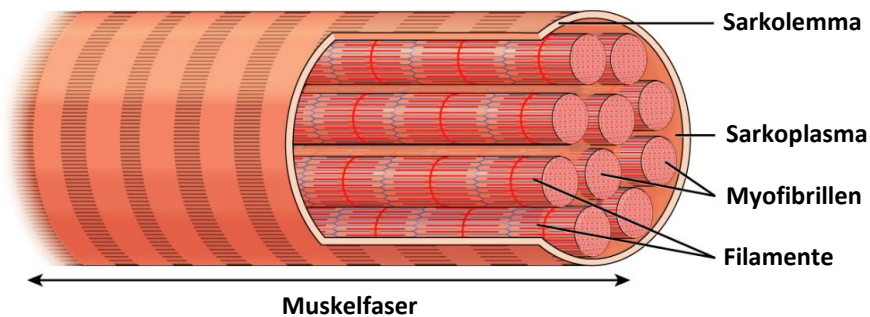


IVIM-Effekt: Blutzirkulation in einem komplexen Kapillarnetz initiiert einen Diffusionsprozess (Pseudozufallsbewegung)

Pseudodiffusion D^*
($\sim 10 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)
(mit dem Blutfluss verbunden)



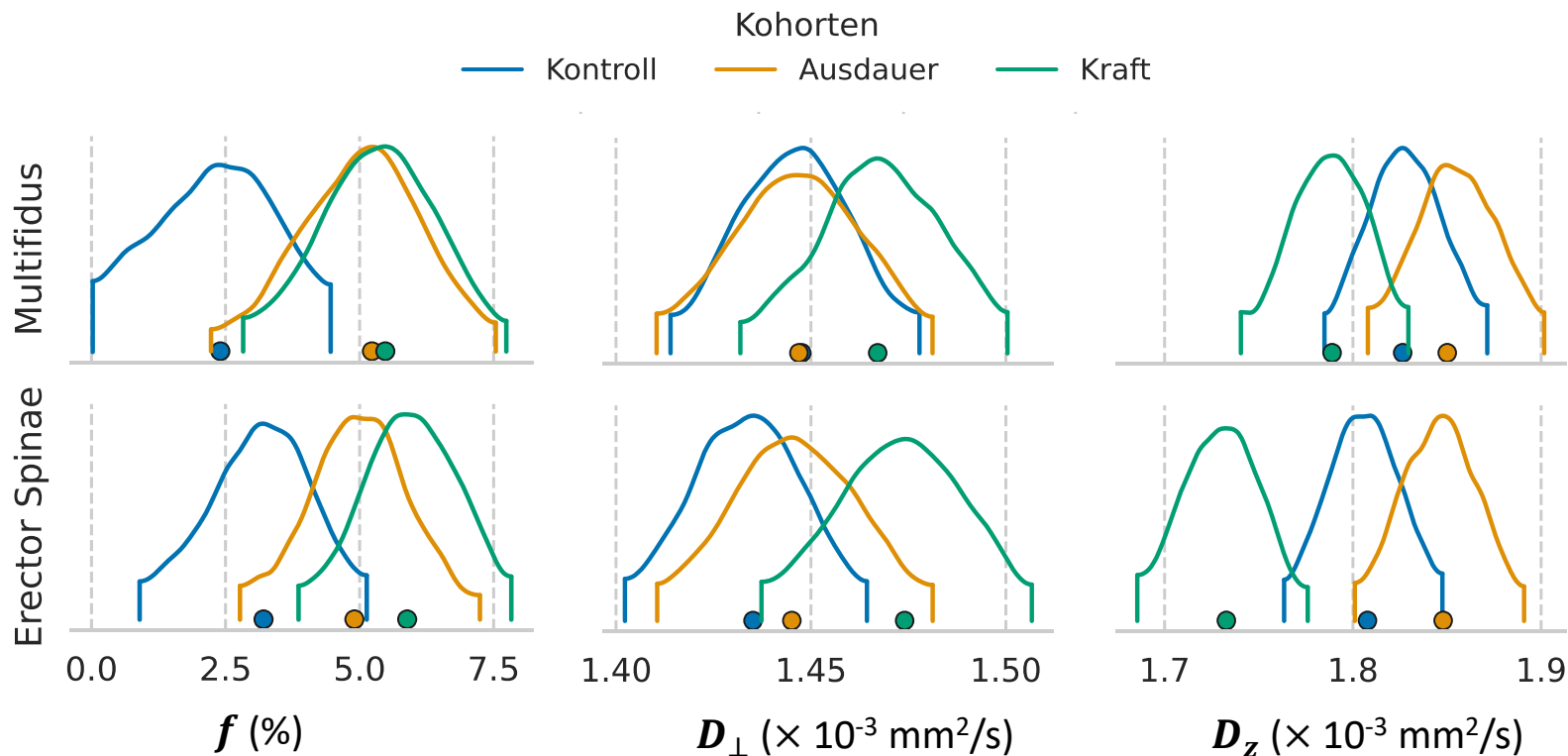
Anisotrope Diffusion



$$S(b_i) = S_0 \left[f \exp(-b_i D^*) + (1 - f) \exp\left(-b_i \underline{g}_i^T \hat{\mathbf{D}} \underline{g}_i\right) \right]$$

Vereinfachung: nur Betrachtung von D_z und $D_{\perp} = \frac{D_x + D_y}{2}$

Perfusionsfraktion und Diffusionskonstanten

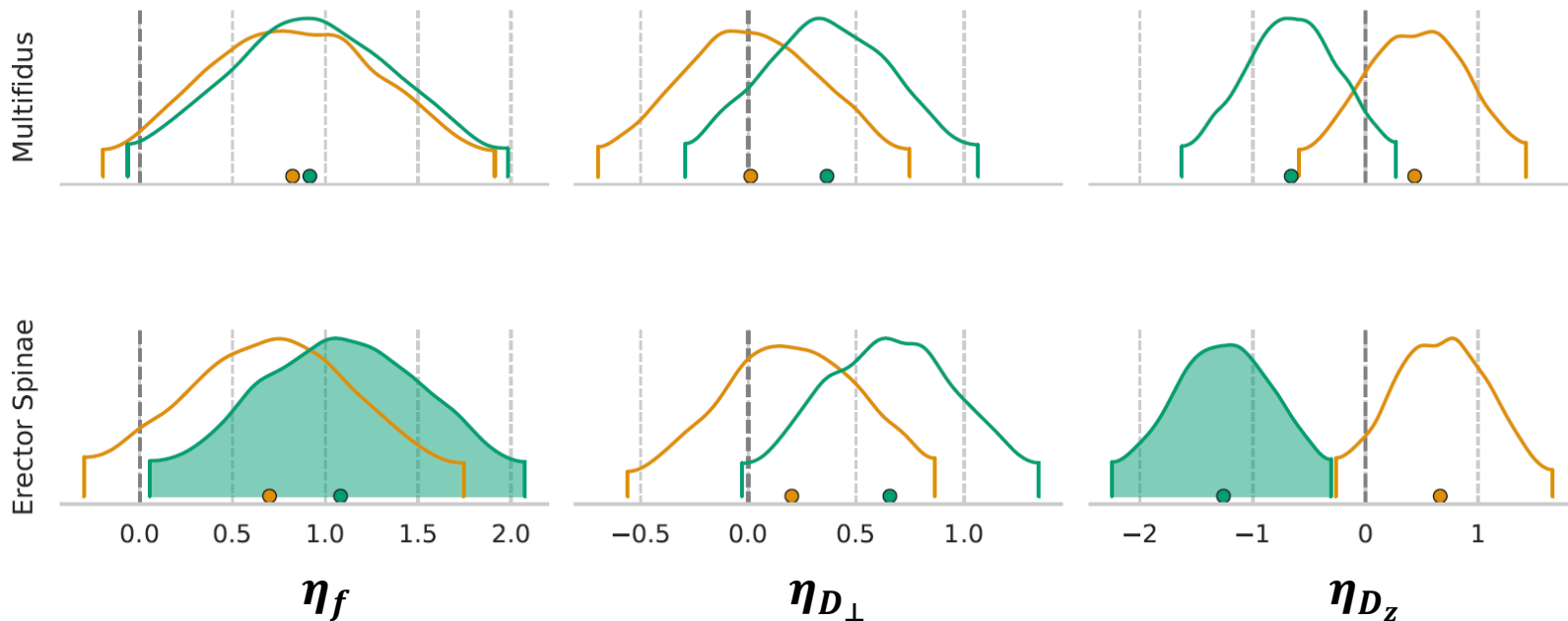


Die Verteilungen geben die Unsicherheit der geschätzten Gruppenmittelwerte des entsprechenden Parameters wieder

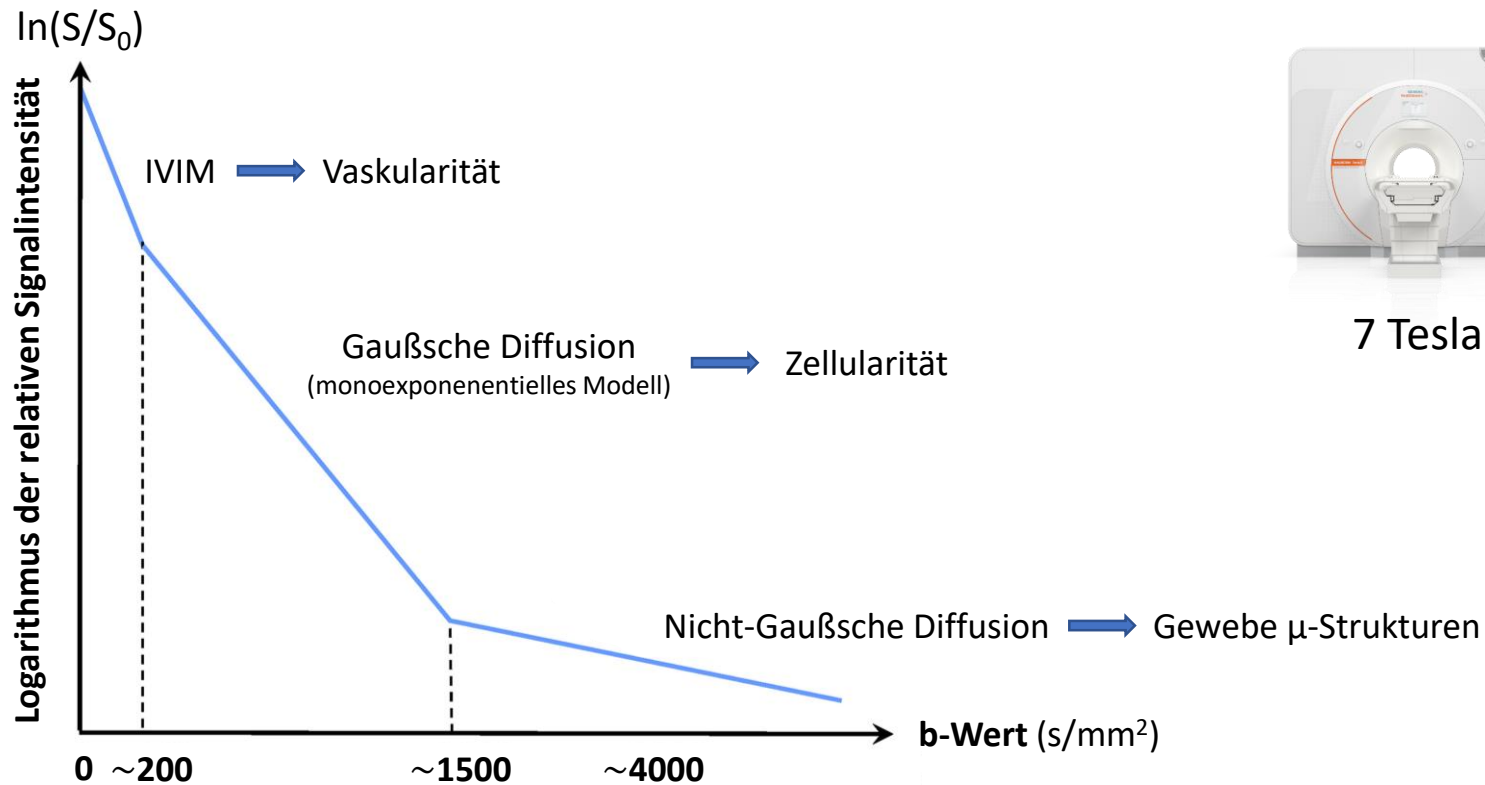
Effektgrößen für Ausdauer- und Kraftgruppe

Effektgröße $\eta = \frac{\mu_{\text{cohort}} - \mu_{\text{control}}}{\sqrt{(\sigma_{\text{cohort}}^2 - \sigma_{\text{control}}^2)/2}}$

Kohorten
— Ausdauer — Kraft



Ausblick



Zusammenfassung und Diskussion

- T₂** Signifikante Unterschiede in den T₂-Werten zwischen den Sportlern und der Kontrollgruppe
- ~~**T₁** Keine signifikanten Unterschiede in den T₁-Relaxationszeitkonstanten~~
- Fett** Signifikante Unterschiede im Fettgehalt zwischen den Sportlern und der Kontrollgruppe
- Perfusion** Signifikante Unterschiede in der Perfusionsfraktion zwischen den Sportlern und der Kontrollgruppe
- Diffusion** Disparate signifikante Unterschiede in den Diffusionskoeffizienten zwischen der Kraft- und Ausdauerkohorte im Vergleich zur Kontrollgruppe

- Unterschiede im Fettgehalt wirken sich auf T₂ aus.
- Biopsiestudien deuten auf Muskelhypertrophie bei Kraftdreikampf-Kohorten hin. Offen bleibt aktuell wie das unterschiedliche Verhalten in den Diffusionskoeffizienten zwischen den Athletenkohorten im Vergleich zur Kontrollgruppe durch eine Muskelhypertrophie (und die damit verbundene erhöhte Proteinsynthese) in der Kraftdreikampf-Kohorte erklärt werden kann.
- Multiparametrische Information kann die Trennschärfe zwischen unterschiedlichen Kohorten erhöhen

Dank an ...

- Dr. Martin Krämer, Dr. Daniel Güllmar, Renat Sibgatulin, M.Sc.
- das Land Thüringen für ein Landesgraduiertenstipendium für Promovierende an der Friedrich-Schiller-Universität Jena
- das Kompetenzzentrum für Interdisziplinäre Prävention (KIP) an der Friedrich-Schiller-Universität Jena und die Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN) (Projekte 1.1.7.22 & 1.1.7.23)

Danke für die Aufmerksamkeit!