

SIRKA: Sensoranzug zur individuellen Rückmeldung körperlicher Aktivität

Christian Lins^a, Marco Eichelberg^a, Lars Rölker-Denker^b, Andreas Hein^{a,b}

^a OFFIS - Institut für Informatik, F&E Bereich Gesundheit

^b Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Fak. VI – Medizin und Gesundheitswissenschaften

Kurzfassung

Im SIRKA-Projekt wird ein neuartiger Messanzug entwickelt, der – in die Arbeitskleidung integriert – Bewegungsabläufe und damit verbundene körperliche Belastungen präzise über lange Zeiträume erfassen kann.

Schlüsselwörter:

Bewegung; Messanzug; Körperliche Belastung; Prävention.

Einleitung

Das Ziel des Verbundprojekts SIRKA ist es, einen neuartigen Messanzug zu entwickeln, mit dessen Hilfe Bewegungsabläufe und die damit verbundenen körperlichen Belastungen in handwerklichen Berufen präzise, in jeder Einzelheit der Bewegung, gemessen werden können, ohne dass der Benutzer durch das Tragen des Anzuges bei der Verrichtung seiner beruflichen Tätigkeiten gestört wird. Der Messanzug wird dazu in die normale Arbeitskleidung der Probanden integriert, so dass er bei der täglichen Arbeit nicht stört. Seine Sensoren sind klein, leicht und können sogar zusammen mit der Arbeitskleidung in Industriewaschmaschinen gereinigt werden.

Wichtigster Anwendungsbereich für den Messanzug ist die Früherkennung von Risikofaktoren für Berufskrankheiten wie Gonarthrose oder Rückenleiden. Den betroffenen Mitarbeitern soll, auch durch begleitende physiotherapeutische Maßnahmen, aktiv dabei geholfen werden, Bewegungsabläufe optimal zu gestalten und damit bereits die Entstehung von Berufskrankheiten, die in der Regel erst in der zweiten Lebenshälfte auftreten, zu verhindern. Auf organisatorischer Ebene können die Analysen als Ansatzpunkte für neue, passgenaue betriebs- und arbeitsfeldspezifische Konzepte genutzt werden, die Entlastungsphasen bereits in der Arbeitsplanung berücksichtigen. Der geplante Messanzug enthält verteilte intelligente Sensorknoten, die verschiedenartige Sensoren einbinden, eine Vielzahl von Daten messen und schon lokal auswerten können, was eine unaufdringliche Interaktion mit dem Nutzer (zum Beispiel eine Warnung bei Fehlbelastungen) ermöglicht. Der Mitarbeiter kann dann beispielsweise aktiv eine ergonomischere Haltung einnehmen oder die verrichtete Arbeit für einen kurzen Moment unterbrechen. Die erhobenen Daten werden darüber hinaus zu Belastungsindizes zusammengefasst und von Arbeitsmedizinern analysiert. Zusammen mit den Nutzern werden individuelle Grenzwerte und physiotherapeutischen Maßnahmen festgelegt. Eine erste Version des Messanzugs steht seit Mai 2015 bei den Anwendungspartnern zu ersten Tests bereit.

Perspektivisch kann das SIRKA-System nicht nur im Bereich des Rettungsdienstes, sondern auch in anderen Bereichen mit

hoher körperlicher Belastung eingesetzt werden, bspw. der Krankenpflege. Aus Perspektive der Versorgungsforschung kann das System zur Evaluation des Outcomes von Maßnahmen zur Neugestaltung der Arbeitsabläufe hinsichtlich Gesundheitsförderung und Prävention genutzt werden. Bspw. kann es möglich sein, individuelle und langfristige Entlastung durch den Einsatz ergonomischer Pflegebetten zu messen. Ebenso sind gesundheitsökonomische Evaluationen im Rahmen von Kosten-Nutzwert-Analysen denkbar.

Methoden

Messanzug

Technisch besteht der SIRKA-Messanzug aus 19 Sensorknoten (in der ersten Ausbaustufe des Anzuges sind es 15 Sensorknoten), welche in die Arbeitskleidung eingearbeitet sind. Die Knoten sind so in der Arbeitskleidung platziert, dass eine effektive Abdeckung aller von der Kleidung bedeckten Gliedmaßen erreicht wird. Die einzelnen Sensorknoten sind über ein kabelgebundenes Bussystem mit einer kleinen Zentraleinheit verbunden, welche die notwendigen Berechnungen vornimmt und die Bewegungsdaten auf einer Speicherkarte aufzeichnet. Die Kabel sind zusammen mit den Sensorknoten so in die Kleidung integriert, dass sie vom Träger in der Regel nicht bemerkt werden. Die Zentraleinheit hat in etwa die Größe einer Zigarettenschachtel und kann bequem in einer Jackentasche verstaut werden.

Jeder Sensorknoten besteht aus drei Sensoren, welche die Beschleunigung im Dreidimensionalen (Accelerometer), die Winkelgeschwindigkeit (Gyroskop) und die Stärke des lokalen Magnetfeldes (Magnetometer) messen. Diese Sensordaten aller Sensorknoten werden in der Sensorfusion derart kombiniert, dass die Bewegung des Nutzers davon abgeleitet werden können. Im Gegensatz zu anderen Messanzügen sitzen hierbei die Sensoren nicht auf der Haut, d. h. es wird durch die Bewegung der Gliedmaße im Anzug und durch die Faltenbildung der Kleidung Abweichungen von der tatsächlichen Bewegung geben.

Beim Einsatz unter Extrembedingungen wie z. B. Schweißen in Werfthallen, werden die Magnetometer durch die auftretenden lokalen Magnetfelder so beeinflusst, dass sie keine zuverlässigen Daten zur Orientierung mehr liefern. Für die finale Version des Anzugs wird daher auf ein Magnetometer in den Sensorknoten verzichtet und die Orientierung der Sensorknoten im Raum auf Basis der Bewegung durch ein Softwaremodul abgeschätzt [3].

Ablauf der Studie

Am INAP/O-Institut der Hochschule Osnabrück wurde eine Vorstudie mit 17 Probanden durchgeführt, deren Bewegungen über auf die Haut geklebte Sensorknoten sowie mit einem kommerziellen optischen Marker-basierten Motion Capture System von Qualisys als Goldstandard aufgezeichnet wurden.

Nach Auswertung der Studie lassen sich Aussagen über die Genauigkeit der Sensoren treffen.

Für die Evaluation des Anzuges konnten Rettungssanitäter der Johanniter-Unfall-Hilfe sowie Schweißer und Schlosser der MEYER WERFT als Probanden gewonnen werden. Diese Probanden standen auch für einen ersten Tragekomforttest zur Verfügung. Dieser Test ist von großer Wichtigkeit, da die finale Version des Messanzuges so in die Arbeitskleidung integriert werden soll, dass sie nahezu unbemerkt bzw. zumindest, ohne den Träger zu stören, Daten aufzeichnen kann.

Da die zur Berechnung der Bewegung nötige Sensorfusion bislang noch nicht in die Zentraleinheit integriert wurde, wird die erste Version des Anzuges unter – möglichst realistischen – Laborbedingungen evaluiert. Die Probanden stellen Handlungsabläufe aus ihrem Berufsalltag dar, während ihre Bewegungen vom Anzug aufgezeichnet werden. Typisch für die Rettungssanitäter ist beispielsweise das Anheben und Schieben von Tragen auf der Ebene oder das Transportieren von Patienten über Treppen. Für Schweißer und Schlosser sind statische Haltungen im Knien, Zwangshaltungen im Liegen oder Arbeit über Kopf typisch.

Für die finale Version des Anzuges werden die Probanden den Sensoranzug über einen Zeitraum von drei Wochen während ihrer kompletten Arbeitsschichten tragen. Datenschutzkonform werden die Bewegungsdaten ausschließlich auf der Speicherkarte der Zentraleinheit gesichert, die der Proband nach Beendigung seiner Arbeitsschicht der Vertrauensperson des Betriebs übergibt, welche dann die Weitergabe von anonymisierten Daten an die Forschungspartner übernimmt.

Haltungsklassifizierung

Eine wesentliche Komponente des SIRKA-Projekts liegt in der Entwicklung von Algorithmen zur Auswertung der Bewegungsdaten. In einem ersten Schritt wurde die Auswertungssoftware so erweitert, dass sie anhand der aufgezeichneten Daten eine Klassifizierung der Haltung auf Basis der OWAS-Methode [1] durchführen kann. Abbildung 1 zeigt die Visualisierung der Bewegungsdaten als abstraktes, vereinfachtes Skelett sowie Symbole zur klassifizierten OWAS-Pose.

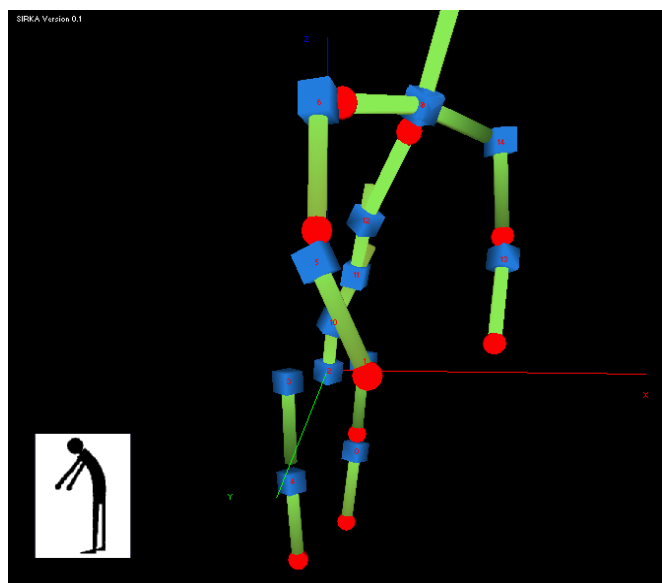


Abbildung 1: Visualisierung der Anzugdaten als Skelettmodell mit erkannter OWAS-Pose für Rückenbeugung.

Die Auswertungs- und Klassifikationssoftware soll im weiteren Verlauf des Projekts zu einem vollwertigen Entscheidungsunterstützungssystem für das arbeitsmedizinische Personal erweitert werden.

Ergebnisse

Der erste Tragekomforttest des Anzuges bei den Rettungssanitätern der Johanniter-Unfall-Hilfe ergab, dass die Sensorknoten, die in Jacke und Hose der Arbeitskleidung integriert sind, vom Träger nicht bemerkt werden. Für die Kleidung der Rettungssanitäter ist damit keine weitere Anpassung notwendig. Der Test bei den Schlossern und Schweißern ergab, dass die Klettverschlüsse, mit denen die Sensoren auf der Innenseite der Kleidung befestigt werden, während der Arbeit auf der Haut scheuern und dadurch zu Hautrötungen führen können. Als Maßnahme zur Behebung dieser Problematik werden die Sensorknoten in einen weicheren Stoff eingenäht.

Die Auswertung der Vorstudie an der Hochschule Osnabrück sowie die Evaluation der ersten Version des Anzuges steht wegen des frühen Stadiums des Projekts noch aus.

Die finale Version des Messanzuges wird für Anfang 2016 erwartet. Die Evaluation wird dann im Realeinsatz auf der MEYER WERFT und bei der Johanniter-Unfall-Hilfe durchgeführt.

Diskussion

Augenscheinlich erfasst der Messanzug zuverlässig die Haltung und Bewegungen des Körpers. Es ist jedoch noch unklar, inwiefern die Präzision zur genauen Bestimmung von Bewegungswinkeln, z. B. am Rücken oder den Knien, ausreicht. Zur medizinischen oder physiotherapeutischen Bewertung von Haltungen und Bewegungen sind möglichst präzise Angaben zu Gelenkwinkel und Winkelbeschleunigung wünschenswert. In der bisherigen Version zeichnet der Messanzug Daten mit 15 Sensorknoten auf. Um die Präzision insbesondere an den unteren Gliedmaßen zu erhöhen, wird die nächste Ausbaustufe des Anzuges 19 Sensorknoten enthalten. An die Genauigkeit eines Marker-basierten optischen Motion Capture Systems oder eines Labor-Messanzuges wie etwa CUELA [2], wird die Präzision des SIRKA-Anzuges vermutlich auch in der finalen Fassung nicht heranreichen. Ziel des SIRKA-Anzuges ist es aber auch nicht, Bewegungen unter Laborbedingungen mit maximaler Präzision zu erfassen, sondern Daten unter Realbedingungen über einen langen Zeitraum zu erfassen (bspw. über mehrere Arbeitswochen). Der Träger des Messanzuges soll dabei ungestört ohne Beeinflussung durch das Messsystem oder menschliche Beobachter seine alltägliche Arbeit verrichten können. Schwerpunkt der Betrachtung ist daher nicht die detaillierte Untersuchung von Momentaufnahmen mit Laborcharakter, sondern die Bewertung von Bewegungen und Haltungen in ihrer Gesamtheit. Ein weiterer Vorteil des SIRKA-Anzuges ist die fehlende Abhängigkeit von externen Beobachtern bzw. Beobachtungssystemen. So sind keinerlei Kameras oder extern platzierte Aufnahmesysteme zur Erfassung der Bewegung nötig. Dies ist ein Vorteil bei der Beobachtung von Arbeiten in Zwangshaltungen, wie sie z. B. auf der MEYER WERFT auftreten (vgl. Abbildung 2), wenn der Körper für externe Beobachter teilweise verdeckt agiert.

Die finale Version des Messanzuges wird zusätzlich über Fußdruckmesssohlen genauere Informationen über Heben, Tragen und Stand des Trägers erlauben. Mit diesen Druckdaten lassen sich über ein biomechanisches Modell Belastungen in den Gelenken bestimmen.

Zusammenfassung

Der im Verbundprojekt SIRKA entwickelte Messanzug dient der Erfassung der Körperbewegungen und -haltungen von Personen, die in physisch anspruchsvollen Berufen tätig sind.

Über eine geeignete Auswertungssoftware und ein medizinisches Modell sollen sich damit Rückschlüsse auf die körperlichen Belastungen der Träger ziehen lassen. Diese können zur unauffälligen individuellen Rückmeldung an den Träger über den Anzug genutzt werden (beispielsweise über flächige Vibrationen) oder können vom arbeitsmedizinischen Fachpersonal zur Festlegung individuellen Präventionsmaßnahmen und zur Optimierung betrieblicher Prozesse genutzt werden.



Abbildung 2 – Arbeiter der MEYER WERFT in einer Zwangshaltung (Foto: MEYER WERFT).

Literatur

- [1] O. Karhu et al. "Correcting working postures in industry: a practical method for analysis", *Applied ergonomics*, 1977, vol. 8, no. 4, S. 199-201.
- [2] S. Freitag et al. "Messtechnische Analyse von ungünstigen Körperhaltungen bei Pflegekräften – eine geriatrische Station im Vergleich mit anderen Krankenhausstationen", *ErgoMed*, 2007, 31. Jg., S. 130-140.
- [3] F. Wenk und U. Frese "Posture from Motion", IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2015 (im Druck).

Das SIRKA-Projekt wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (FKZ 16SV6243). Die Autoren danken den Verbundpartnern Budelmann Elektronik (Koordination), MEYER WERFT, Johanniter-Unfall-Hilfe, rofa Bekleidungswerk, dem Deutschen Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI) sowie dem INAP/O-Institut der Hochschule Osnabrück.

Korrespondenz-Adresse

OFFIS - Institut für Informatik
Christian Lins, Escherweg 2, 26121 Oldenburg
E-Mail: christian.lins@offis.de