

# Bachelorarbeit

## Softsensors zur Vorhersage der Sauerstoffaufnahme von Sportlern mittels maschineller Lernverfahren



### Ausgangslage

Die Bestimmung der Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) ist ein zentraler Bestandteil der physiologischen Leistungsdiagnostik im Sport. Traditionelle Messverfahren, wie etwa die Nutzung tragbarer Spirometer, bieten präzise Ergebnisse, sind jedoch kostenintensiv, invasiv und für den sportartspezifischen Einsatz wenig praktikabel. Fortschritte in der Entwicklung von tragbaren Sensoren und maschinellen Lernverfahren eröffnen neue Möglichkeiten zur indirekten, datengestützten Vorhersage der Sauerstoffaufnahme auf Basis von Bewegungs- und Herzfrequenzdaten. Insbesondere Methoden des maschinellen Lernens, wie Long Short-Term Memory (LSTM) Netzwerke, haben sich in anderen vergleichbaren Untersuchungen als vielversprechend erwiesen.

### Problemstellung

Die vorhandenen Ansätze zur  $VO_2$ -Vorhersage basieren häufig auf linearen Regressionsmodellen, deren Genauigkeit in nicht-linearen Szenarien, etwa bei extremen und häufig wechselnden Belastungen, begrenzt ist. Weiterhin ist die Generalisierbarkeit vieler Modelle eingeschränkt, da sie spezifische Testbedingungen oder hochspezialisierte Eingangsdaten erfordern. Die Herausforderung besteht daher darin, maschinelle Lernverfahren umzusetzen und zu evaluieren, die auf leicht zugänglichen Parametern wie Laufgeschwindigkeit, 'Metabolic Power' und Herzfrequenz basieren und dennoch präzise Ergebnisse liefern.

### Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist es, einen datengetriebenen Softsensor zu entwickeln, der die Sauerstoffaufnahme von Sportlern basierend auf Geschwindigkeitsprofilen, Initialsensordaten und der Herzfrequenz zuverlässig vorhersagt. Dabei sollen unterschiedliche Modelle des maschinellen Lernens implementiert und hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit sowie Robustheit evaluiert werden.

### Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Tobias Meisen | Tel.: +49 202 439 1039 | E-Mail: [meisen@uni-wuppertal.de](mailto:meisen@uni-wuppertal.de)

## Vorgehensweise

Im Rahmen der Arbeit wird zunächst eine Literaturanalyse bestehender Ansätze zur Vorhersage der Sauerstoffaufnahme durchgeführt. Besonderes Augenmerk liegt auf der Identifikation von Modellen und Datenmerkmalen, die für den Einsatz in sportwissenschaftlichen Kontexten geeignet sind. Anschließend wird ein bestehender Datensatz von zwölf Sportlern, die jeweils drei Läufe mit unterschiedlichen Belastungsmustern absolviert haben, für das Training und die Evaluation aufbereitet. Der Datensatz beinhaltet die Geschwindigkeitsprofile, Inertialsensordaten, die Herzfrequenz sowie die gemessene Sauerstoffaufnahme. Basierend auf der Literaturrecherche und den aufbereiteten Daten werden dann verschiedene Modelle des maschinellen Lernens entwickelt und trainiert. Darunter fallen unter anderem LSTM- und GRU-Netzwerke, Random Forests und Support Vector Machines. Zudem werden Verfahren des Feature Engineering eingesetzt, um die Modelle zu optimieren. Die entwickelten Modelle werden anhand standardisierter Metriken evaluiert. Abschließend werden die Ergebnisse in Form einer wissenschaftlichen Dokumentation zusammengefasst. Dies umfasst die detaillierte Beschreibung der Methodik, die Analyse der Ergebnisse sowie eine Diskussion der Stärken und Schwächen der eingesetzten Ansätze.

## Ansprechpartner

Prof. Dr.-Ing. Tobias Meisen | **Tel.:** +49 202 439 1039 | **E-Mail:** [meisen@uni-wuppertal.de](mailto:meisen@uni-wuppertal.de)

# Bachelor thesis

## Soft Sensor for Predicting Athletes' Oxygen Uptake Using Machine Learning Techniques



### Initial Situation

The measurement of oxygen uptake ( $VO_2$ ) is a key component of performance diagnostics in sports. Traditional methods, such as using portable spirometers, provide accurate results but are costly, invasive, and impractical for sport specific use. Advances in wearable sensors and machine learning techniques open up new possibilities for indirect, data-driven predictions of oxygen uptake based on movement and heart rate data. Particularly, machine learning approaches such as Long Short-Term Memory (LSTM) networks have proven promising, as they can model temporal dependencies in physiological data.

### Problem Definition

Existing approaches to  $VO_2$  prediction often rely on linear regression models, which are limited in accuracy under non-linear scenarios, such as extreme and varying physical load. Moreover, many models lack generalizability, as they depend on specific testing conditions or highly specialized input data. The challenge lies in developing and evaluating machine learning methods that rely on easily accessible parameters such as speed, metabolic power, and heart rate while maintaining high prediction accuracy.

### Objective

The goal of this thesis is to develop a data-driven soft sensor capable of reliably predicting athletes' oxygen uptake based on measured parameters such as speed profiles, metabolic power, and heart rate. Various machine learning models will be implemented and evaluated for their predictive accuracy and robustness.

### Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Tobias Meisen | Tel.: +49 202 439 1039 | E-Mail: [meisen@uni-wuppertal.de](mailto:meisen@uni-wuppertal.de)

## Approach

Conduct an analysis of existing approaches for predicting oxygen uptake. The focus will be on identifying models and data features suitable for application in sports science contexts. Prepare an existing dataset of twelve athletes, each of whom completed three runs on different physiological load. The dataset includes information on speed profiles, inertial sensor data, heart rate, and directly measured oxygen uptake. Based on the literature review and prepared data, implement and train various machine learning models, such as LSTM and GRU networks, Random Forests, and Support Vector Machines. Additionally, apply feature engineering techniques to optimize the models. Evaluate the developed models. Compare the models' prediction accuracy, robustness, and generalizability. Summarize the results in a scientific report. This includes a detailed description of the methodology, analysis of the results, and a discussion of the strengths and weaknesses of the approaches used.

## Contact Person

Prof. Dr.-Ing. Tobias Meisen | **Tel.:** +49 202 439 1039 | **E-Mail:** [meisen@uni-wuppertal.de](mailto:meisen@uni-wuppertal.de)