

„Activitytracker“ und Sportuhren als Element der arbeitswissenschaftlichen Analyse

Torsten MERKEL

*Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Produktionstechnik,
Westfälische Hochschule Zwickau, Dr.-Friedrichs-Ring 2a, D-08056 Zwickau*

Kurzfassung: Arbeitsanalysen zu physischer Belastungen über eine Schicht oder länger stellen eine große Herausforderung arbeitswissenschaftlicher Studien dar. Insbesondere stochastisch auftretende Aufgaben erfordern hohe Aufmerksamkeit der Beobachter und aufwendige Datenermittlungen. Neben den bereits verwendeten Sport-/Pulsuhren erlauben Activitytracker die Ermittlung von Belastungen und Beanspruchungen, welche auch für die Analyse von Arbeit sinnvoll sein können. Da die Erhebung autark erfolgen kann, erlauben solche Messsysteme eine Vereinfachung des Studiendesigns. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Frage, ob die Systeme die für eine Arbeitsstudie notwendige Qualität bei der Datenermittlung erreichen.

Schlüsselwörter: Belastungsmessung, Beanspruchungsermittlung, Arbeitssystemanalyse, Physiologie, Anforderungsprofile

1. Motivation

Moderne „Activitytracker“ und Sportuhren erlauben eine nahezu permanente Überwachung ausgewählter individueller physiologischer Parameter. Während die meisten Smartphones teilweise unbemerkt täglich physiologisch relevante Aktivitäten verfolgen, tun Träger von Activitytracker dies bewusst und verfolgen Fitnessziele, Belastungen und die entsprechenden Reaktionen des Körpers.

Indirekt erheben Personen mit diesen Geräten in einem nie gekannten Umfang arbeitsbezogene Daten zu Belastung, Beanspruchung und deren Auswirkung auf die individuelle Leistungsfähigkeit. Anbieter mobiler Betriebssysteme haben die Gesundheit als wichtigen Markt erkannt und integrieren entsprechende Aufzeichnungs- und Messsysteme als Standard. Erste Verträge mit Forschungseinrichtungen zur Auswertung solcher Daten wurden bereits geschlossen. Für die Arbeitswissenschaft bleibt der Zugang zu derartigen Datensammlungen aber bislang verschlossen.

Unabhängig von den cloudbasierten Auswertesystemen der Betriebssystementwickler bietet ein Teil der Hersteller von Activitytrackern eigene Auswerteschnittstellen, welche über ein Standardformat zur weiteren Auswertung herangezogen werden können. Während Sport-/Pulsuhren bereits seit längerem als ein Standard in Arbeitsstudien eingesetzt werden, stellte eine Studie der Westfälischen Hochschule die Frage ob sich aktuelle Activitytracker und um entsprechende Funktionen erweiterte Sportuhren in gleichem Maß als physiologische Messinstrumente für Arbeitsstudien einsetzen lassen bzw. einen Mehrwert bieten.

Im Vergleich zu herkömmlicher arbeitswissenschaftlicher Messtechnik sind diese Geräte preiswert, funktionell lernfähig, problemlos mit verschiedenen mobilen Endgeräten zu koppeln und stellen während des Trageprozesses kaum eine

Belastung dar. Als zusätzlicher Vorteil erscheint die Möglichkeit physiologisch und gesundheitsrelevante Daten durch einen Nichtmediziner, beispielsweise durch einen Ingenieur, erheben und auswerten zu lassen.

2. Thesen zum Einsatz von Activitytracker und Sportuhren in der Arbeitsanalyse

Im Mittelpunkt der Untersuchungen standen häufig genutzte Activitytracker bzw. Sportuhren im Preisbereich von 50 – 350 Euro. Zu den Kernfunktionen dieser Geräte gehören die Ermittlung der Schrittzahl, der zurückgelegten Distanz und die Bestimmung des Energieumsatzes. Je nach Ausbaustufe sind einige Geräte in der Lage Höhendifferenzen, die Herzfrequenz, den Sauerstoffgehalt im Blut sowie das aktuelle Aktivitätsniveau zu bestimmen und aufzuzeichnen. Zusätzlich lassen sich bei einigen Sportuhren für die Bestimmung der Dauerleistungsgrenze relevante Messprogramme, zur Ermittlung der maximalen Sauerstoffaufnahme VO_{2max} sowie der anaeroben Schwelle nutzen. Folgende Thesen wurden aufgestellt:

These 1: Activitytracker eignen sich in Langzeitstudien zur Ermittlung der physiologischen Gesamtbelastung im Arbeitsprozess.

These 2: Im Rahmen der Belastungsermittlung lassen sich Schrittzahlen und Distanz bei wechselnden Arbeitsaufgaben z.B. in der Logistik mit geringem Kontrollaufwand bestimmen.

These 3: Belastungsparameter lassen sich im Gerät direkt mit Beanspruchungsindikatoren koppeln und erlauben so die Analyse möglicher Auswirkung auf den Trainings- und Gesundheitszustand eines Mitarbeiters.

These 4: Die Überwachung mittels Activitytracker gestattet ein zeitnahes Arbeitsschutzkonzept bei besonders belastenden Tätigkeiten.

These 5: Das Tragen von Activitytracker erzeugt beim Nutzer ein höheres Maß an Eigenreflexion von Belastungen mit direkter Auswirkung auf das individuelle Gesundheitsbewusstsein.

These 6: Die Ermittlung von Beanspruchungsdaten ist im Rahmen der informationellen Selbstbestimmung kritisch zu hinterfragen. Besonders zu beachten sind Systeme die Messdaten in einer Daten-Cloud speichern.

3. Entwicklung einer Prüfsystematik

Zur Prüfung der aufgestellten Thesen wurden sowohl eine Reihe von Geräten ausgewählt als auch Prüfscenarien entwickelt. Bei der Auswahl der Geräte standen die technische Eignung und ein hoher Verbreitungsgrad der Activitytracker im Fokus. Die ursprüngliche präferierte Auswahl auf der Basis von Testberichten wurde verworfen, nach dem Geräte in den Rankings verschiedener Testmagazine unterschiedlich bewertet wurden. Für die Gestaltung des Versuchsdesigns sollten Arbeitssituationen mit unterschiedlichen physischen Anforderungen im Mittelpunkt stehen.

3.1 Geräteauswahl

Bei der Geräteauswahl kamen die zum Zeitpunkt der Studie stärksten nachgefragten Geräte zum Einsatz. Eine Übersicht der im Test verwendeten

Messmöglichkeiten findet sich in Tabelle 1. Ausgewählt wurde der Tracker A, der als Clip z.B. am Hosenbund getragen wird. Dieser Activitytracker wurde durch zwei am Arm zu tragende Bänder (B und C) eines Wettbewerbers mit abweichenden Ausstattungsmerkmalen ergänzt.

Zusätzlich kamen zwei Sportuhren zum Einsatz. Das Modell D gilt als Referenz und arbeitet klassisch mit einem Brustgurt zur Herzfrequenzmessung und GPS. Sportuhr Modell E nutzt zur Herzfrequenzbestimmung einen optischen Sensors der nach dem Photoplethysmographie- Verfahren (PPG) arbeitet. Sportuhr E verfügte neben einem GPS-Modul über einen Beschleunigungssensor zur Distanz- und Schrittzahlermittlung. Das Gerät vereint Technologien der Activitytracker mit der Ausstattung einer Sportuhr. Ein zusätzlich am Schuh anbringbarer Beschleunigungssensor kann mit der Sportuhr E gekoppelt werden, um die Genauigkeit der Aufnahmen zu verbessern. Außerhalb des direkten Vergleiches kam ein im Ohr zu tragendes Messsystem für Herzfrequenz und Körperkerntemperatur zum Einsatz. Bei diesem Gerät sind Distanz und Schritte durch ein anderes Messsystem (z.B. Smartphone) zu bestimmen. Ein Teil der Geräte ist in der Lage die Messdaten in einer csv-Datei abzulegen. Mit dieser Option ist keine Nutzung der Daten-Cloud notwendig, außerdem kann die Auswertung nach eigenen Ansprüchen erfolgen.

Tabelle 1: Übersicht der getesteten Messsysteme

| | Schrittzahl | Distanz | Herzfrequenz | Energieumsatz |
|---------------------|-------------|------------------|---------------|---------------|
| Tracker A | ✓ | ✓ (Schrittlänge) | ✓ (Finger) | ✓ |
| Tracker B | ✓ | ✓ (Schrittlänge) | - | ✓ |
| Tracker C | ✓ | ✓ (Schrittlänge) | ✓ (Optisch) | ✓ |
| Sportuhr D | - | ✓ (Schrittlänge) | ✓ (Brustgurt) | ✓ |
| Sportuhr E.1 | ✓ (Intern) | ✓ (Schrittlänge) | ✓ (Optisch) | ✓ |
| Sportuhr E.2 | ✓ (Intern) | ✓ (GPS) | ✓ (Optisch) | ✓ |
| Sportuhr E.3 | ✓ (Extern) | ✓ (GPS-Schritt) | ✓ (Optisch) | ✓ |
| ImOhr F | - | - | ✓ (Optisch) | - |

3.2 Testdesign

Um die Eignung von Activitytracker unter verschiedenen Einsatzszenarien zu prüfen wurden sechs Versuche definiert. Versuch 1 und 2 untersuchen die Genauigkeit, unter den Bedingungen für welche die verwendeten Sportuhren im Grundsatz konzipiert sind. Weitere Versuche sollten verschiedene Arbeitssituationen simulieren.

Tabelle 2: Übersicht der durchgeführten Tests

| | Beschreibung |
|------------------|---|
| Versuch 1 | Umlaufen eines frei liegenden Platzes mit definierter Streckenlänge |
| Versuch 2 | Laufen über eine Strecke von 6km bei 200m Höhenunterscheid |
| Versuch 3 | Bewegung in einem massiven Gebäude mit Wechsel zwischen Etagen |
| Versuch 4 | Bewegung in einer Werkhalle und im Freigelände |
| Versuch 5 | Sitzende Tätigkeit (Büro) |
| Versuch 6 | Arbeiten in einem Montagebereich mit kurzen Wegstrecken |

Zur Absicherung der Ergebnisse aus den Versuchsreihen wurden diese Tests von mehreren Personen mit Unterschieden im Körperbau (z.B. Schrittlänge, Kondition, Konstitution usw.) und Geschlecht durchgeführt.

4. Ergebnisse der Studie

4.1 Bestimmung von Wegelängen

Wegelängen sind für Arbeitsstudien ein wichtiger Aspekt zur Beurteilung der Belastung und Effizienz einer Tätigkeit. Wegelängen können sowohl der Nachweisführung arbeitsbedingter Bewegungsarmut als auch überdurchschnittlicher Belastungen dienen. Activitytracker und Sportuhren eignen sich in besonderem Maß zur Nachweisführung der Belastung bei stochastisch auftretenden Aktivitäten.

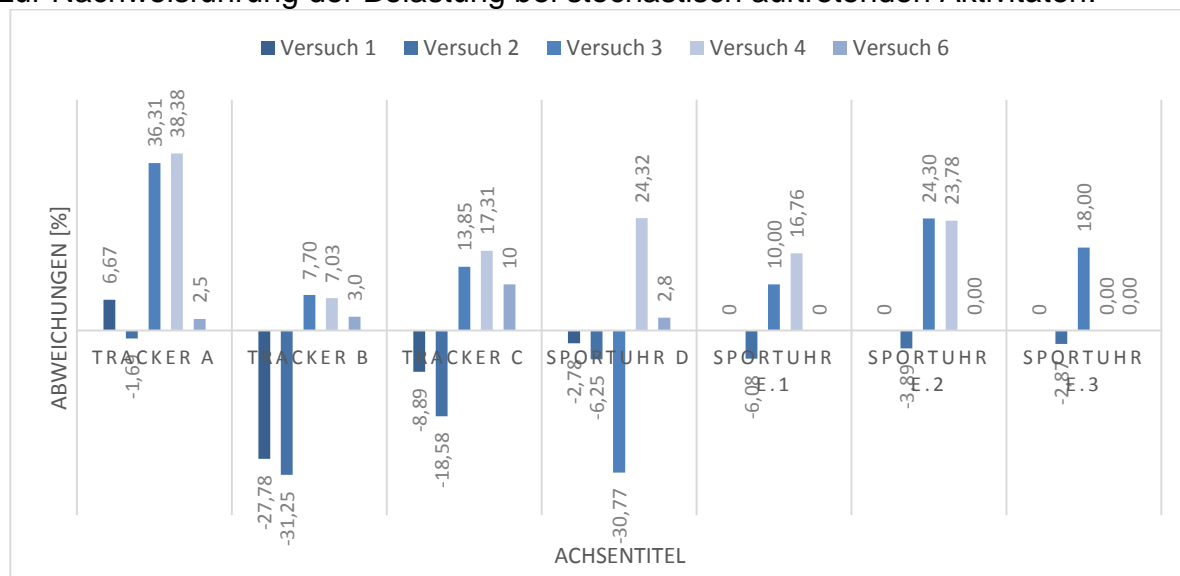


Abbildung 1: Abweichung der vom jeweiligen Gerät gemessenen Weglänge in % zur realen Strecke in unterschiedlichen Testszenarien

Die Auswertung der Messergebnisse zeigt kein einheitliches Bild. Als Trend ist festzustellen, dass die Messergebnisse mit zunehmender Streckenlänge genauer werden. Im freien Raum weisen die GPS gestützten Messungen die höchste Genauigkeit aus. In Gebäuden sind dagegen die Ergebnisse von Systemen mit Bewegungssensoren deutlich besser. Sehr gute Ergebnisse erzielt die Kombination beider Messsysteme bei Sportuhr E.3. Dieser Effekt ist auf die automatisierte Korrektur der Schrittweite während der Phasen eines guten GPS-Empfangs zurückzuführen. Abweichungen entstehen, wenn das System versucht sich bei ungünstigen Empfangsbedingungen über das GPS neu zu kalibrieren.

Mit Ausnahme der Konfiguration von Sportuhr E.3 weisen die Messungen deutliche Abweichungen auf. Arbeitet man immer mit dem gleichen Gerät, so lassen sich aber auch bei den ungenaueren Activitytrackern auswertbare Trends ableiten. Ein Teil der Geräte erlaubt die Kalibrierung Schrittlänge. Bei entsprechender Möglichkeit sollte dieses Feature unbedingt genutzt werden.

4.2 Bestimmung der Schrittzahl

Alternativ zur Wegelänge lassen sich Schrittzahlen als orientierender Belastungsindikator nutzen. Für die Technik der Messgeräte hat dies den Vorteil, dass unterschiedliche Schrittweiten bei der Analyse der Belastung ignoriert werden, die Erhebung stützt sich ausschließlich auf die Messungen eines oder mehrerer

Beschleunigungssensoren. In Abhängigkeit der Befestigung des Systems können Fehler durch Bewegungen, welche nicht auf Schritte zurückzuführen sind, entstehen.

Im Rahmen des Gesundheitsmanagements gilt das Erreichen von täglich 10.000 Schritten (vgl. Charité 2015, Tikkanen 2012) als wichtiger Indikator einer gesunden Lebensweise und kann damit Teil eines Belastungsvergleiches im betrieblichen Gesundheitsmanagements sein. Die autarke Schrittermittlung während es Arbeitstages existiert mit klassischen Schrittzählern schon seit längerem. Die betrachteten Geräte ermöglichen das Zählen der Schritte mit zusätzlichen Daten zu verknüpfen und erlauben erweiterte Auswertemöglichkeiten bzw. Gestaltungsansätze.

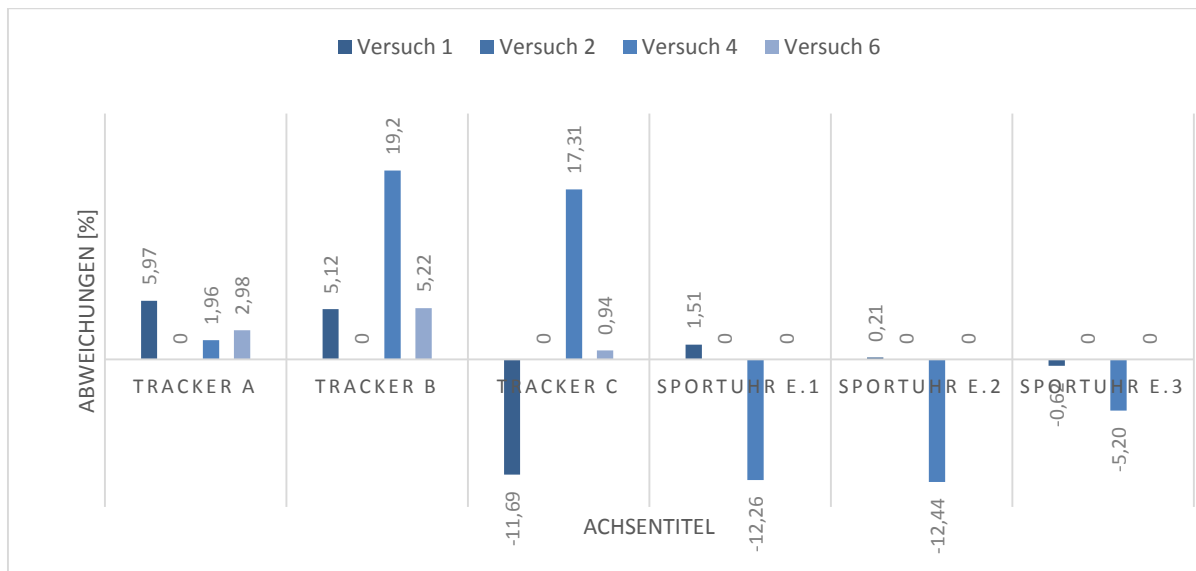


Abbildung 2: Abweichungen der von den Messgeräten ermittelten Schritte im Vergleich zu den tatsächlich gezählten Schritten.

Die Messergebnisse der Schrittzähler waren deutlich besser als die Erhebungen der Wegstreckenlängen. Die höchste Messgenauigkeit bei den Activitytrackern erreichte der als Clip zu tragenden Activitytracker A.

Da nur die Sportuhr E über eine entsprechende Messtechnik verfügte, wurden die drei in Tabelle 1 beschriebene Messvarianten verglichen. Mit einer Abweichung weist die Sportuhr die besten Messergebnisse der verglichenen Geräte auf. Wie bei der Analyse der Wegelänge wurde das beste Ergebnis durch die Kombination aller verfügbaren Sensoren erreicht. Die Messkonfiguration Sportuhr E.3 erzielte die besten Messergebnisse.

4.3 Ermittlung von Herzfrequenz, Körperkerntemperatur und Energieumsatz

Alle verwendeten Geräte mit Herzfrequenzmessung errechnen mit eigenen Algorithmen den Energieumsatz auf Grundlage dieser Messdaten. Aus diesem Grund werden an dieser Stelle die ermittelten Energieumsätze nicht näher behandelt.

Während Systeme mit Brustgurt anerkannt genaue EKG-Werte liefern, standen die relativ neuen und für die Durchführung einer Arbeitsanalyse vorteilhaften optischen Messsysteme nach dem Photoplethysmographie - Verfahren (PPG) im Mittelpunkt.

Wie auch in anderen Studien (Abdullah Alzahraniet al. 2014) lag die Abweichung bei etwa 5%. Auffällig ist dabei die zeitverzögerte Reaktion der Sportuhr. Ähnlich

stellten sich die Ergebnisse für den mit einem ähnlichen Messsystem ausgestatteten Activitytracker C und dem „Im Ohr-System F“ mit optischer Puls- und Temperaturmessung dar. Festzustellen ist, dass ein Einhalten der Hinweise zum Tragen eines Activitytracker die Grundlage für exakte und nachvollziehbare Messeergebnisse darstellt. So muss bei der optischen Herzfrequenzmessung das Band eng am Handgelenk getragen werden. Prinzipiell sind die getesteten Messsysteme für Arbeitsstudien verwendbar.

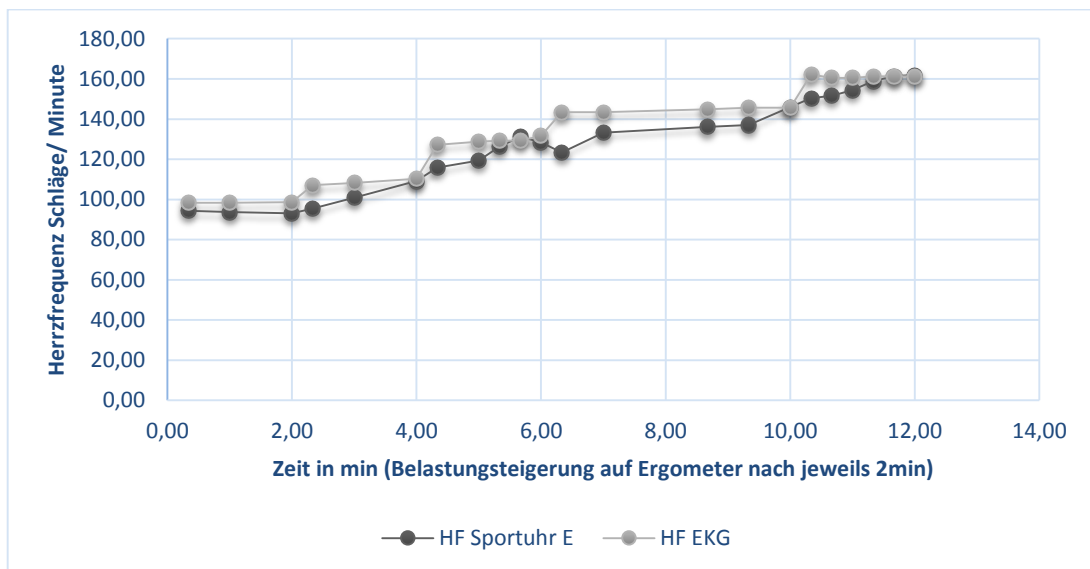


Abbildung 3: Vergleich der gemessenen Herzfrequenz von Sportuhr E zu einem Leistungs-EKG

5. Diskussion und Fazit

Zusammenfassend eignen sich die untersuchten Activitytracker und Sportuhren prinzipiell für die Durchführung von Arbeitsstudien zur Ermittlung physiologischer Belastungen und den sich daraus ergebenden Beanspruchungen. Die Qualität der Ergebnisse lässt Wünsche offen und kann nicht jeden Anspruch einer geplanten Arbeitsanalyse erfüllen. Ergebnisse, die auf einer Verknüpfung der Messung von mehreren Sensoren basieren, liefern die genaueren Ergebnisse. Wie bei smarten Geräten üblich, wurden im Nutzungszeitraum mehrfach Updates mit Verbesserungen und Funktionserweiterung eingespielt. In der Folge konnten teilweise deutliche exaktere Messergebnisse festgestellt werden.

6. Literatur

- Abdullah Alzahrani, Sijung Hu, Vicente Azorin-Peris, Laura Barrett, Dale Esliger, Matthew Hayes, Shafique Akbare, Jérôme Achart & Sylvain Kuoch (2015) A Multi-Channel Opto-Electronic Sensor to Accurately Monitor Heart Rate against Motion Artefact during Exercise; In: Sensors 2015, 15, 25681-25702
- Charité Universitätsmedizin Berlin, Projekt „10.000 Schritte im Land der Ideen“. Zehntausendschritte.de, abgerufen 10.12.2015
- Olli Tikkanen, Piia Haakana, Arto J. Pesola, Keijo Hakkinen, Timo Rantalainen, Marko Havu, Teemu Pullinen, Taija Finni (2012): „Muscle Activity and Inactivity Periods during Normal Daily Life“, Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports. 2012.