

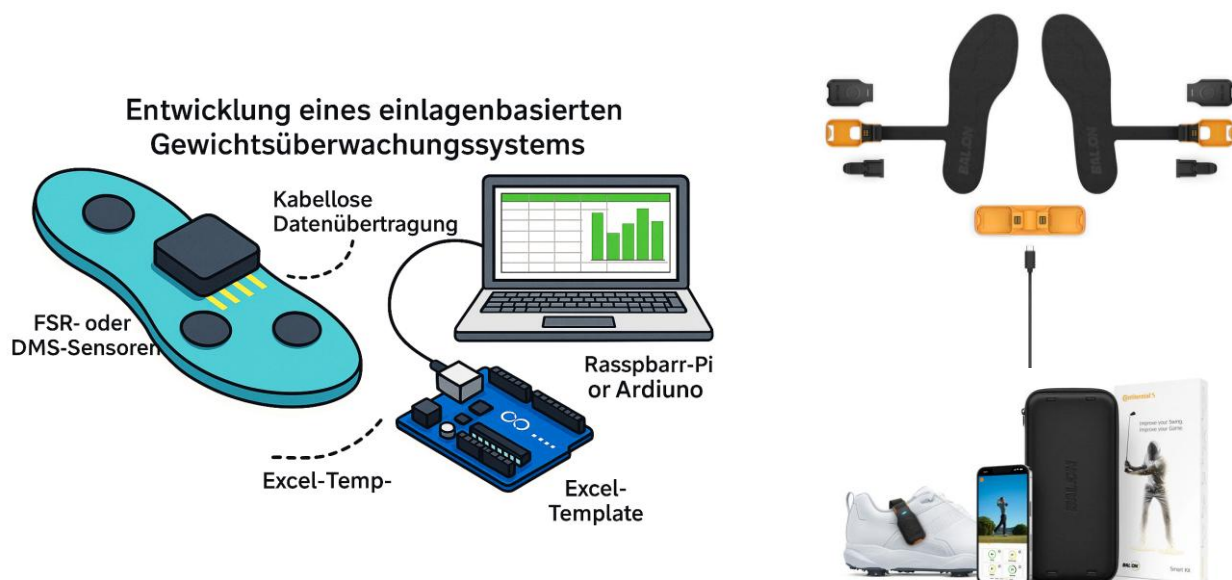
Masterarbeit

Entwicklung eines Systems zur Gewichtserfassung mit intelligenten Einlegesohlen

Problematik:

In vielen Bereichen der Produktion, Montage und Logistik tragen Mitarbeitende regelmäßig Lasten, deren Gewicht und Häufigkeit für die ergonomische Bewertung nach der Leitmerkmal-methode (LMM) relevant sind. Bisherige Verfahren zur Erfassung basieren oft auf Beobachtungen, Schätzungen oder Videoanalysen, die zeitaufwendig und ungenau sein können. Es besteht daher Bedarf an einem tragbaren, unauffälligen Messsystem, das in den Arbeitsalltag integriert werden kann.

Intelligente Einlegesohlen mit eingebauten Sensoren bieten die Möglichkeit, Körpergewicht und Lastwechsel automatisch und zeitlich genau zu erfassen. Dabei sollen die Sohlen nicht die Druckverteilung abbilden, sondern das Gesamtgewicht über kurze Standphasen (≥ 1 s) zuverlässig erfassen. Über die Abweichung vom individuellen Körpergewicht können zusätzliche Lasten (z. B. Bauteile, Werkzeuge) berechnet und in eine Excel-Vorlage übertragen werden, die anschließend für die ergonomische Auswertung nach LMM (Leitmerkmal-methode) genutzt wird. Die Vorlage wird vom Fachgebiet Ergonomie bereitgestellt. Die Genauigkeit der Sensoren (z. B. FSR-Sensoren, DMS oder andere Messprinzipien) ist gemäß Stand der Technik zu recherchieren. Eine Abweichung bis ± 15 % vom tatsächlichen Zusatzgewicht wird toleriert.



Beispiele von Einlegesohlen mit Sensoren (links: Konzeptvorstellung; rechts: Markt: Continental BAL.ON mit Kraftsensoren)

Aufgabenstellung

Zur Vermeidung von Ungenauigkeit durch asymmetrisches Stehen sind zwei Einlegesohlen als Prototyp zu entwickeln, die folgenden Anforderungen erfüllt:

- Gewichtserfassung: Bestimmung des Körpergewichts beim Stehen (≥ 1 s) sowie Erfassung von Zusatzlasten durch Differenzbildung.
- Datenübertragung: Kabellose Übertragung (z. B. via Bluetooth/WLAN) der Messdaten an einen Mikrocontroller (Arduino, Raspberry Pi oder vergleichbar) und anschließend an einen PC.
- Datenspeicherung: Export der Messdaten in ein CSV/Excel-Format, kompatibel mit einem bereitgestellten LMM-Template.
- Genauigkeit: Gewichtserfassung mit einer Toleranz von ± 15 %.
- Anpassbarkeit: Einlegesohlen für Schuhgrößen 40–45, robust und tragbar.
- Energieversorgung: Kabelloser Betrieb über Akku mit mindestens 4 h Laufzeit.
- Benutzerfreundlichkeit: Einfache Kalibrierung (Null- und Spanneinstellung), komfortabler Trageeinsatz.

Entwicklungsschritte

1. Organisation: Erstellung von Zeitplan, Meilensteinen und Zieldefinition.
2. Bedarfsanalyse: Recherche zu bestehenden Systemen und Sensorprinzipien; Bewertung von Genauigkeit, Kosten und Machbarkeit.
3. Anforderungsliste: Erstellung einer Muss/Kann-Liste mit Priorisierung.
4. Konzepterstellung: Entwicklung von Systemarchitektur (Sensoren, Mikrocontroller, Datenübertragung, Energieversorgung).
5. Material- und Komponentenwahl: Auswahl geeigneter Sensoren (FSR, DMS etc.), Mikrocontroller (Arduino/ESP32, Raspberry Pi) und Übertragungstechnologie.
6. Prototyping: Aufbau eines Prototyps der Einlegesohlen (Größe 40–45) mit integrierter Elektronik.
7. Testphase: Durchführung von Kalibrier- und Validierungsmessungen mit Referenzgewichten; Auswertung der Genauigkeit ($\leq \pm 15$ %).
8. Integration Excel-Template: Übertragung der Zeitreihen in das Excel-Format; Aggregation und automatische Auswertung nach LMM-Kriterien.
9. Optimierung: Verbesserung von Genauigkeit, Tragekomfort, Energieeffizienz und Zuverlässigkeit.