

Optimierte IR-DWI Aufnahmeparameter für ein 2-Kompartimentmodell der Prostata

Felix Gloger^{1*}, Tobit Führes¹, Andreas Riexinger¹, Jan Martin^{1,2}, Martina Murr^{1,3}, Sebastian Bickelhaupt¹, Bernhard Hensel⁴, Michael Uder¹, Frederik Laun¹

¹ Radiologisches Institut, Universitätsklinikum Erlangen, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen, Deutschland

² Physical Chemistry, Lund University, Lund, Schweden

³ Department für Radioonkologie, Sektion Biomedizinische Physik, Eberhard-Karls Universität Tübingen, Tübingen, Deutschland

⁴ Zentrum für Medizinische Physik und Technik, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU), Erlangen, Deutschland

Motivation

Quantitative MRT

- Messung physikalischer Parameter wie: T1, T2 und ADC (Diffusionskoeffizient)^a
- essenziell in Prostatakarzinom Diagnostik → PI-RADS Leitlinien^b
- Multidimensionale MRT: Messung mehrerer Parameter und deren Korrelation; noch komplexer als eindimensionale MRT → optimierter Satz Messparameter erforderlich^{c,d}

2-Kompartiment-Prostata-Modell

Kompartimente:

- Flüssigkeit (Prostatasekret)
- Gewebe

Messung per Inversion Recovery (IR) Sequenz

Ziel: Erstellung eines optimierten Satzes an Inversionszeiten TI und Diffusionswichtungen b für die Messung der Parameter des 2-Kompartiment-Prostata-Modells

Material und Methoden

Signalgleichung des 2-Komp-Modells:

$$S(b, TI) = S_{0,G} \cdot \left(1 - 2 \exp\left(-\frac{TI}{T_{1,G}}\right) \right) \cdot \exp(-bD_G) + S_{0,F} \cdot \left(1 - 2 \exp\left(-\frac{TI}{T_{1,F}}\right) \right) \cdot \exp(-bD_F)$$

- $S_{0,G}$ und $S_{0,F}$: T₂-gewichtete Signale des Gewebe-Kompartiments (=G) und des Flüssigkeits-Kompartiments (= F).
- $T_{1,G}$ und $T_{1,F}$: T₁-Zeiten
- D_G und D_F : ADCs

Modellparameter:

- $S_{0,G} = 200$, $S_{0,F} = 100$, $T_{1,G} = 1.5$ s, $T_{1,F} = 3.0$ s, $D_G = 0.8$ mm²/s, $D_F = 3.0$ mm²/s, SNR = 100

b-TI-Verteilungen:

- (2, 48), (4, 24), (8, 12), (12, 8), (24, 4), (48, 2)

Optimierung:

- 100000 zufällige b-TI-Verteilungen (erlaubte Werte: $b = 0, 20, \dots, 2000$ s/mm², $TI = 0, 0.05, \dots, 6$ s)

Vergleich mit äquidistant verteilten b- und TI-Werten, Summe der relativen Fehler der Modellparameter als Maß der Güte der b-TI-Verteilungen

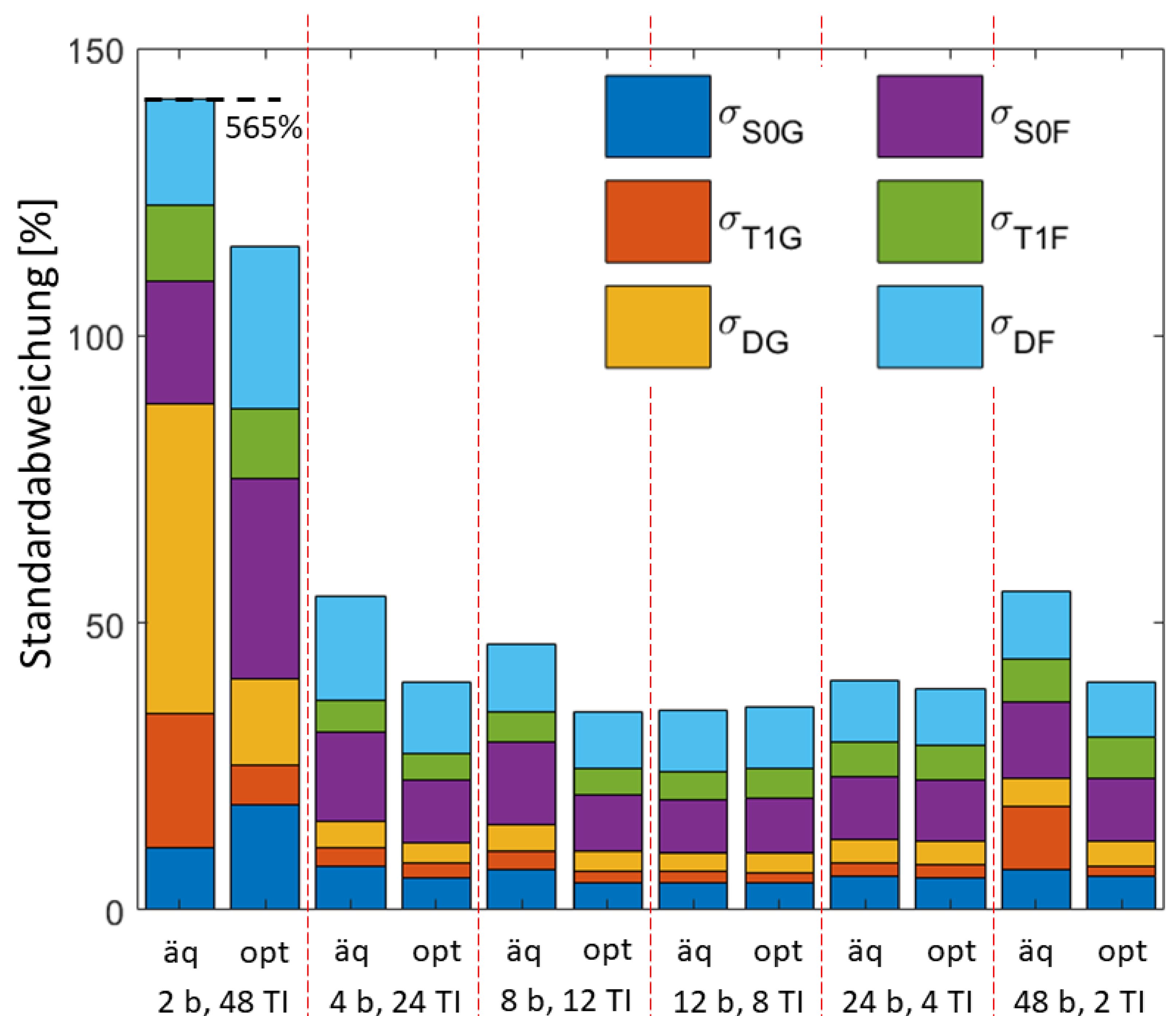


Abb. 1: Relativer Fehler der Modellparameter. äq = äquidistant verteilte Aufnahmeparameter, opt = optimierte Aufnahmeparameter. Der größte Fehlerbalken wurde auf ein Viertel gestaucht.

Ergebnisse

Beste b-TI-Verteilung:

b [s/mm²] = 20, 260, 300, 640, 920, 1840, 1920, 2000.

TI [s] = 0, 0.20, 0.25, 0.95, 1.25, 1.40, 2.60, 3.35, 3.60, 4.30, 4.85, 5.00

- Solange mehr als zwei b-Werte verwendet werden, ist der Unterschied zwischen den Verteilungen recht gering
- Alle Modellparameter können mit den optimierten b-TI-Verteilungen mit einem relativen Fehler < 10% gemessen werden
- Der relative Fehler reduziert sich in den meisten Fällen wesentlich im Vergleich zur äquidistant verteilten b-TI-Verteilung

Diskussion

- Optimierung erfolgreich, es sollten eher optimierte als äquidistante Parameter verwendet werden
- Nichtsdestotrotz schneiden äquidistant verteilte Werte erstaunlich gut ab
- Anzahl der verwendeten b- und TI-Werte letztendlich wichtiger als die genaue Verteilung der Werte
- Limitation: nur ein fester Satz an Modellparameter verwendet