

# Entwicklung eines automatisierten IMU-Kalibrierungssystems

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik | Vertiefung: Medizintechnik  
Betreuer: Dr. Tobia Brusa, Rafael Philippe Morand, Dorian Loïc Thomet

**Inertiale Messeinheiten (IMU) beinhalten einen Beschleunigungssensor und ein Gyroskop. Mit diesen Sensoren können Positionen und Orientierungen von Objekten gemessen werden. Jedoch müssen die IMUs vor ihrem Gebrauch kalibriert werden, um optimale Messdaten zu liefern. Die Kalibrierung wird von einer Fachperson in rund 5 Minuten manuell ausgeführt. Das soll sich nun ändern: Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, ein automatisiertes Kalibrierungssystem zu entwickeln.**

## Ausgangslage

Die Firma MOWA Healthcare AG entwickelt für ihren neuartigen Orthesenversorgungsprozess ein IMU-basiertes Ganganalysesystem. IMUs weisen aufgrund des Herstellungsprozesses jedoch Messfehler auf. Deshalb müssen die IMUs vor dem Gebrauch kalibriert werden, um die Kalibrierungsparameter für den Beschleunigungssensor und das Gyroskop zu erhalten.

## Ziel und Motivation

Die Kalibrierung der IMUs wurde bisher vom Fachpersonal manuell ausgeführt. Dies ist ein langwieriger und mühsamer Prozess. Das Ziel dieser Bachelorarbeit war, ein portables Kalibrierungssystem zu entwickeln, welches die Kalibrierung der IMUs automatisch ausführt. Dies führt zu einem zuverlässigeren Prozess, entlastet das Messpersonal und verkürzt für die Patient\*innen den Aufenthalt im Ganglabor.

## Kalibrierung

Die Parameter des Beschleunigungssensors werden mit Hilfe der bekannten Gravitation kalibriert. Dafür werden verschiedene Orientierungen angefahren, um in einem Optimierungsverfahren die Differenz zwischen kalibrierter Messung und der bekannten Erdbeschleunigung zu minimieren. Die Rotationen zwischen den statischen Ausrichtungen werden verwendet, um das Gyroskop zu kalibrieren. Dazu wird die Differenz zwischen der geschätzten Drehung, anhand der aufsummierten Gyroskopwerten, gegenüber der Drehung von Anfangs- und Endposition aufgrund der Erdbeschleunigung minimiert. Die Vorstudie hat ergeben, dass mehrere Rotationsachsen und diverse statische Orientierungen für eine erfolgreiche Kalibrierung zwingend sind.

## Konstruktion

Vom bestbewerteten Grobkonzept der Vorstudie wurden zu Beginn der Bachelorarbeit vier Detailkonzepte erstellt. Die Detailkonzepte wurden in einem ersten Schritt in Form von Design-Prototypen umgesetzt.

Der beste Design-Prototyp wurde bestimmt und zu einem Funktionsprototypen ausgearbeitet. Dies wurde mittels Konzeptskizzen und anschließender Konstruktion als CAD-Modell umgesetzt. Die Aktuatoren des Systems werden mit einem Microcontroller angesteuert.

## Resultate

Das Kalibrierungssystem erlaubt die automatische Kalibrierung von acht IMUs gleichzeitig. Die IMUs werden vom System in verschiedene Orientierungen rotiert. Dazu werden mehrere Aktuatoren verwendet, welche von einem Mikrocontroller angesteuert werden. Die Bewegungen des Systems führen zu geeigneten Kalibrierungsparametern.

## Ausblick

Die Dimensionen des Funktionsprototypen sollen reduziert werden. Dies kann durch die Verwendung von kleineren Aktuatoren umgesetzt werden. Auch mit der Lagerung bzw. Anordnung kann experimentiert werden, um den Platzbedarf zu minimieren. Die mechanische Stabilität soll durch die Wahl resistenterer Werkstoffe verbessert werden. Die minimal notwendigen Bewegungen, für eine erfolgreiche Kalibrierung, könnten mit dem Funktionsprototyp des IMU-Kalibrierungssystems ermittelt werden.



Noah Meierhans  
noah.meierhans@hotmail.com