

Herzratenregelung am Laufband

Studiengang: BSc in Maschinentechnik
Betreuer: Prof. Dr. Kenneth J. Hunt
Experte: Andreas Thüler

Für ein optimales Lauftraining ist es von Vorteil, dass die Herzrate einem festgelegten Verlauf folgt. Zu diesem Zweck wird die Herzrate auf dem Laufband geregelt. Die menschliche Herzrate weist eine Variabilität in sehr tiefen Frequenzbereichen (ca. 0.01 Hz) auf. Diese Herzratenvariabilität kann den Regelkreis leicht zum Schwingen bringen. In einer Messreihe soll der zeitliche Verlauf der Herzratenvariabilität und deren Einfluss auf die Outcomes untersucht werden.

Verschiedene Regelkonzepte zur automatischen Laufbandregelung wurden am IRPT (Institut für Rehabilitation und Leistungstechnologie) bereits ausführlich getestet und analysiert. Dabei wurde festgestellt, dass die menschliche Herzrate eine wesentliche Resonanz in sehr tiefen Frequenzbereichen (ca. 0.01 Hz) aufweist. Diese VLF-HRV (Very Low Frequency – Heart Rate Variability) kann den Regelkreis leicht zum Schwingen bringen und unerwünschte Änderungen der Laufbandgeschwindigkeit auslösen. Eine neue Reglerauslegung nach einem stochastischen, optimalen Verfahren könnte es auf natürliche Weise ermöglichen, die erwünschten Regelkreiseigenschaften zu realisieren.

Eine optimale Regelung (LQ-Regler: Linear Quadratic) und eine optimale Regelung mit Tiefpass-Verhalten (LQTP-Regler) wurden implementiert. Die LQTP-Regelung gestaltet das Training für den Läufer spürbar angenehmer, da die Laufbandgeschwindigkeit weniger dynamisch geregelt (Power v) wird. Als Folge werden grössere Abweichungen der gemessenen zur vorgegebenen Herzrate (RMSE) erwartet, als beim Training mit dem LQ-Regler ohne Tiefpass-Verhalten. Ziel dieser Bachelor Thesis ist es, herauszufinden ob ein Unterschied bezüglich der primären Outcomes (RMSE und Power v) zwischen den beiden Regelstrategien besteht, um zu untersuchen, mit welchem Regler ein optimales Lauftraining realisiert werden kann. Die beiden Regelstrategien sollen anhand einer Messreihe statistisch miteinander verglichen werden. Dabei soll

das zeitliche Verhalten der Herzratenvariabilität untersucht werden. Dazu werden 19 Probanden rekrutiert, deren Herzrate beim Laufen auf dem Laufband automatisch geregelt wird. Zur Evaluierung der Messungen soll eine automatisierte Auswertung weiterentwickelt werden.

Es wurden Messungen mit 19 Probanden durchgeführt und statistisch ausgewertet. Für den Läufer ist das Lauftraining mit der LQTP-Regelung angenehmer, da sich der Regler ruhiger verhält und Abweichungen der Herzrate weniger schnell korrigiert werden. Der Preis dafür sind grössere Abweichungen der gemessenen zur vorgegeben Herzrate als bei der LQ-Regelung ohne Tiefpass-Verhalten (Siehe Tabelle unten). Mit dieser Arbeit konnte bewiesen werden, dass zwischen der LQ-Regelung und der LQ-Regelung mit Tiefpass-Verhalten ein signifikanter Unterschied besteht.



Sepp Gerber
sepp.gerber@hotmail.com

	Mean (SD)		MD (95% CI)	p-Value
	LQ	LQTP		
RMSE/(bpm)	1.77 (± 0.43)	2.46 (± 0.59)	- 0.69 (- 0.94, - 0.44)	1.60 e ⁻⁵
$P_{\Delta v}/(10^{-4}m^2/s^2)$	11.54 (± 5.69)	0.99 (± 0.57)	10.56 (7.96, 13.14)	9.14 e ⁻⁸



Bild einer Messung auf dem Laufband