

## Die Selbstvermessung der Arbeitswelt

Torsten MERKEL

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

**Kurzfassung:** Smartphones, Wearables und weitere sogenannte Gadgets bieten aus arbeitswissenschaftlicher Sicht eine Vielzahl interessanter Funktionalitäten, die für die Verbesserung von Ergonomie, Arbeits- und Gesundheitsschutz im betrieblichen Umfeld geeignet erscheinen. Bereits heute findet der Einsatz dieser Kleincomputer zunehmend im industriellen Kontext statt. Die stetige Weiterentwicklung der Funktionalität sowie die Zahl verbauter Sensoren und die Möglichkeit zur Kopplung verschiedener Erfassungssysteme mit einem Smartphone lässt immer neue Einsatzszenarien entstehen. Neben der Möglichkeit der Messung von Arbeitsumweltfaktoren lassen sich mit Hilfe geeigneter Applikationen auf Smartphones auch physische und psychische Belastungen verfolgen und bewerten. Die Geräte dienen als Zugang für Wissen und Können bei verschiedenen Entscheidungen des Arbeitsablaufes unterstützend eingesetzt werden. Immer mehr Menschen sammeln ihre individuellen Daten. Diese Bewegung unter dem Namen „Quantified Self“ ist einerseits für die Arbeitsgestaltung interessant, andererseits birgt dieser Absatz eine Reihe von Risiken.

Der Beitrag setzt sich mit heutigen und künftigen Szenarien für den Einsatz von Smartphones und Wearables auseinander. Dabei werden die Qualität und Bewertbarkeit der zu erhebenden Daten an ausgewählten Beispielen diskutiert. Im Mittelpunkt stehen neben den Möglichkeiten der Erhebung individueller und arbeitsbezogener Daten auch die mit solcher Technik verbundenen Chancen der cloudbasierten Zusammenführung von Belastungsprofilen, aber auch die Probleme des Datenschutzes und des Grundsatzes zur Selbstbestimmtheit der Nutzung und Weitergabe individueller Daten.

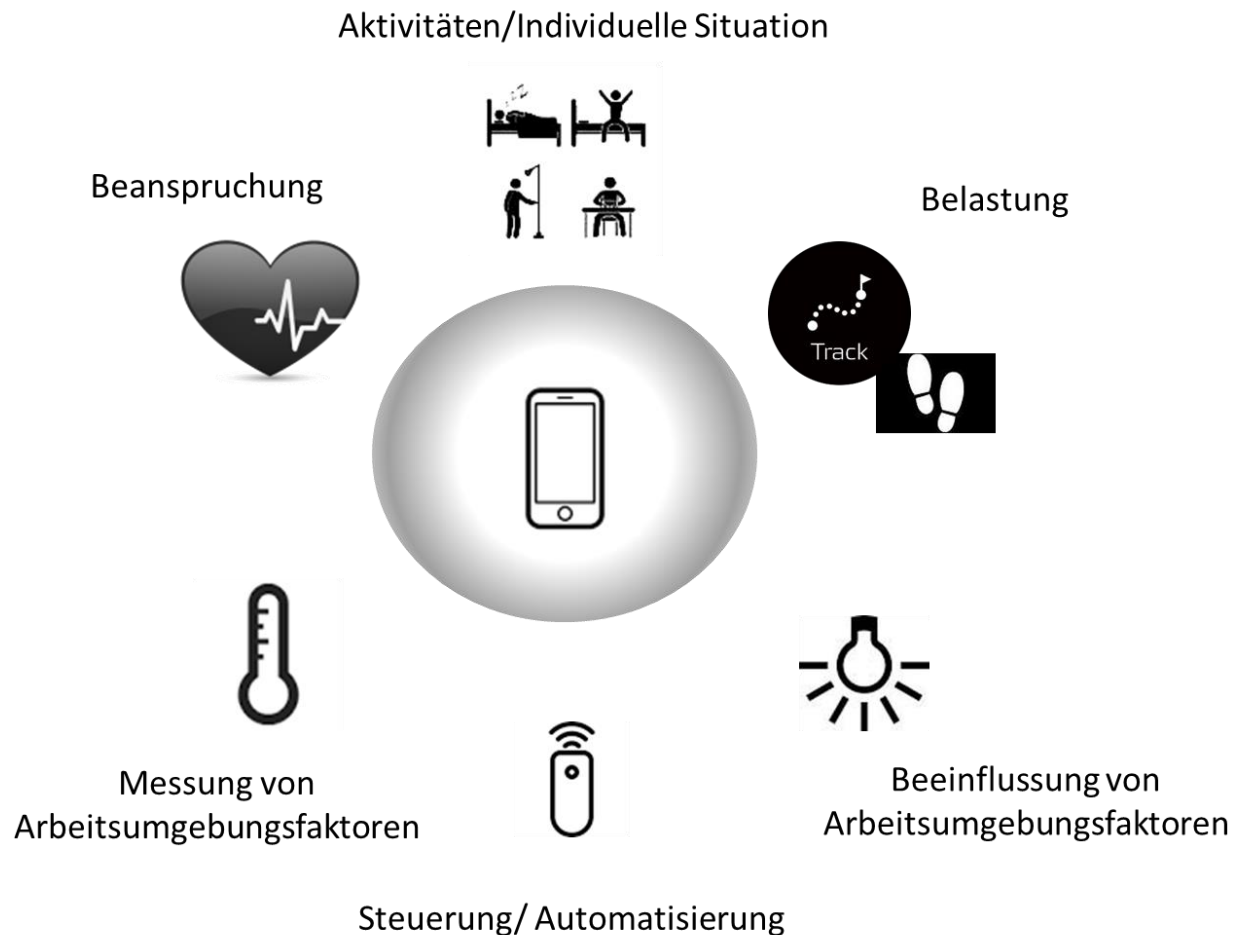
**Schlüsselwörter:** Smartphone, Selftracking, Selbstoptimierung, Wearables, Belastung, Beanspruchung, Datenschutz

### 1. Motivation und Vorgehensweise

Smartphones, Wearables, Gadgets, Internet der Dinge, Industrie 4.0, aber auch demografischer Wandel, Work-Life-Balance, Dauerstress und Burn-Out sind zu Schlagworten des heutigen Arbeitslebens geworden (Hartmut-Hirsch-Kreinsen, 2014).

Motivation des Beitrages ist, es sich mit Einsatzszenarien für Smartphones und Wearables aus arbeitswissenschaftlicher Sicht und dem Zusammenwirken dieser Aspekte auseinanderzusetzen, um Chancen, Entwicklungstrends, Probleme und Grenzen des Einsatzes der immer näher an den Nutzer heranrückenden mobilen Informations- und Kommunikationstechnologien zu betrachten.

Die in Abbildung 1 dargestellten möglichen Anwendungsgebiete für smartphone-gestützte Arbeitsanalysen und -gestaltungen sollen im Beitrag näher beschrieben werden. Neben der Erfassung und Steuerung von Arbeitsumweltfaktoren können auch Belastungen und Beanspruchungen sowie die damit verbundene Aktivität des Menschen gemessen werden.



**Abbildung 1:** Anwendungsfelder einer smartphonegestützten Arbeitsanalyse und -gestaltung;  
Quelle: eigene Darstellung

Der Beitrag setzt sich mit folgenden Fragestellungen auseinander:

- Messung, Bewertung und Steuerung von Arbeitsumgebungsfaktoren,
- Messung physischer Arbeitsparameter anhand der Aktivitäts- und Beanspruchungsmessung,
- Mögliche Anwendungsszenarien für arbeitswissenschaftlichen Fragestellungen sowie
- die in diesem Zusammenhang und dem Einsatz von Smartphones und Wearables verbundenen rechtlichen Fragestellungen.

Die Reihenfolge der Schwerpunkte richtet sich neben den benannten Anwendungsbereichen nach der Daten- und Faktenlage. Während also für die Messung von Arbeitsumweltfaktoren umfassende Analyseergebnisse zur Verfügung stehen, bestehen im Bereich der Interpretation von Belastungsdaten noch größere Analysebedarfe.

Um sich dem Thema zu nähern, wurden die vorgenommenen Analysen nach einem standardisierten Vorgehensmodell durchgeführt. Hierbei wurde in Anlehnung an Schmidtke (1993) folgenden Schritte angewendet:

1. Analyse aktueller Technik, welche im oder für Smartphones /Tablets angeboten werden.
2. Ableitung möglicher Einsatzbereiche im Sinne der Arbeitsanalyse und Definition von Zielen für den Einsatz der Technik.
3. Entwicklung eines empirischen Versuchsmodells für den Alltagseinsatz der Messtechnik durch Laien. Konkret sind „Dritte“ aufgefordert, entsprechende Messungen nach eigenem Ermessen durchzuführen und eine erste Auswertung und Interpretation der Messergebnisse vorzunehmen.
4. Entwicklung und Durchführung laborativer und nach wissenschaftlichen Ansprüchen valider Messreihen, um die Technik unter reproduzierbaren Rahmenbedingungen zu testen.
5. Bewertung der Ergebnisse und Beurteilung der Technik bezüglich möglicher Einsatzfelder.
6. Zusammenführen der Einzeluntersuchungen zu möglichen Einsatzszenarien.

Dieses Vorgehensmodell wurde für die Messung von Arbeitsumgebungsfaktoren und ausgewählte Messungen von Belastung und Beanspruchung genutzt. Da sich die betrachteten Technologien in Bezug auf Hard- und Software permanent weiterentwickeln, ist die sukzessive Erweiterung des Funktionsumfangs smartphonegestützter Arbeitsdaten zu erwarten. Während für die Messung von Arbeitsumweltfaktoren umfangreiche Analyseergebnisse vorhanden sind, bestehen im Bereich der Interpretation von Belastungsdaten noch größere Analysebedarfe.

## 2. Stand der Technik

Im Folgenden sollen betrachtete Technologien vorgestellt werden, welche theoretisch für eine wissenschaftliche Analyse von Arbeitssituationen in Frage kommen.

**Tabelle 1:** „smarte“ Technologien für Analytik menschlicher Arbeit unter Einsatz v. Kleincomputern, Quelle: Eigene Darstellung

Technologie (Auswahl)	Anwendungsbereiche
<b>Sensorik im Smartphone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schallpegelbestimmung</li> <li>• Beleuchtungsmessung</li> <li>• Schwingbeschleunigung</li> <li>• Schrittzähler</li> <li>• Temperaturmessung</li> <li>• Messung der relativen Luftfeuchte</li> <li>• Aufenthaltsort (GPS-Position)</li> </ul>
<b>Activity-Tracker</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schrittzähler</li> <li>• Weglänge</li> <li>• Aktivitätsphasen</li> <li>• Höhendifferenz</li> <li>• Herzfrequenzmessung</li> </ul>

<p><b>Health-Kit (mit Bio-Feedback)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Herzfrequenzmessung</li> <li>• Messung Sauerstoffgehalt im Blut</li> <li>• Lungenvolumenmessung</li> <li>• EEG</li> <li>• Blutzucker</li> <li>• Gehirnströme</li> <li>• Gewicht</li> <li>• Körperkerntemperatur</li> <li>• Blutdruck</li> </ul>
<p><b>Spezielle Messsysteme</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blickbewegungsanalyse</li> <li>• Elektromyografische Messung zur Muskelaktivität</li> <li>• Smart Clothes / Textilien</li> </ul>
<p><b>Klimamesssysteme</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperatur</li> <li>• Luftfeuchtigkeit</li> <li>• CO<sub>2</sub>-Anteil</li> <li>• Schallpegel</li> <li>• Luftdruck</li> <li>• IP-Kamera (Raumüberwachung)</li> <li>• Rauchmelder</li> </ul>
<p><b>Smart-Home</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Heizung</li> <li>• Lüftung</li> <li>• Beleuchtung</li> <li>• Elektrische Schaltungen (Gerätesteuerung)</li> </ul>

Wie Tabelle 1 und Abb.1 zeigen, stehen mittlerweile unter Verwendung der aktuellen Smartphone-Generationen zahlreiche Möglichkeiten zur Durchführung von Studien der Arbeitsumgebungsfaktoren bzw. der Belastungs-Beanspruchungssituation zur Verfügung. Die Systeme sind hinsichtlich ihres Einsatzes nicht primär auf die Arbeitsanalytik ausgerichtet.

### 3. Messung und Gestaltung von Arbeitsumweltfaktoren

#### 3.1 Schallpegelmessung

Alle Smartphones sind mit einem Mikrofon ausgerüstet, dessen primäre Aufgabe in der Sprachkommunikation liegt. Zahlreiche Applikationen führen bei den Besitzern der Geräte zur Annahme, dass sich hinter einer häufig, wie ein professionelles Messgerät gestalteten Oberfläche einer Applikation, auch ein solches exaktes Messgerät befindet.

Im Ergebnis der sowohl empirischen als auch im Labor durchgeführten Untersuchungen muss von einer allgemeinen Einsatzfähigkeit aktuell abgeraten werden. Beim Einsatz gleicher Applikationen auf verschiedenen Smartphones, wie auch bei der Verwendung verschiedener Lärm-Applikationen auf einem Smartphone, sind mehrheitlich hohe Messabweichungen feststellbar (Spitzhirm et al., 2015a). Der messtechnisch erfassbare Bereich ist zudem stark eingeschränkt. Nur in Ausnahmefällen, vorzugsweise mit Zusatzmikrofonen wie auch einem

messtechnischen Abgleich mit professionellen Messgeräten, ist eine orientierende Schallpegelmessung mit ausgewählten Smartphones und Applikationen möglich. Dies bestätigen auch Untersuchungen von Kardous & Shaw (2014).

### *3.2 Beleuchtungsmessung*

Das Niveau der Beleuchtungsmessung ist mit den Ergebnissen der Schallpegelbeurteilung vergleichbar. Im Gegensatz zur Messung von Lärm sind die gemessenen Abweichungen zwischen Applikationen wesentlich geringer (Spitzhirn et al., 2015a). Zwischen verschiedenen Smartphones sind jedoch erhebliche Schwankungen feststellbar, die nur teilweise durch eine Kalibrierung behoben werden können. Dies schränkt die Verwendbarkeit stärker ein.

### *3.3 Klimamessung*

Ein wesentlicher Leistungsfaktor sind die klimatischen Rahmenbedingungen einer Arbeitsumgebung. Dabei können unter Einsatz von Smartphones mit speziell verbauter Sensorik unter labortechnischen Bedingungen nutzbare Ergebnisse erzielt werden. So entstehen beim Zugriff auf die Daten der intern verbauten Sensorik Beeinflussungen durch die Abwärme des Smartphones. Das kann zu Abweichungen der Temperatur- und Luftfeuchtheitsmessung führen, welche bei der Auswertung der Daten zu beachten sind. (Spitzhirn et al., 2015a; Spitzhirn et al., 2015b)

Aus diesem Grund sind externen Sensoren bevorzugt einzusetzen, wobei auch hier auf die Qualität der verbauten Sensorik zu achten ist. So liefert ein getesteter externer Sensor nur mäßige Ergebnisse. Dagegen konnte eine getestete Messstation mit WEB-Anbindung gute bis sehr gute Messergebnisse erzielen. Während Temperatur, Luftfeuchte und Schall im Kommastellenbereich mit den Ergebnissen der eingesetzten Präzisionsmesstechnik übereinstimmten, wichen die Werte für den CO<sub>2</sub>-Gehalt der Umgebungsluft um bis zu 100ppm ab. Für eine trendorientierte Beurteilung der sich verschlechternden Atemluft reicht diese Aussage aber vollkommen aus.

### *3.4 Steuerung von Arbeitsumgebungsfaktoren*

Mittels sogenannter SMARTHOME-Systeme können gemessene Klimafaktoren über ein Netzwerk übertragen und gesteuert werden (RWE, 2015). Damit lassen sich entsprechende Umgebungsfaktoren mittels vordefinierten Grenzwerten beeinflussen. So können mit Hilfe der Systeme Thermostate, Lüftungsklappen oder Fenster automatisch geöffnet bzw. geschlossen werden.

Smartphone-Sensoren oder Messtechnik aus dem Feld des Internets der Dinge können in Kopplung mit geeigneter Steuerungstechnik gezielt für eine aktive Optimierung von Arbeitsumgebungsfaktoren genutzt werden. Aus Sicht der Arbeitsbelastung ergeben sich aber unterschiedliche Anforderungen an die Grenzbezugswerte. Diesbezüglich ist eine Erweiterung der Gesamtbetrachtung auf die Ermittlung physischer bzw. psychischer Belastungen/Beanspruchungen sinnvoll, was technisch ebenfalls möglich ist. (Leonardt et al. 2013)

## **4. Messung physischer Arbeitsparameter**

### *4.1 Messung von Arbeitsaktivitäten*

Der Hype der Activity-Tracker widerspiegelt den Wunsch vieler Menschen, bewusst und gesund zu leben. Dieser Anspruch bezieht sich in besonderem Maß auf das Arbeitsleben. Activity-Tracker existieren in vielen technischen Varianten und reichen von einfachen Schrittzählern über diverse Armbänder und Sticker bis hin zur Nutzung des Smartphones selbst. Während der klassische Schrittzähler keine weitere Auswertung zuließ, wurden mit der Entwicklung dieser Geräte zu Minicomputern zahlreiche weitere Auswertungsansätze, wie die Ableitung von Weglängen oder die verbrauchten Kalorien, möglich (Overfeld, 2015).

Einsatzmöglichkeiten für die Analyse von Arbeitstätigkeiten bestehen in der Ermittlung der während der Arbeitszeit zurückgelegten Schritte, der Auswertung zurückgelegter Kilometer, der bewältigten Treppenstufen sowie der Bewertung der Arbeitsschwere entsprechend der berechneten Kalorienzahl.

In den durchgeführten Tests führten personen- und laufgeschwindigkeitsabhängige Einflüsse zu unterschiedlichen Schrittlängen mit deutlichen Auswirkungen auf die ermittelte Weglänge. So wurden beim Vergleich zu den mit einem GPS-System ermittelten Streckenlängen Abweichung von 5 - 23% ermittelt. Einige Hersteller haben entsprechend reagiert und ergänzen ihre Systeme um GPS-Sensoren. Bei der Beurteilung der Weglängen in Gebäuden stellt die Ermittlung von Strecken mittels GPS allerdings keine Alternative dar.

Prinzipiell sind die Tracking-Systeme geeignet, um Trends der Arbeitsaktivität zu ermitteln. Außerdem lassen sich Phasen hoher und niedriger Aktivität sowie die zeitliche Verteilung bestimmen. Während Belastungen als Beschreibung der Rahmenbedingungen menschlicher Arbeit angesehen werden, werden für deren Wirkung auf die arbeitende Person Beanspruchungsindikatoren benötigt. Auch hier bieten die neuen Geräte eine Reihe von Analysemöglichkeiten.

### *4.2 Messung von Arbeitsaktivitäten*

Für die Beurteilung der Beanspruchung eines Arbeitsprozesses stellen vielen Systeme zusätzliche Sensoren zur Verfügung. Bereits seit langem können Puls- bzw. Herzfrequenz ermittelt werden, welche sich durch die zeitlich kontinuierliche Aufnahme mit den jeweiligen Belastungen koppeln und sich so in Bezug zur ausgeführten Tätigkeit auswerten lassen. Durch den Einsatz optischer Erkennungssysteme fällt bei einigen Erfassungssystemen mittlerweile die Notwendigkeit des Tragens eines Brustgurtes weg, was die Akzeptanz solcher Messungen deutlich verbessert. Die Ergebnisse dieser Messungen können nach vergleichenden Messungen mit fünf unterschiedlichen Systemen als hinreichend genau eingeordnet werden.

Für besondere Belastungen stehen in einigen speziellen Systemen, wie Trackern oder Smart-Clothing, zusätzliche Sensoren und Auswertungsmöglichkeiten, wie die Pulsoxymetrie bis hin zu einem kompletten EEG, zur Verfügung. Die Genauigkeit und der damit mögliche Einsatzzweck solcher Systeme für die Arbeitsanalyse müsste in Zusammenarbeit mit Medizinern umfassend geprüft werden.

Die Tracker werden durch Systeme zur elektromyografischen Beurteilung der muskulären Beanspruchung oder ein sich neu abzeichnender Bereich des SmartClothing, welche Atemvolumen, muskuläre Beanspruchungen oder

Druckeinleitung z.B. im Fersenbereich ermitteln, ergänzt.

Einen weiteren Ansatzpunkt bieten Systeme, wie MUSE (Quelle), welche die Gehirnstromaktivitäten messen, um die geistige Beanspruchung bzw. Aktivierung zu ermitteln.

Wie die hier genannten Beispiele zeigen, sind vielseitige Messsysteme am Markt, welche sich mit dem Smartphone koppeln lassen.

#### *4.3 Möglichkeiten der Arbeitsgestaltung bei der Anwendung von SMART-Health-Systemen*

Im Zusammenspiel der bislang vorgestellten Systeme lassen sich komplexe Zusammenhänge des Arbeitslebens erfassen und hinsichtlich ihrer Wirkung auf die arbeitende Person beurteilen. Die Daten ermöglichen es, Modelle möglicher Wechselwirkungen, welche bisher einzelnen Fachdisziplinen in ihrer Betrachtung vorbehalten waren, zusammenzuführen und neue Schlüsse zu ziehen. In der Folge lassen sich eine Reihe Impulse für die Arbeitsgestaltung ableiten.

Als problematisch ist die teilweise geringe Messgenauigkeit der erhobenen Messdaten zusehen. In einem komplexen Modell mit gegenseitig bedingten Rahmenbedingungen kann es hierdurch zu Fehlinterpretationen kommen. Neben einer begleitenden Evaluierung der Modelle zur Messung arbeitsrelevanter Daten in Anhängigkeit der konkreten Situation, ist eine interdisziplinäre Vorgehensweise unumgänglich.

### **5. Die Selbstvermessung der Arbeit**

Die vorangegangenen Kapitel haben gezeigt, dass smartphonegestützte Einsatzszenarien zur Beurteilung von Arbeitssituationen große Möglichkeiten offerieren, welche zumindest mit Skepsis zu betrachten sind. Folgt man dem Trend von Menschen, welche sich an der im Umfeld der „Quantified Yourself“ bewegen, dann überschreiten diese Personen schnell die Grenze der Analyse ihrer Freizeit- und Fitnessaktivitäten. Unterstützt durch erste Programme von Versicherern und dem Megatrend der Vermischung von Arbeit und Freizeit verschwimmt der Fokus auf den eigentlichen Einsatzbereich und wirkt unmittelbar auf das Arbeitsverhalten.

Betrachtet man diese Entwicklung aus dem Blickwinkel des Individuums so lassen sich positive und negative Wirkungen ableiten, welche in direkter Kopplung zur Betriebs- und Führungskultur stehen.

Im positiven Sinn kann ein solcher Ansatz das individuelle Bewusstsein für eine gesündere Lebensweise verbessern. Wenn dies akzeptiert wird, aktivieren Wearables zu Bewegung, Unterbrechung einseitiger Belastungen oder informieren über besonders belastenden Situationen. Besteht durch die Arbeitsorganisation keine Möglichkeit, die durch den elektronischen Helfer empfohlenen Belastungswechsel wahrzunehmen, entsteht aus der Selbstüberwachung eine Stresskomponente, welche im Vorfeld nicht vorhanden war. Weiter Fehlerquellen sind durch falsche Aussagen hinsichtlich der tatsächlichen Belastung oder sich verschlechternde Vitalwerte möglich. Schlussfolgernd bedarf es eines ganzheitlichen Gestaltungsansatzes, z.B. im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagement, um die positiven Effekte eines solchen Systems auszubauen und zusätzliche Belastungen zu vermeiden.

Für eine solche Vorgehensweise ist Transparenz notwendig. Dies bedeutet, dass beispielsweise der unmittelbare Vorgesetzte Informationen zum Beanspruchungsempfinden von Mitarbeitern erhält, um eine Einflussnahme auf die Belastungssituation durch den Mitarbeiter zu akzeptieren oder selbst aktiv zu werden. Mit dem Recht auf informationelle Selbstbestimmtheit stehen einem solchen Ansatz zumindest grundsätzliche rechtliche Grenzen gegenüber, da ein Missbrauch sowie die Fehlinterpretation von Daten durch Laien zu großem Schaden für jeden Einzelnen führen kann.

## **6. Rechtliche Aspekte**

Eine technische Überwachung, und dazu zählen die beschriebenen Messverfahren, bedarf der Zustimmung der betroffenen Personen. In der Regel stellt sich in diesem Zusammenhang die Messung von Arbeitsumgebungsfaktoren weitgehend unproblematisch dar, da diese nicht direkt am Menschen gemessen werden und zudem keine Leistungserfassung darstellen. Durch die Kombination verschiedener Sensoren und der Durchführung von Dauermessungen, lassen sich neben den eigentlichen Daten der Arbeitsumgebung weitere Schlussfolgerungen hinsichtlich der anwesenden Personenzahl bzw. der Aktivitäten im Arbeitsraum ableiten. So lassen sich mit einer multifunktionellen Klima-Mess-Station durch das sprunghafte Ansteigen der CO<sub>2</sub>- oder Schallwerte entsprechende Schlussfolgerungen ziehen. In einzelnen Systemen wurde zusätzlich eine Kamera integriert, welche auch eine bildhafte Überwachung ermöglicht. Bei all diesen Erhebungen ist eine Zustimmung der Arbeitnehmer / Betroffenen nach § 87 Abs. 1 Nr. 6 BetrVG notwendig.

Belastungs- und Beanspruchungsanalysen gehen hier noch einen Schritt weiter. Entsprechende Daten sind nur mit Technik zu ermitteln, welche unmittelbar am Körper getragen wird. So ermitteln eine Reihe von Activity-Tracker neben Schrittzahlen, Weglängen oder bewältigten Treppenstufen auch Herzfrequenz, Sauerstoffanteil im Blut und andere Indikatoren, welche Rückschlüsse auf die Beanspruchung und Leistungsfähigkeit der Testpersonen erlauben. Die Interpretation solcher Ergebnisse ist angesichts der teilweise hohen Messgenauigkeiten der getesteten Systeme, aber vor allem in Bezug auf die Persönlichkeitsrechte eines Arbeitnehmers, hochgradig bedenklich.

Zu den größten Handicaps der vorgestellten Erhebungsverfahren zählt die Datensicherheit, unabhängig von der unmittelbaren Kopplung eines Sensors mit dem Mobiltelefon oder Tablet über Bluetooth oder andere Nahfunktechnologien. Insbesondere die für die Auswertung der Trackingsysteme meist notwendige Verbindung mit WEB-Tools bedeutet, dass sensible Daten in das Internet übertragen und auch dort gesammelt werden. Eine solche unternehmensspezifische Sammlung von Belastungs- und Beanspruchungsdaten sollte zumindest kritisch gesehen werden.

Zusammenfassend bestehen wesentliche Bedenken in rechtlicher Sicht in der Nutzung von Smartphones. Insbesondere die Datensicherheit sowie der mögliche Missbrauch der Daten stellen hohe Hürden an die Nutzung von Smartphones und Wearables zur arbeitswissenschaftlichen Untersuchung von Arbeitsprozessen.



## **7. Anwendungsszenarien**

Die Kombination verschiedener an ein Smartphone gekoppelter Sensoren erlaubt die Zusammenführung diverser Einzeldaten in einem Gerät mit gemeinsamer zeitlicher Fortschreibung. Problemlos sind Aufnahmen über einen ganzen Arbeitstag in unterschiedlichen Arbeitsbereichen möglich.

Der Einsatz von Smartphones und Trackersystemen in Kombination mit einer mobilen Kamera ermöglicht die lückenlose Analyse des Arbeitstages beispielsweise eines Logistikmitarbeiters. Dabei lässt sich die Zahl der zurückgelegten Schritte, die Reaktion des Herz-Kreislaufsystems auf manuelle Lastenhandhabungen, Körperbewegungen oder auch die mit einem Gabelstapler gefahrenen Strecken ermitteln. Anhand der Beleuchtungs-, Klima- und Lärmverhältnisse können neben der ergonomischen Auslegung der Arbeitsbereiche auch Kommunikationsanteile sowie Anzahl der Mitarbeiter im jeweiligen Bereich bestimmt werden.

In gleichem Maße können in einer Montage oder im Büro die zurückgelegten Wege, aber auch statische muskuläre Verspannung ermittelt werden. Im Büro lassen sich Veränderungen des Klimas, der Beleuchtung und des Anteils körperlicher Aktivitäten bestimmen.

In der Auswertung dieser Daten besteht die Möglichkeit, aktiv die Rahmenbedingungen der Arbeit so zu ändern, dass durch Arbeitsplanung eine Verbesserung der Belastung möglich wird. Da diese Systeme portabel und vergleichsweise preiswert sind, wären flächendeckende personenbezogene Untersuchungen denkbar, in deren Auswertung die intraindividuellen Unterschiede zu einer individuellen Gestaltung der Arbeit genutzt werden können.

## **8. Zusammenfassung und Ausblick**

Die Analysen der Einsetzbarkeit von Smartphones und Wearables für arbeitswissenschaftliche Zwecke zeigt, dass nur unter bestimmten Bedingungen die sogenannten Smart-Devices nutzbar sind. Festzuhalten ist, dass auch ein hochwertiges Smartphone nicht über die Messgenauigkeit verfügt, welche von einem professionellen Messgerät erwartet werden. Die Messung feststehender Grenzwerte der Überschreitung eine schädigende Wirkungen erwarten lässt, ist somit von einer auf einem Smartphone-Sensor basierten Bewertung auszuschließen. Dies gilt beispielsweise für die Ermittlung des Schallpegels. Abgesehen von teilweise gegenüber den Normwerten deutlich abweichenden Messergebnissen ermittelt ein Teil der Geräte mit einem in der Regel systematischen Fehler dagegen verlässlich eine Trendentwicklung. Bei einer systematischen Voranalyse und Klassifizierung von „smarten“ Sensoren lassen sich in der Folge geeignete Einsatzszenarien ableiten.

Damit eignen sich die betrachteten Smartphones und das dazu angebotene Zubehör in besonderem Maße für die begleitende Erfassung von Arbeitsaktivitäten, den Arbeitsumgebungsfaktoren und den Folgen für die Beanspruchung. Die messtechnische Unschärfe der Systeme gleichen diese gegenüber anderer Messtechnik durch Möglichkeit einer lückenlosen, permanenten und in Bezug auf das Messsystem belastungsfreien Aufnahme mehrerer Einflussfaktoren aus. Insbesondere in Arbeitsbereichen mit Tätigkeiten, welche hohe Mobilitätsanforderungen mit sich bringen, wie dies auf Baustellen oder der betrieblichen Logistik der Fall ist, ermöglichen die neuen mobilen Aufnahmetechnologien einen

deutlichen Zuwachs an verwertbaren Daten, zumal die Ergebnisse der Sensoren auf einer gemeinsamen Zeitleiste exakt zusammengeführt werden können.

Eine große Gefahr besteht in der ungeprüften Akzeptanz möglicher Aktivitätsprotokolle. In Abhängigkeit des Untersuchungsfeldes bedarf es einer umfassenden Vorbetrachtung, um das geeignete Equipment und die sich notwendigerweise ergänzenden Sensoren/Daten zusammenzustellen. Mit einfachen Ansätzen lassen sich Fehlerursachen beheben, indem beispielsweise ein Activity-Tracker statt am Handgelenk an der Fessel über dem Fuß getragen wird.

Mit bislang zunehmendem Trend, individuelle Parameter unter dem Aspekt von Gesundheit und Fitness zu erfassen und dem von einigen Herstellern als Chance begriffenen demographischen Prozess, werden in den nächsten Jahren eine Vielzahl weiterer Mess- und Trackingsysteme entwickelt und angeboten werden. In der Erwartung, dass die Technik genauere Messergebnisse als die aktuell angebotenen Systeme bieten, zeichnen sich bereits heute große Chancen einer umfassenderen Ermittlung arbeitsbezogener Daten, verbunden mit der Möglichkeit aktiv die Belastungssituation anzupassen, ab.

Diese Möglichkeit ist sowohl in Bezug auf die Integrität der Persönlichkeit des Mitarbeiters als auch auf die Informationssicherheit dieser individuellen und betrieblichen Daten mit großer Skepsis zu betrachten. Inwieweit die neuen technischen Möglichkeiten und der Anspruch auf persönlichen Datenschutz realisierbar sind, so dass diese Techniken über den wissenschaftlichen Analysebereich hinaus Anwendung finden, wird von der Entwicklung geschlossener Datenerfassungssysteme und der Kontrollierbarkeit von Zugriffsmöglichkeiten abhängen, damit sich als hilfreich gedachte Bewertungs- und Gestaltungsansätze nicht ins Gegenteil verkehren.

## 9. Literatur

- Kardous CA, Shaw PB (2014) Evaluation of smartphone sound measurement applications. *J. Acoust. Soc. Am.* 135, EL186, <http://dx.doi.org/10.1121/1.4865269>.
- Leonhardt S, Plorin D, Teich T, Müller E (2013) Integrative Implementation of Ambient Assisted Living Focused on Efficiency and Flexibility; S.83-89; In: Volume 33: Assistive Technology: From Research to Practice; 2013
- Merkel T, Spitzhirm M, Bullinger AC (2015) Einsatzszenarien für Smartphone und Wearables zur Verbesserung von Ergonomie, Arbeits- und Gesundheitsschutz; ininteract conference; TU Chemnitz 2015
- Nachhaltig erfolgreich in der Automobilen Zulieferkette. In press Overfeld M (2015) Trainieren mit Smartphone-Apps: viel Fun, einige Fallstricke. WAZ. URL: <http://www.derwesten.de/incoming/trainieren-mit-dem-smartphone-id10386931.html>
- Spitzhirm M, Merkel T, Bullinger AC (2015) Messung von Arbeitsumweltfaktoren für Jedermann mittels Smartphone. Tagungsband 61. Frühjahrskongress der GfA. 25. Februar 2015 - 27. Februar 2015, Karlsruhe
- Spitzhirm M, Merkel T, Bullinger AC (2015) Untersuchungen der Einsetzbarkeit von Smartphone-Applikationen zur Messung von Arbeitsumweltfaktoren am Beispiel Klima. 5.Symposium Produktionstechnik – innovativ und interdisziplinär'