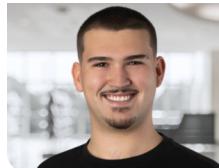


Sicheres Treppensteigen

Sturzsicherung von neurologischen Rehabilitationspatienten im physiotherapeutischen Treppensteigen

Diplomand



Pascal Schneivoigt

Aufgabenstellung: Neurologische Patienten, etwa mit Multipler Sklerose, Parkinson oder nach Schlaganfällen, leiden häufig an sensormotorischen und kognitiven Beeinträchtigungen, die das Treppensteigen erschweren und in der physiotherapeutischen Rehabilitation ein erhöhtes Sturzrisiko mit sich bringen. Dieses Risiko wird derzeit durch das direkte Eingreifen von Therapeuten minimiert, was jedoch mit erheblicher physischer Belastung und psychischem Druck einhergeht. Ziel der Arbeit war es, ein technisches System zur Sturzsicherung zu entwickeln, um sowohl das Sturzrisiko der Patienten als auch die Belastung der Therapeuten zu reduzieren.

Vorgehen / Technologien: Die Entwicklung orientierte sich nah an den Prinzipien des User-Centered-Designs. Zu Beginn wurden Nutzungsanforderungen aus dem Nutzungskontext erarbeitet, mit Nutzern validiert und über qualitative Funktionsanforderungen zu quantitativen Systemanforderungen konkretisiert. Anhand dieser Anforderungen wurden Funktionen definiert und mittels Kreativitätsmethoden zu diversen Konzeptvarianten ausgearbeitet. Diese Konzeptvarianten wurden anhand der Anforderungen bewertet und eingehend geprüft. Hier wurden zentrale Herausforderungen identifiziert, wie etwa die automatische Erkennung von Stürzen. Somit ergab sich die Notwendigkeit eines Machbarkeitsnachweises für diese zeitkritische Schlüsselfunktion. Ein Proof of Concept wurde erarbeitet, welches tragbare Inertialmesssensoren und ein Machine-Learning-Modell kombiniert (Abb. 1). Dieses System klassifiziert Bewegungsmuster (neuronales Netzwerk) und erkennt Abweichungen bzw. Anomalien (k-Nearest-Neighbor), die potenzielle Stürze implizieren. Primäre Erfolgskriterien waren:

- Generalisierbarkeit
- Robustheit gegen Übergangsbewegungen

Ergebnis: Die Generalisierbarkeit konnte durch iteratives Erweitern und Testen neuer Datensätze und einer daraus resultierenden Konvergenz (Abb. 2) bewiesen werden. Die Teilnehmer unterschieden sich dabei jeweils in Geschlecht, Alter und Grösse. Diese Konvergenz zeigt, dass das Modell mit steigender Anzahl Datensätze in der Lage ist, homogene Bewegungsmuster zu erkennen, unabhängig von der individuellen Gangart der Person. Die Robustheit des Modells zeigte sich auch bei der Analyse dynamischer Bewegungsfolgen mit Übergangsbewegungen (Abb. 3), welche sich durch gemischte Klassifizierungskonfidenzen charakterisieren und dabei keine falsch-positiven Anomalien hervorruften. Auf Datensätzen fünf verschiedener Teilnehmer konnte schliesslich eine Genauigkeit von 99,23 %, ein AUC-ROC von 1,00 und ein F1-Score von 0,99 erreicht werden. Aus

Sicherheits- und Ressourcengründen konnte die effektive Sturzerkennungsleistung nicht verifiziert werden. Diese ist kritisch für die reale Anwendung, da sowohl falsch-negative als auch falsch-positive Anomalien die Sicherheit resp. Akzeptanz der Nutzer erheblich beeinflussen. Ebenso bleibt die Generalisierbarkeit auf eine Nutzergruppe mit stark variierenden Bewegungsmustern offen. Somit wird empfohlen, das Modell weiter zu optimieren, auf eine geeignete Edge-Computing-Architektur zu übertragen und die Sturzerkennungsleistung mittels simulierter Stürze zu prüfen, sowie die Integrierung in ein echtzeitfähiges System zu untersuchen.

Abbildung 1: Übersicht des PoC
Eigene Darstellung

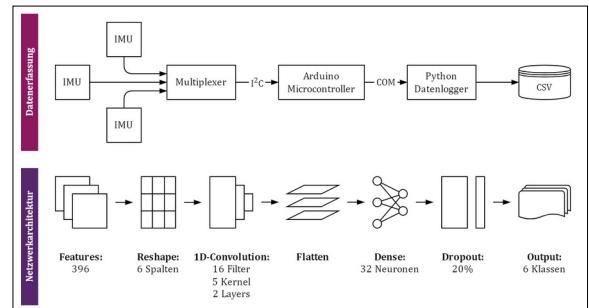


Abbildung 2: Konvergierende Genauigkeit auf neue Datensätze
Eigene Darstellung

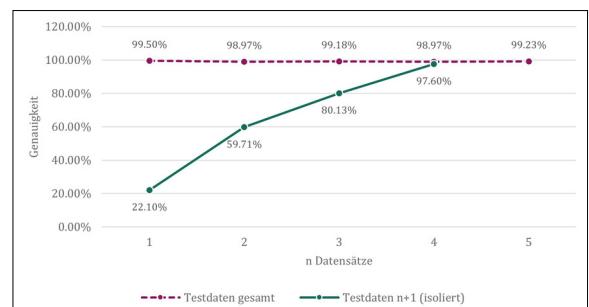
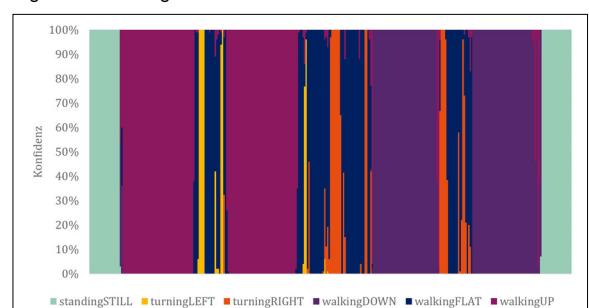


Abbildung 3: Konfidenzverteilung der Sequenzklassifizierung
Eigene Darstellung



Referent
Peter Eichenberger

Korreferent
Robert Zehnder,
Grieser AG, Aadorf,
TG

Themengebiet
Produktentwicklung,
Sensorik

Projektpartner
ILT MedTech Lab,
Rapperswil, St. Gallen