

Regelung der Herzrate während Laufbandtraining mit Modellierung und Kompensation der Totzeit

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik
Vertiefung: Medizintechnik
Betreuer: Prof. Dr. Kenneth James Hunt
Experte: Prof. Sebastian Tobler (BFH)
Industriepartner: HuCE-rehaLab, Biel

Das Herz passt seine Frequenz dynamisch an Belastungen an. Die Totzeit (Verzögerung der Reaktion) ist ein zentraler Parameter und wird in einer Studie mit 30 Probanden untersucht. Zwei Herzmodelle und dazugehörige Regler-Typen werden anhand von Herzratenmessungen mit einem Laufband erstellt und getestet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Berücksichtigung der Totzeit für bessere Herzmodelle und präzisere Herzraten-Regelungen durchaus relevant ist, wenn auch nicht signifikant.

Hypothese und Nutzen

Die Hypothese dieser Studie lautet:

- Herzmodelle, die die Totzeit berücksichtigen, zeigen eine höhere Übereinstimmung mit Messungen.
- Regler mit Totzeit-Kompensation ermöglichen eine präzisere und dynamischere Herzraten-Regelung.

Mögliche Anwendungen für bessere Herzraten-Regelungen sind:

- Rehabilitation nach Schlaganfällen
- Pulsgesteuertes Training im Profisport

Setup

Für die Studie werden folgende drei Hauptkomponenten genutzt:

- Laufband zur Generierung der Herzbelastung
- Pulsbrustgurt zur Herzfrequenzmessung
- Computer zur Datenverarbeitung mit Matlab und Simulink

Struktur

Jeder Proband hat vier Messungen zu absolvieren. Die Struktur der Studie in Bezug auf einen einzelnen Probanden gestaltet sich wie folgt:

1. Probandenrekrutierung
2. Messung 1 und 2: System-Identifikation
3. Berechnung Herzmodelle
4. Berechnung Regler-Typen aus Herzmodellen
5. Messung 3 und 4: Herzraten-Regelung
6. Auswertung Herzraten-Regelung

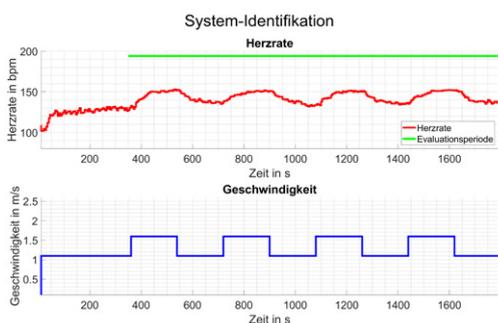


Abb. 1: Beispielmessung der System-Identifikation

Messungen

System-Identifikation

Ein Rechteckprofil, basierend auf der Durchschnittsgeschwindigkeit beim Aufwärmen, wird fix angewandt, um die Reaktion des Herzens zu erfassen und zu analysieren (siehe Abb. 1).

Herzraten-Regelung

Die Regler-Typen 1 und 2 werden getestet, indem sie das Laufband so steuern, dass die Herzfrequenz möglichst exakt einem altersabhängigen Referenzwert folgt (siehe Abb. 2).

Resultate

Die Auswertung wird sowohl numerisch als auch statistisch gemacht. Numerisch stützen alle Resultate die Hypothese. Aus statistischer Sicht ist einzig der Unterschied in der Genauigkeit der beiden Regler-Typen nicht signifikant, die anderen Differenzen sind statistisch gesehen genug gross.

Zusammengefasst ergeben sich somit folgende Ergebnisse:

- Herzmodelle mit Totzeit-Berücksichtigung zeigen eine signifikant höhere Übereinstimmung mit Messungen.
- Regler mit Totzeit-Kompensation ermöglichen eine signifikant dynamischere, aber nur numerisch präzisere Herzraten-Regelung.

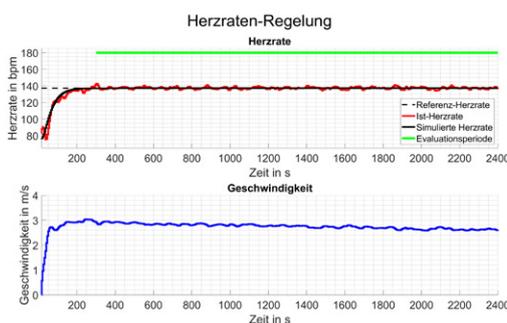


Abb. 2: Beispielmessung der Herzraten-Regelung



Nico Hofer
nico.hofer123@gmail.com