

## **Ergebnisse einer Studie zu Auswahl und Einsatz von Smart Devices in der Arbeitsanalytik**

Torsten MERKEL

*Professur für Arbeitswissenschaft, Institut für Produktionstechnik  
Fakultät Automobil- und Maschinenbau  
Westfälische Hochschule Zwickau  
Kornmarkt 1, D-08056 Zwickau*

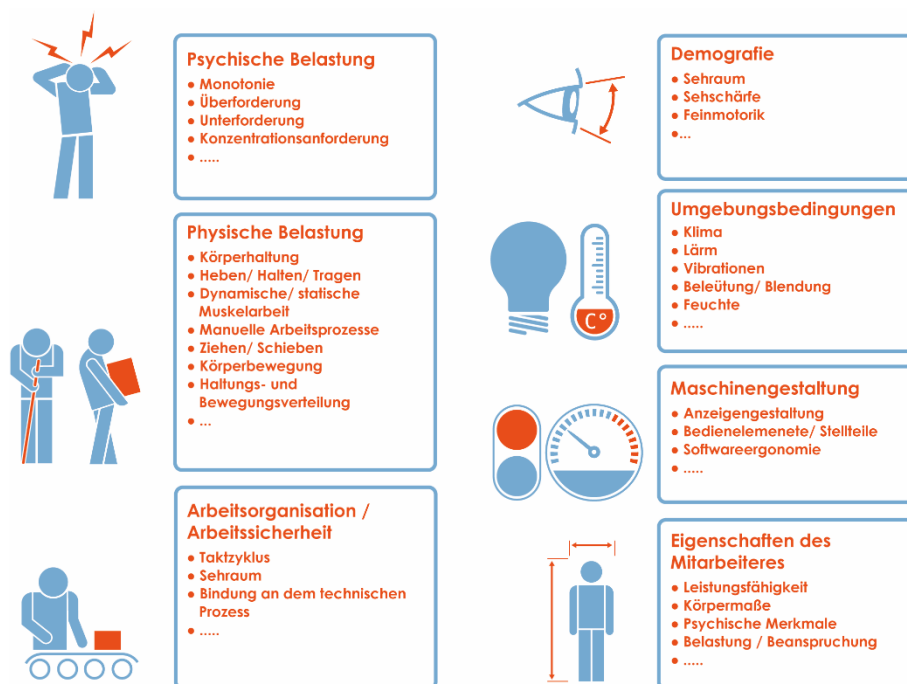
**Kurzfassung:** Smart Devices versprechen die permanente und vernetzte Erhebung von Daten mit unterschiedlichsten Sensoren und Geräteklassen. Mit Geräten der Gruppe für „Vital- und Ambiente-Monitoring“ lassen sich formal große Teile der Arbeitsanalytik abdecken. Auf Grund ihrer Ortsunabhängigkeit, der Möglichkeit Daten aus verschiedensten Quellen zusammenzuführen und für Auswertungen über eigene Rechenkapazität und individualisierte Anzeigemöglichkeiten zu verfügen, erscheinen Smart Devices als ideale Ergänzung für die Analyseaufgaben für arbeitsmedizinische oder arbeitshygienische Aufgabenstellungen. Der Beitrag stellt die Ergebnisse einer Auftragsstudie vor. Entsprechend der Aufgabenstellung wurden Geräteklassifikationen erarbeitet, welche eine Einordnung für verschiedene Einsatzszenarien unterstützen. Als klassische Kriterien werden die Einordnung in Abhängigkeit des Mobilitätsgrades oder die verbaute Sensortechnologie und deren Messbereich berücksichtigt. Speziell für Smart Devices werden aber auch Merkmale, wie die Einhaltung des Datenschutzes, der IT-Sicherheit, des Zugriffs auf die Rohdaten, die Einbindung in spezifische Ökosysteme, verfügbare Zertifizierung u.a. aufgearbeitet. Mit Auswertung der als Datenbank verfügbaren Marktübersicht lassen sich unter Nutzung der Handlungsanleitung Analysekonzepte erstellen und realisieren. Bei einem entsprechenden Erfolg sind die fortlaufende Aktualisierung und Erweiterung der Datenbank vorgesehen.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsstudien, Arbeitsanalytik, Smarte Geräte, Vital- und Ambiente-Monitoring, Wearables, Analysekonzepte

### **1. Zielstellung im Inhalt der Studie**

Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene setzen sich mit der Analyse menschlicher Arbeit auseinander, um daraus Maßnahmen, Regeln und Empfehlungen zur Gestaltung der Arbeit abzuleiten, welche Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Betroffenen erhalten.

Eine Analyse von Arbeitssystemen ist komplex und wird durch zahlreiche Einflussfaktoren bestimmt. Hinzukommen individuelle Unterschiede bezüglich des Trainings, der Erfahrung, der Arbeitsmethode, aber auch Alter, Geschlecht und Gesundheitszustand. Die folgende Grafik versucht die Vielfalt der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren zu umreißen.



**Abbildung 1:** Komplexität der Beurteilung von Arbeitssystemen

Sowohl Tätigkeitsabläufe als auch die Umgebungsparameter unterliegen einer gewissen Dynamik, deshalb erfolgt die Erfassung und Beschreibung in der Regel entweder durch zeit- und arbeitsaufwendige Arbeitsstudien oder durch punktuelle Untersuchungen, welche durch subjektiv geprägte Berichte der Stelleninhaber unteretzt werden.

Der Einsatz von smarten Geräten verspricht für diese Aufgabenstellung eine deutlich aufwandsreduzierte und gleichzeitig qualitativ hochwertigere Analyse als diese durch Beobachtung oder punktuelle Kontakte, z.B. als Teil von Begehungen oder im Rahmen einer Sprechstunde möglich ist.

Smarte Geräte bieten im Allgemeinen eine breite Palette von Mehrwerten gegenüber herkömmlicher Technik mit vergleichbaren Basisfunktionen.

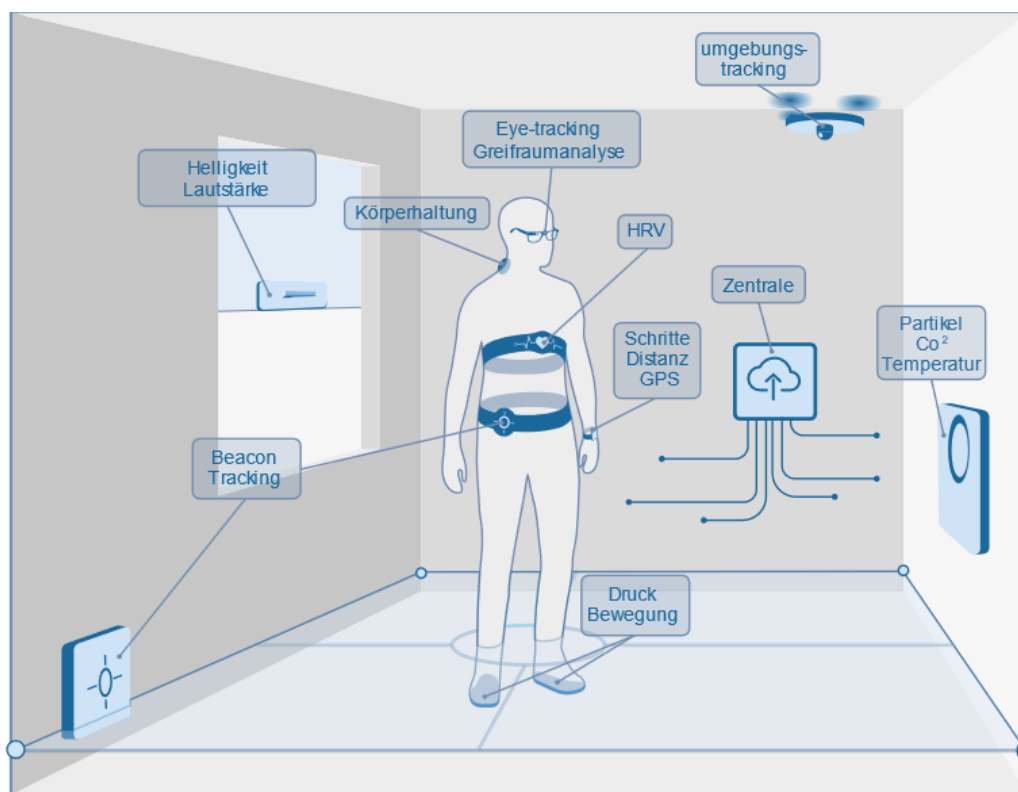
Der Unterscheid der smarten Geräte besteht darin, dass sich die Systeme weitgehend vernetzen lassen und damit Funktionen, wie Gerät A löst bei Gerät B eine Aktion aus. Die Daten verschiedener Sensoren oder Ergebnisse von Algorithmen können ausgelesen und übertragen werden ohne unmittelbar vor Ort zu sein. Ein Transfer von Daten und Informationen kann von einem smarten Messgerät mit und ohne Anzeige automatisch in eine Datenbank oder auf ein großes Display mit anderen Darstellungsmöglichkeiten übertragen werden.

Für eine begleitende Arbeitsanalytik bedeutet dies beispielsweise den Einsatz miniaturisierter Messgeräte, welche ohne größere Beanspruchung von Personen getragen werden kann. Die dabei erfassten Daten sind durch Dritte, z. B. betriebliche Arbeitsmediziner orts- und zeitunabhängig auswertbar. Ebenso besteht die Möglichkeit, dass gleichzeitig mehrere Personen verfolgt und deren Arbeitsparameter analysiert werden.

In den letzten Jahren wurden zahlreiche smarte Geräte entwickelt, welche ein ganzheitliches Konzept einer tätigkeitsbegleitenden Analytik in den Bereichen der Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene ermöglichen. Algorithmen ermöglichen es, beim Erreichen definierter Grenzbereiche andere Aktivitäten auszulösen. Beispielsweise kann bei einer einseitigen körperlichen Belastung ein Tätigkeitswechsel angeregt werden. Eben-

so lässt sich beim Erreichen von ungünstiger Raumluftparameter ein Lüftungsprozess initiiert werden. Die Geräte sind relativ klein und leicht, so dass auch mehrere dieser Geräte von der zu untersuchenden Person mitgeführt werden können, ohne dass es zu einer signifikanten Erhöhung der Beanspruchung kommt. Ergänzend lassen sich in den relevanten Arbeitsbereichen Sensoren installieren, die über Netzwerke kommunizieren und mit der Zentraleinheit für Datenaufbereitung und Steuerungsprozesse verbunden sind.

Will man die vorhandenen Möglichkeiten in ihrer Vielfalt nutzen, so entstehen schnell komplexe Gebilde. Erschwerend kommt hinzu, dass es kaum einheitliche Standards der Hersteller gibt. Damit besteht unter anderem ein großes Problem in der zeitlichen Synchronität der verwendeten Geräte und der Übergabe von Daten. Die angebotenen Geräte weisen zudem große Unterschiede in der Messgenauigkeit auf. Ein Vital-Tracker, welcher vorzugsweise die Motivation seines Trägers zu einer Verbesserung der Aktivitätsrate unterstützen soll, ist in der Regel für eine medizinische Interpretation der ermittelten Vitaldaten nicht oder nur bedingt geeignet. In die andere Richtung betrachtet, sind die Geräte für den Anwendungszweck zu teuer. Infolge dessen erweisen sich zahlreiche Analyseansätze praktisch als nicht sinnvoll umsetzbar.



**Abbildung 2:** Theoretische Möglichkeit einer umfassenden Analyse und Steuerung mittels smarterer Geräte

Für die Auswahl und den Einsatz von Smart Devices bedarf es deshalb einer umfassenden Vorplanung, welche die Anforderungen einer geplanten Arbeitsstudie definiert und die dazu notwendigen Geräte in einer kompatiblen Gerätegruppe zusammenstellt. Ohne einen nachprüfbaren Test sollte man sich auf die Qualität der bisherigen Studienergebnisse nicht verlassen. Wie bei allen Messgeräten kann eine Eichung/Kalibrierung und die Abstimmung der Geräte untereinander notwendig sein.

Empfehlenswert ist es, die Zahl eingesetzter smarterer Geräte für eine Studie so gering wie möglich zu halten. Vor Beginn der Studie aufgestellte Thesen zu den Korrelationen mehrere Parameter können für eine solche Vereinfachung hilfreich sein. Sind eine Vielzahl sich gegenseitig beeinflussender Parameter zu erwarten, so ist ein iteratives Vorgehen sinnvoll.

Unbedingt sollten die Sicherheit der Daten und die rechtliche Konformität der geplanten Studie im Vorfeld geklärt werden.

Sind diese Vorarbeiten erfolgreich abgeschlossen, so bieten smarte Geräte zahlreiche Möglichkeiten einer umfassenden, arbeitsbegleitenden Analyse von Belastung und Beanspruchung einschließlich der direkten Einflussnahme auf den Arbeitsprozess. Der größte Vorteil besteht in der Vereinfachung einer lückenlosen Begleitung, da der Arbeitsanalytiker nicht permanent vor Ort sein muss. Für die Untersuchung psychisch bedingter Beanspruchungen ist dies von besonderem Wert, da durch die durchlaufende Begleitung der die Studie durchführenden Personen eigene Effekte entstehen. Insbesondere Langzeitstudien von Tätigkeiten lassen sich durch den Einsatz smarterer Messtechnik sinnvoll und effizient umsetzen. So kann eine einzelne Person Studien der Arbeit von mehreren Personen über Monate begleiten und muss nur punktuell die Funktionsfähigkeit der Geräte und die Konsistenz des Analyseansatzes z.B. durch eine Multimomentstudie prüfen.

## 2. Erstellen einer Auswahlmethodik

Beschäftigt man sich mit der Beschaffung von smarten Geräten, dann lassen sich die folgenden Auswahlkriterien anwenden:

- Funktionsumfang und Zugriff auf relevante Parameter (wie Schritte, Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Energieumsatz, Umgebungsparameter),
- Kabelgebunden oder Akku-Versorgung (Laufzeit und selbständige Anwendung der benötigten Messaufgaben über einen oder mehrere Arbeitstage)
- Tragekomfort
- Zugänglichkeit der Daten/Sicherung des Datenschutzes
- Preis-Leistungs-Verhältnis

Für die Gruppe der Wearables wurden durch ein Projekt der DGUV (Weber 2016) zur Akzeptanz von Wearables drei Kategorien definiert:

**Kategorie 1** umfasst alle Ein-Sensor-Systeme oder Geräte mit einer Kombination von Bewegungs- und physiologischen Sensoren, die an einer Körperstelle getragen werden. Das können einfache Pedometer oder Aktivitätstracker sein, die am Handgelenk, am Fußgelenk oder an der Hüfte getragen werden. In der Regel erfassen diese Wearables Aktivitätsparameter, wie Schritte, Energieumsatz oder aktiv verbrachte Zeit anhand eines Beschleunigungssensors. Häufig wird bei am Handgelenk getragenen Wearables auch die Herzfrequenz über optische Sensoren ermittelt. Spezialfälle in dieser Kategorie sind Beschleunigungssensoren aus dem eher wissenschaftlichen Bereich, die an beliebiger Körperstelle befestigt werden können (z.B. Accelerometer von ActiGraph oder Axivity).

**Kategorie 2** enthält smart Textilien, in die Kombinationen von Bewegungs- und physiologischen Sensoren integriert sind. Hierbei handelt es sich meist um Shirts (z.B. von Hexoskin oder Ambiotex), die die Herzfrequenz über eingebaute Elektroden im Brustbereich ermitteln. Zusätzlich werden mittels Beschleunigungssensoren z.B. Aktivitäts- und Atmungsparameter bestimmt.

**Kategorie 3** fasst komplexe Messsysteme zusammen, die aus unterschiedlichen Arten von Sensoren bestehen und physiologische Informationen von mehreren Körperstellen sammeln. Hierunter fällt z. B. das CUELA-Messsystem (CUELA: Computer-unterstützte Erfassung und Langzeit-Analyse von Belastungen des Muskel-Skelett-Systems) oder spezielle Setups von kommerziell erhältlichen Sensoren. Der Einsatz mehrerer Bewegungssensoren ermöglicht eine differenzierte Körperhaltungs- und Aktivitätsanalyse. Da diese Systeme von modularem Charakter sind, können je nach Anwendungszweck die Zahl der einzusetzenden Sensoren angepasst und Erweiterungen (z.B. Elektrokardiogramm oder Elektromyografie) vorgenommen werden.

Benannte Kategorien lassen sich auch auf andere smarte Geräte, wie Umgebungssensoren übertragen, wobei der Tragekomfort keine Rolle spielt, da diese Geräte unabhängig von den arbeitenden Personen im Raum zu positionieren sind. Unabhängig davon kann man zwischen Geräten mit einer und mehreren Funktionen sowie komplexem modularem System, mit dem sich z.B. die komplette Klimatisierung eines Gebäudes steuern lässt, unterscheiden.

Die bislang beschriebene Vielfalt technischer Möglichkeiten, unterschiedliche Einsatzzwecke und Analyseaufgaben erfordern ein methodisches Vorgehen bei der Auswahl geeigneter smarterer Geräte und Gerätegruppen.

Bevor es zum eigentlichen Auswahlprozess kommt sind als Vorarbeiten das konkrete Analyseziel festzulegen, das zu untersuchende Arbeitssystem zu beschreiben und Thesen hinsichtlich der zu messenden Daten zu treffen. Auf Grundlage dieser Vorbetrachtungen lassen sich die Anforderungen an die Aufnahme soweit präzisieren, dass konkrete Anforderungen für die Geräte- und Messtechnik abgeleitet werden können. Mit einer gezielten Minimierung der eingesetzten Geräte reduziert sich die Belastung der zu untersuchenden Personengruppe. In der Regel werden auch die Aufwände für die Analysedurchführung und -auswertung deutlich verringert. Ergebnisse sind transparenter darzustellen und nachvollziehbar. Zusätzlich lassen sich Kosten reduzieren und Möglichkeiten eines sinnvollen Monitorings über große Zeiträume ableiten.

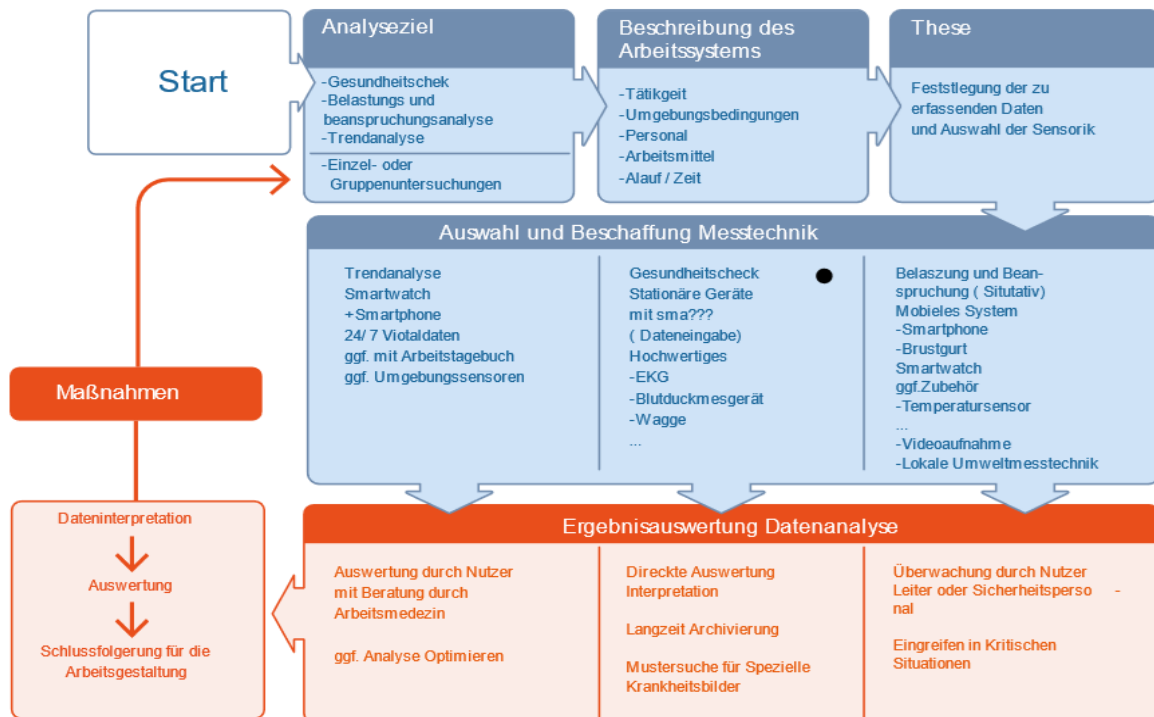
### 3. Fazit

Der Einsatz von smarten Geräten stößt auf Grund der technischen Möglichkeiten auch in der Arbeitsmedizin auf großes Interesse, um die Vorteile bei der Durchführung und Auswertung von Arbeitsanalysen zu nutzen.

Bei der Erfassung und Klassifizierung der angebotenen technischen Systeme wurden große Unterschiede relevanter Merkmale wie:

- Messgenauigkeit
- Mobilität
- Konnektivität
- Datensicherheit
- Nutzerakzeptanz
- Verwendbarkeit und Zusammenführen von Daten aus mehreren Quellen u.a.

ermittelt. Damit bedarf der Einsatz dieser Geräte für wissenschaftlich Zwecke einer systematischen Planung, Auswahl und einer begleitenden Prüfung der Studienergebnisse. In Abhängigkeit des Analyseziels stellt sich die Frage, inwieweit smarte Geräte tatsächlich Vorteile bieten. Diese Frage sollte man durch eine genaue Planung der Studienanforderungen bereits im Vorfeld beantworten.



**Abbildung 3:** Auswahlmethodik für den Einsatz von smarten Geräten für Analysen in Arbeitsmedizin und -hygiene

#### 4. Literatur

Weber B.; Ellegast R.; Schellewald V., Weber A.; Röhrig M.; Friemert D.; Hartmann, U.: „Messung der physischen Aktivität mit Wearables“ 6. DGUV Fachgespräch Ergonomie – Zusammenfassung der Vorträge vom 2./3. November 2016

**Danksagung:** Ein ganz besonderer Dank gilt Herrn Markus Weber für die Erstellung der Grafiken.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin  
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin  
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020**

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme  
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2020  
ISBN 978-3-936804-27-0

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.  
Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**  
**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)