

Optimierung von Arbeitsschutz und Mitarbeitermobilität

Torsten MERKEL

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

Kurzfassung: Die Arbeitswissenschaft untersucht laut Definition die Bedingungen der menschlichen Arbeit, um daraus Beurteilungs- und Gestaltungsregeln zu gewinnen. Mit dem Wandel des Arbeitslebens entwickeln sich auch die Rahmenbedingungen von Arbeit dynamisch weiter. Prägende Veränderungen ergeben sich beispielsweise in den Bereichen der Mensch-Technik-Interaktion, den Formen der Arbeitszeit, den Anforderungen hinsichtlich Flexibilität, Mobilität, Entscheidungs- und Improvisationsfähigkeit. Diese Entwicklung ist mit dem Anstieg der Komplexität arbeitsbezogener Anforderungen verbunden. Mit der Arbeit einhergehende Belastungen lassen sich nicht mehr, wie in vielen klassischen Verfahren der Arbeitsanalyse, losgelöst voneinander betrachten, sondern stehen in ihrer Wirkung ständig und unmittelbar in gegenseitiger Beziehung.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wird sich mit der Frage auseinandergesetzt, ob durch den Einsatz von Wearables eine analytische Begleitung und Assistenz menschlicher Arbeit möglich ist, um im Ergebnis objektive und belastbare Aussagen zur Wirkung dynamischer Bündel unterschiedlicher Belastungen auf den Menschen zu erhalten.

Die Auswertung von Messergebnissen und deren Abhängigkeiten über die Zeit soll als Grundlage der Weiterentwicklung methodischer Ansätze bei der Arbeitssystemanalyse und -gestaltung, zur Sicherung ergonomischer Standards und eines präventiven Arbeitsschutzes in der modernen Arbeitswelt herangezogen werden. In Verbindung mit Elementen einer künstlichen Intelligenz wird eine individuelle Assistenz für Ergonomie und Arbeitsschutz im laufenden Arbeitsprozess angestrebt.

Schlüsselwörter: Wearables, Belastung, Beanspruchung, Arbeitsgestaltung, Arbeitsschutz, Assistenz

1. Ausgangssituation und Zielstellung

Arbeitswelten entwickeln sich dynamisch und verändern sich, von Markt, Technologie, Gesellschaft und weiteren Faktoren getrieben, beständig weiter. Im Rahmen des Projektes „Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt – Wissenschaftliche Standortbestimmung“ hat die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ein komplexes Bild mit mehr als 20 Arbeitsbedingungsfaktoren herausgearbeitet (Rothe; Adolph u.a. – 2017). Die Studie beschreibt grundsätzliche Forschungsbedarfe, welche sich aus der wachsenden Komplexität von Anforderungen moderner Arbeitsformen ergeben. Eine besondere Herausforderung besteht in der Ermittlung der Wirkung sich gegenseitig beeinflussender Belastungsfaktoren auf den Menschen. Diese Belastungen können situativ sowohl eine

kumulative als auch eine ausgleichende Wirkung entfalten. Weitere Kennzeichen von Arbeit, wie die häufig nicht mehr exakt bestimmbare Grenze von Arbeitszeit und Freizeit, die Entwicklung der Dynamik von Belastung und Erholung, Anforderungen bezüglich Erreichbarkeit und Verfügbarkeit sowie ungeplante Störungen, Situations- und Anforderungswechsel stellen nur eine Auswahl der Vielfalt zu betrachtender Rahmenbedingungen von Arbeit dar. Arbeitssituationen lassen sich deshalb mit den bislang praktizierten methodischen Ansätzen der Arbeitswissenschaft und der Arbeitspsychologie nicht ohne weiteres in der Gesamtheit von wirkenden Rahmenbedingungen erfassen und bewerten. Herausgearbeitete Lösungsansätze können in der Folge auch nur auf Teilelemente der Arbeitsgestaltung angewandt werden, da eine ganzheitliche Beurteilung des Arbeitsprozesses in diesen Fällen nicht möglich ist.

Alternativ werden komplexe Situationen und nicht exakt messbare Größen mit Hilfe von Beobachtungen, Interviews und Fragebögen erfasst. Diese Instrumente führen häufig durch subjektives Empfinden und individuelle Wertemaßstäbe zu Bewertungsergebnisse, welche einen großen Interpretationsspielraum bieten. Neben den dadurch entstehenden Diskussionen handelt es sich stets um punktuelle Erhebungen, durch die eine unmittelbare Beeinflussung von Arbeitsanforderungen im laufenden Prozess nicht möglich ist.

Mit der parallelen Erfassung und Auswertung einer notwendigen Gesamtheit von arbeitsrelevanten Daten und deren zeitnaher Interpretation bieten tragbare Geräte zur Datenverarbeitung – sogenannte Wearables – neue Möglichkeiten der Arbeitsanalytik und -gestaltung. Denkbar erscheint ein Einsatz dieser Systeme für die begleitende Erfassung sich dynamisch ändernder Arbeitsbedingungen sowie der damit verbundenen Beanspruchungsindikatoren einschließlich der im gesamten Arbeitssystem festgestellten Auswirkungen. Mit der unmittelbaren Verknüpfung, Auswertung und Interpretation von Messdaten wird das Ziel einer begleitenden Assistenz zur Sicherung ergonomischer Standards unter Berücksichtigung der Vielzahl sich dynamisch ändernder Arbeitsbedingungen und der Sicherung eines präventiven Arbeitsschutzes angestrebt.

Wearables unterstützen bereits jetzt ihre Nutzer in zahlreichen Lebens- und Arbeitssituationen. Entsprechende Anwendungen sind vielfältig und reichen von der individuellen Überwachung der körperlichen Aktivität zum Erhalt bzw. zur Verbesserung der Fitness im privaten Bereich, über das Termin- und Kontaktmanagement bis hin zu neuen Formen der Mensch-Technik-Interaktion in der Industrie. Mit der gezielten Kopplung von Funktionen unterschiedlicher Sensoren lassen sich dynamische Arbeitssystem- und Prozessbeschreibungen generieren, welche durch Abgleich mit dem mobil verfügbaren Wissenstand der Arbeitswissenschaft und -psychologie einen laufenden Arbeitsprozess unterstützen können.

Einen besonderen Nutzen verspricht der arbeitsanalytische Einsatz von Wearables für Arbeitsaufgaben, bei denen der Nutzer während der Tätigkeitsausführung mobil agiert und/ oder Aufgaben ohne systematisch im Vorfeld planbare Anforderungen ausführt. Beispiele sind Tätigkeiten, welche durch sporadische Änderungen der Belastungssituation, wie ungeplanten Orts- und Aufgabenwechsel, Störungen, Fehlerbewältigung usw., geprägt sind. Das Spektrum solcher Aufgaben reicht von klassischen Tätigkeiten, wie dem Einsatz der Feuerwehr bis zu situativen Anforderungsprofilen, die sich durch neue Formen der Arbeitsteilung zwischen Mensch und Technik als Teil einer digitalen Transformation in der Arbeitswelt ergeben. In sich dynamisch verändernden Arbeitsbedingungen sollen Wearables ihre Nutzer im Rahmen der Möglichkeiten einer selbstbestimmten

Arbeitsgestaltung unterstützen und damit zur Gesunderhaltung im Arbeitsprozess beitragen.

Neben den aus wissenschaftlicher Sicht positiven Möglichkeiten einer begleitenden permanenten Vermessung und Erfassung von Arbeitsrahmendaten dürfen ethische Aspekte der individuellen Selbstbestimmung und einer möglichen Gefährdung von Persönlichkeitsrechten nicht unberücksichtigt bleiben. So lassen sich neben der angestrebten Möglichkeit einer Optimierung von Rahmenbedingungen der Arbeit zur Sicherung des Arbeits- und Gesundheitsschutzes unter vielfältigen, dynamischen Belastungen auch individuelle leistungsbezogene Grenzwerte bestimmen. Damit sind vergleichende Beurteilungen der individuellen Leistungsfähigkeit und darauf aufbauende Auslese- bzw. Auswahlprozesse denkbar. Derartige Entwicklungen sind konzeptionell von Anfang an zu vermeiden.

2. Vorgehensmodell für eine begleitende Arbeitsanalyse mittels Wearables

2.1 Rahmenbedingungen für die Entwicklung der begleitenden Arbeitsanalyse

Ausgangspunkt der Planungsarbeiten für den Einsatz von Wearables in der Arbeitsanalytik war das Ziel der Entwicklung von zweckgebundenen weitgehend autonom funktionierenden Systemen. Mit dieser Festlegung soll ein mobiler Einsatz ohne jegliche Einschränkungen im Arbeitsprozess, gegebenenfalls auch ohne die unmittelbare Anwesenheit des Arbeitsanalytikers, abgesichert werden. In Ergänzung dieser Zielstellung wurde eine ununterbrochene Einsatzzeit von 11 - 24 Stunden definiert. Hintergrund dieser Festlegung war die Absicherung einer Tätigkeit im Zeitrahmen des Arbeitszeitgesetzes unter Berücksichtigung der Mindestpausen sowie die Möglichkeit, bedarfsweise die Verflechtung von Arbeit und Freizeit, z.B. im Rahmen einer Rufbereitschaft, zu berücksichtigen.

Um den Energiebedarf und die durch den Einsatz der Messtechnik auftretenden Belastungen möglichst gering zu halten, sieht das Konzept vor, dass ausschließlich Sensoren zu verwenden sind, welche für die Beurteilung der jeweiligen Belastungs-/ Beanspruchungssituation von hoher Relevanz sind. Aus dieser Entscheidung leiteten sich zwei weitere Anforderungen ab. Zum einen müssen die eingesetzten Wearables modular aufgebaut und über eine einheitliche Schnittstelle mit einer zentralen Datenverarbeitungseinheit koppelbar sein. Andererseits ist die Auswahl der Messmodule an die Durchführung von Vorstudien für die vorgesehenen Arbeitsformen gebunden. Inhalt dieser Vorstudien ist die Bildung von Settings, welche sowohl Sensoren für relevante Trend- und Grenzwertbetrachtung als auch für nicht exakt vorher bestimmbarere Situations- und Anforderungswechsel berücksichtigen. Ebenfalls sind die prozessgebundenen Einsatzbedingungen der Wearables zu ermitteln, damit die verschiedenen Anforderungen hinsichtlich der Qualität der Arbeit, der Funktionalität unter verschiedenen Umgebungsbedingungen erfüllt werden. Eine Beeinflussung der Messung durch Dritte bzw. andere Technik ist auszuschließen.

Die Wearables sollen ausschließlich für eine zeitlich begrenzte Arbeitsanalyse, z.B. im Rahmen von Trainingsmaßnahmen, Einarbeitungsprozessen, sowie als Schutz für besonders belastenden Sondersituationen, z.B. bei Rettungskräften, zum Einsatz kommen. In dieser Entwicklungsstufe ist ein dauerhafter arbeitsbegleitender Einsatz zum Tracking über 24 Stunden an sieben Tagen je Woche, wie dies bei Fitnesstrackern oder einer Smart-Watch der Fall ist, nicht vorgesehen. Der Einsatz der Messtechnik soll durch den Arbeitsanalytiker auf eine festgesetzte begrenzte Zeit

zur sicheren Ermittlung dynamisch und situativ auftretender Arbeitsanforderungen und als Assistenz für Trainingsmaßnahmen oder auf den Zeitraum besonderer Einsatzbedingungen zeitlich eingegrenzt werden. Ermöglicht werden soll dies neben einer aktiven Begleitung der Messungen durch spezielle, vom Nutzer bewusst ausgewählte und zu aktivierende Ausrüstungsgegenstände, wie Helme, Brillen, Schuhe oder Armbänder. Für das Tragen der Wearables ist die Bereitschaft und Akzeptanz der betroffenen Personen im Rahmen eines Informationsgespräches im Vorfeld abzuklären.

Zu den Voraussetzungen für die begleitende Arbeitsanalyse gehört ein transparenter Umgang mit den erhobenen Daten. Über ein Stufenmodell der Prüfung und Freigabe von Daten kann die informationelle Selbstbestimmtheit gesichert werden. Der Einsatz von Wearables im Unternehmen ist gemäß Betriebsverfassungsgesetz §90 und §91 mitbestimmungspflichtig.

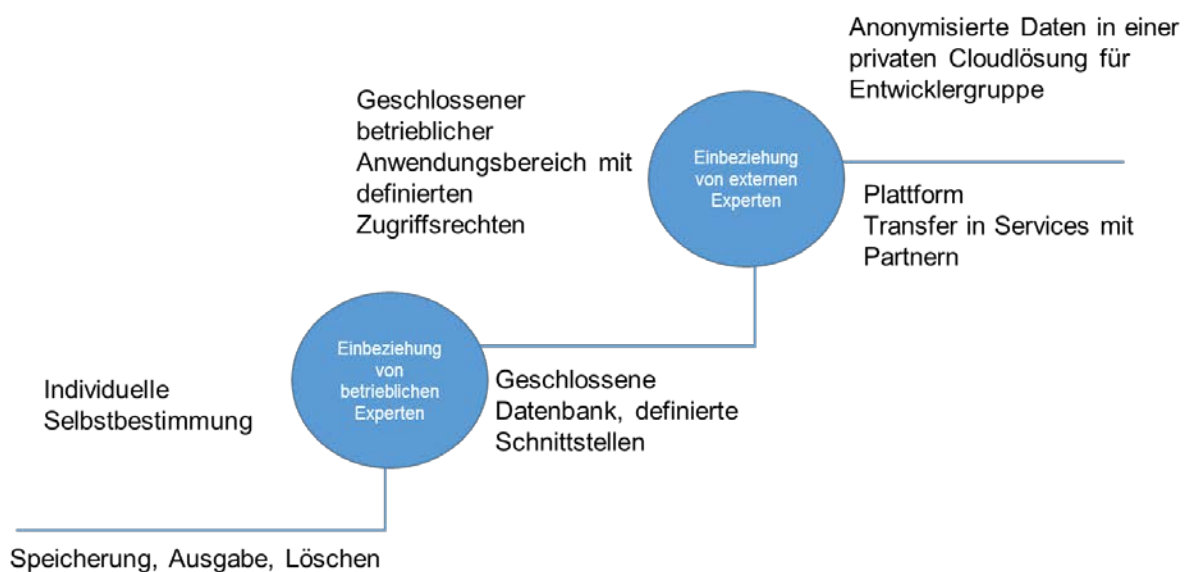


Abbildung 1: Stufenmodell zur Sicherung des Datenschutzes

Denkbar ist es, zu einem späteren Zeitpunkt Wearables für eine individuelle Arbeitsassistenz weiterzuentwickeln, deren Nutzung, einschließlich Freigabe möglicher Funktionalitäten, ausschließlich in der Verantwortung des Nutzers liegen.

2.2 Entwicklung eines Analysemodells

Als Grundlage für das zu entwickelnde Analysemodell wurde ein klassisches Arbeitssystemkonzept nach REFA bzw. dessen Transformation in die DIN EN ISO 6385:2016 gewählt. Entsprechend der spezifischen Eigenschaften von Wearables erfolgte gemäß der verwendeten Sensorik die Zuordnung der Elemente des Arbeitssystems in ein Vier-Ebenen-Modell. Hintergrund ist, dass sämtliche Sensoren am Körper der arbeitenden Person getragen werden sollen. Da auf eine vollständige Arbeitssystembeschreibung nicht verzichtet wird, sind die weitere Verwendung der Messergebnisse mit den in der Industrie üblicherweise praktizierten Verantwortungsbereichen für Mitarbeitergesundheit, Technik- und Prozessgestaltung kompatibel. Durch die Kopplung der Sensoren in den Wearables lassen sich Veränderungen des Arbeitssystems, z.B. durch Orts- oder Anforderungswechsel, zeitlich synchron und dynamisch fortschreiben. Dieses Vorgehen erlaubt neben der Ermittlung signifikanter

Belastungssituationen auch die Bestimmung von Ausgleichs- und Erholungsphasen sowie deren jeweilige Ursachen und Wirkungen.

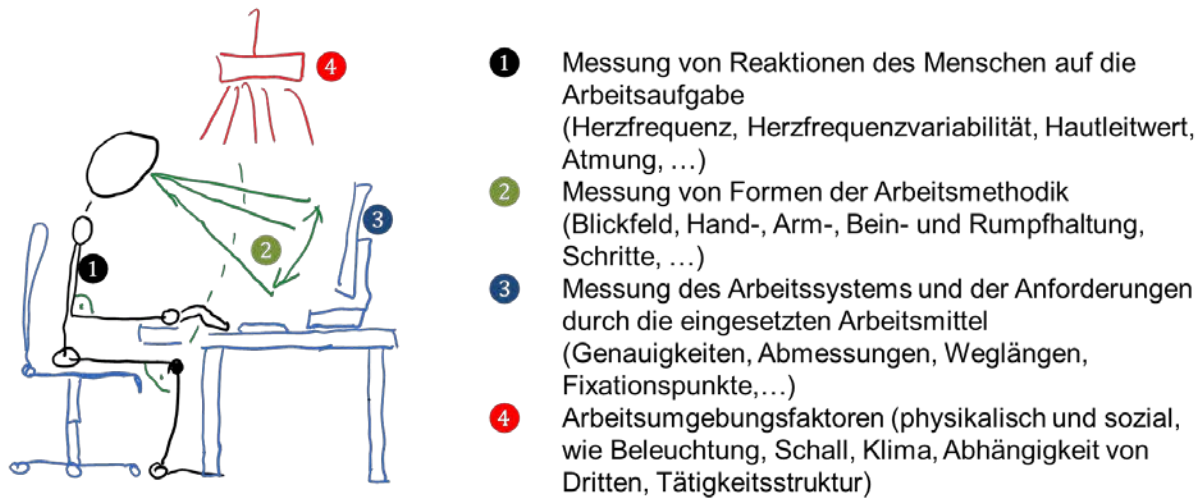


Abbildung 2: Vier-Ebenen-Modell für die Arbeitssystemanalyse

Durch vergleichende Betrachtung von Daten aus den vier Ebenen des gewählten Modells zur Arbeitssystemanalyse soll die logische Herleitung von Ursachen bei signifikanter Änderung von Beanspruchungsindikatoren ermöglicht werden. Rückwirkend lassen sich bei entsprechend verändernden Vitalwerten Einflussmöglichkeiten auf die Art und Weise der Arbeitsausführung, die Änderung von Arbeitsprozessen, den eingesetzten Betriebsmitteln und der Arbeitsumgebung ziehen. Geeignete Maßnahmen können im Einzelnen oder als Bündel abgeleitet werden. Um dies zu erreichen, sind im Rahmen der Auswertung statistisch abgesicherte Korrelationen von individueller Reaktion und den in Frage kommenden Gestaltungsbereichen zu bestimmen. Im Weiteren erfolgt die Anwendung der Erkenntnisse auf die Gestaltung und Auswahl von Trainingsmethoden, einer verbesserten Arbeitsmethodik, der Optimierung eingesetzter Betriebsmittel sowie die Beeinflussung der Rahmenbedingungen aus der Arbeitsumgebung.

Für einen schnellen Einstieg in das Vorhaben konnte für Arbeitsformen mit vorwiegend muskulär geprägter Belastung auf handelsübliche Fitnesstracker zurückgegriffen werden. Diese Systeme eignen sich z.B. für die Analyse von Tätigkeiten, bei denen das Laufen die bestimmende Belastung darstellt. In Kombination mit den ebenfalls vom Tracker aufgezeichneten Herz-Kreislauf-Daten ist eine Beurteilung der Arbeitsanforderungen möglich.

Für eine umfassende Analyse von Arbeitstätigkeiten sind diese Tracker in der Regel unzureichend. Messungen in Ebene Drei und Vier des Modells, welche also nicht mehr unmittelbar an die arbeitende Person gekoppelt sind, ist mit den Sensoren der Fitnesstracker nicht möglich. Denkbar wäre, die zur Verfügung stehenden Funktionen zu nutzen und bedarfsweise mit weiteren Sensoren zu kombinieren. Dieser Ansatz führte nach entsprechender Marktanalyse entweder zur Entscheidung für ein geschlossenes System, bei dem zusätzliche Sensoren für eine zentrale Auswerteeinheit, z.B. eine Messuhr des gleichen Herstellers, angeboten werden. Alternativ gibt es wenige integrative Applikationen, wie die Health-App von Apple, für die Hardwareentwickler über zentrale Schnittstelle Daten bereitstellen können. Bis auf wenige Ausnahmen bieten die Hersteller von handelsüblichen Wearables keinen

Zugriff auf die erhobenen Rohdaten und speichern die Messwerte in einem Cloud-System. Datenauswertungen der Hardwareanbieter von Fitnessstrackern, wie auch das angesprochenen Apple-System, bieten nur eine rudimentäre Darstellung, welche sich auf tageweise zusammengefasste Trenddarstellung konzentriert. Für den geplanten Einsatzbereich sind diese Bedingungen Ausschlusskriterien.

Gesucht wurde deshalb ein System, welches sowohl Rohdaten als auch eine durch den Nutzer selbst bestimmte Form der Datenspeicherung beherrscht. Eine offene Schnittstellenarchitektur ist Grundlage für die modulare Weiterentwicklung des Systems. Zu diesem Zweck laufen Tests mit diversen Anbietern. Eine Neuentwicklung wurde weitgehend ausgeschlossen, da selbst professionelle Systeme, hinter denen mehrere Jahre Entwicklung stehen, über deutliche Qualitätsunterschiede bei der Messung von Vitalwerten und Aktivitäten verfügen. Dieses Niveau innerhalb eines in seinen Ressourcen begrenzten Projektes selbst nachzuvollziehen, wird als kaum möglich und nicht sinnvoll bewertet. Stattdessen kann durch einen Verbund mit andere Forschungseinrichtungen kooperativ die Basis eines Messsystems für Wearables erarbeitet werden.

Für das gesamte Konzept besitzt neben den zusätzlichen Lage- und Lastsensoren die Anwendung der Datenbrille große Bedeutung. Die Datenbrille ist für die Überwachung vitaler Funktionen wie den Lidschlag oder Veränderungen der Pupille geeignet. Gleichzeitig ist die Brille in der Lage, das Umfeld der Person aufzuzeichnen, zu vermessen und zu analysieren. Wichtige Informationen zu Blickfeld, Greifraum und Arbeitsausführung sind möglich. Auf Grund ihrer Position besteht zusätzlich die Möglichkeit, Arbeitsumgebungsfaktoren zu erfassen und im Rahmen einer ganzheitlichen Analyse zu berücksichtigen.

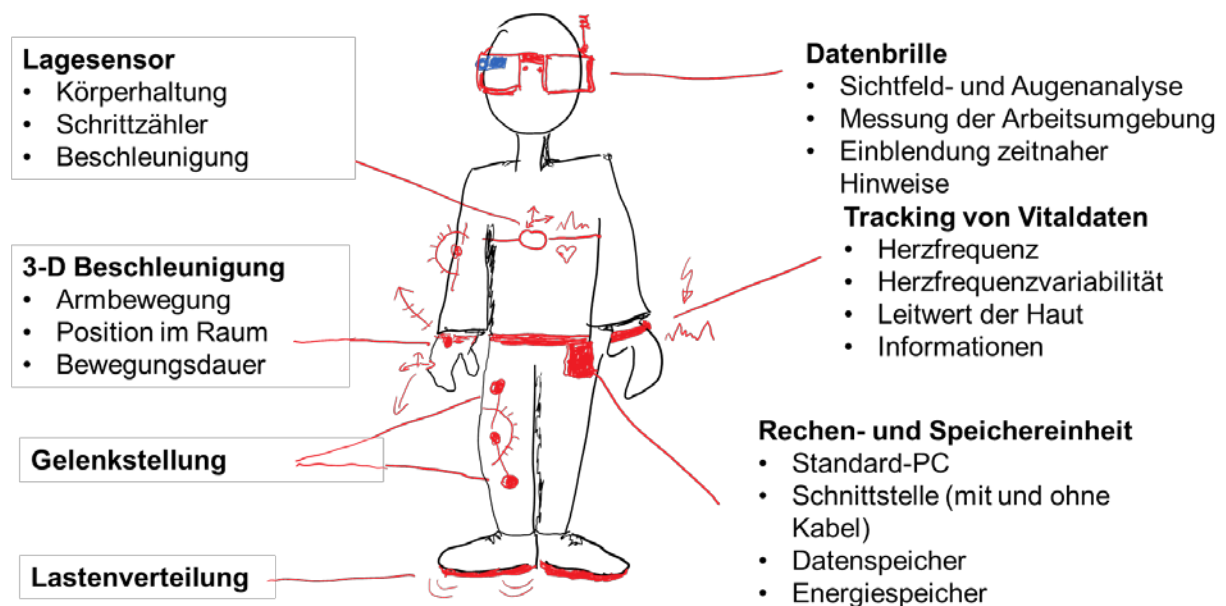


Abbildung 3: Beispiele für Wearables mit modularer Sensorik

Die Messwerte der einzelnen Sensoren werden in einer gemeinsamen Rechen- und Speichereinheit zusammengeführt, welche die Werte auf einem synchronen Zeitstrahl ablegt. Werden in der Auswertung der Datenströme signifikante Veränderungen deutlich, kann die Datenbrille genutzt werden, dem Nutzer automatisch mit weiterführenden Warn- und Beratungshinweisen bei der Arbeit zu unterstützen. Durch die Einbindung von Textiltechnikern und eines Designers sollen

die Sensoren in Bekleidungsstücke sowie üblicherweise getragene Accessoires integriert werden, um neben einer geringen Belastung durch die Messtechnik eine hohe Nutzerakzeptanz zu erzielen.

2.3 Szenarien

Mit dem Konzept der Modularisierung wurde die Notwendigkeit definiert, immer nur die für eine bestimmte Arbeitssituation besonders relevanten Sensoren zu einem modularen Wearable zu koppeln. In Anlehnung an ROHMERT (Rohmert-1983) wurden Szenarien für unterschiedliche Typen von Arbeit gebildet, für die jeweils standardisierte Basiskombinationen von Sensoren auszuwählen sind. Die bedarfsweise Erweiterung eines solchen Sets sollte im Ermessen des Arbeitsanalytikers möglich sein.

Tabelle 1: Typen von Arbeit und Auswahl von Parameter für Testszenarien

	Körperlich geprägte Arbeit	Motorisch-reaktiv geprägte Arbeit	Geistig geprägte Arbeit	Physische und psychische Grenzbelastung
Maßgebliche gesundheits- und leistungsbestimmende Beanspruchungen (Auswahl)	Grenzen muskulärer Belastung, Herz-Kreislauf-System, dynamische, statische Muskelarbeit, Ermüdung	Einseitige Belastung von Gelenken und Muskeln, Konzentration und Aufmerksamkeit, Routine, Performance, Ermüdung	Vigilanz, Kreativität, Beurteilung der Situation, Stress, Aufmerksamkeit, einseitig statische Belastung, Ermüdung	Plötzliche Veränderung der Anforderungen (Alarmierung, Fehler, ...)
Mögliche Parameter für die Beurteilung der Arbeitssituation (Auswahl)	Herzfrequenz, Arbeitspuls, Schritte, zurückgelegte Strecken/ Höhen, Kräfte, Körperhaltungen/-stellungen, Lasten Umweltfaktoren	Herzfrequenz, Arbeitspuls, Herzfrequenzvariabilität, Muskelaktivität (EMG), Schritte, Strecken, Körperhaltungen/-stellungen, Umweltfaktoren	Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Muskelaktivität (EMG), Schritte, Strecken, Körperhaltungen/-stellungen, Umweltfaktoren Fehlerhäufigkeit, Reaktion, Geschwindigkeit	Herzfrequenz, Herzfrequenzvariabilität, Muskelaktivität (EMG), Schritte, Strecken, Körperhaltungen/-stellungen, Umweltfaktoren (Klima, Lärm, Gefahrstoffe), Fehlerhäufigkeit
Aktuelle Szenarien	Transport, Umsetzen großer Lasten	Picken in der Logistik, Montage von Varianten	Datenerfassung, Qualitätsprüfung	Notrettung
Szenarien digitale Transformation		Kollaborative Arbeit mit Roboter	Warten auf Anforderung des Systems	Notstrategie umsetzen

Auf Grundlagen der in Tabelle 1 dargestellten Einsatz-Szenarien wurden Standardversuche erarbeitet, welche sich an realen Arbeitssituationen orientieren. Die sogenannten Standardversuche werden mit einem reproduzierbaren Ablauf für Laborreihen abgebildet und lassen sich unter wechselnden Rahmenbedingungen,

beispielsweise mit Personen unterschiedlicher individueller Leistungsvoraussetzungen, beliebig oft wiederholen. Dieses Vorgehen verfolgt mehrere Ziele:

- Unmittelbaren Bezug haben die Laborreihen auf den Vergleich von Qualität und Eignung der zur Verfügung stehenden Messsysteme und Sensoren diverser Anbieter.
- Für die jeweiligen Arbeitsformen erfolgt die Bestimmung der für die Ermittlung von Rahmenbedingungen der Arbeit und deren Auswirkungen notwendigen sowie optional einsetzbaren Typen von Sensoren und Auswertetechniken.
- Für die Auswertung der realen Arbeitsprozesse entsteht aus den Laborreihen eine Vergleichsdatenbasis.
- Die Laborreihen werden für die Entwicklung von Gestaltungshinweisen eines zu integrierenden Assistenzsystems benötigt.

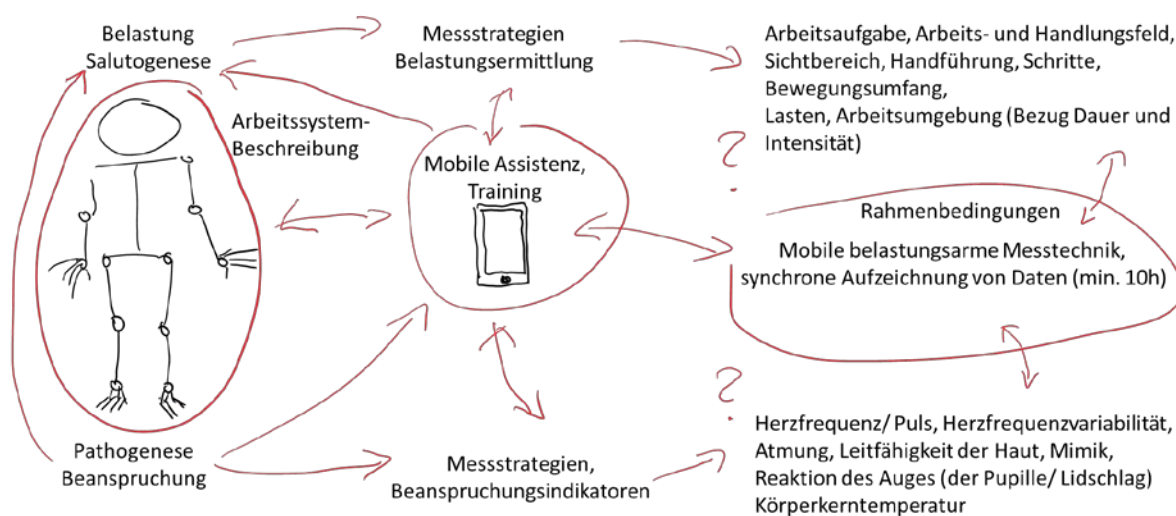


Abbildung 4: Abhängigkeiten bei der Auswahl von Sensoren und Messstrategien zur Entwicklung einer Arbeitsanalyse unter Einsatz von Wearables

In einem längeren Diskussionsprozess wurden typische Arbeitssituationen ausgewählt, wie man diese aktuell in vielen Bereiche der Wirtschaft findet. Ergänzend standen die veränderten Anforderungen einer durch die digitale Transformation veränderten Arbeitswelt im Fokus. In Auswertung verschiedener Studien, wie dem Weißbuch „Arbeiten 4.0“ (BMAS-2016) und Experteninterviews sind die bereits begonnen und weiter zu erwartenden Änderungen im Arbeitsleben für die Laborreihen aufzubereiten und beständig weiter zu entwickeln.

Nach Abschluss der Tests im Laborbereich ist die Anwendung der Wearables in der betrieblichen Praxis vorgesehen. Hier werden drei Formen von Tests unterschieden:

- Tests mit Herstellern von Arbeitsausrüstungen zu Möglichkeiten der Integration von Sensorik in Standardprodukte,
- Test der Akzeptanz von Wearables bezogen auf die Bauform, den Tragkomfort und die betrieblichen Anforderungen,
- Test der Relevanz von Ergebnissen der Laborreihen hinsichtlich Qualität der Messergebnisse, Signifikanz von Messwertänderungen für die empfundene Belastung und Beanspruchung.

3. Umsetzung

Der Umsetzungsprozess für die Entwicklung arbeitsanalytisch und gestalterisch geeigneter Wearables ist durch iterative Optimierungsschleifen geprägt. Nach erfolgreich absolvierten Labortests sind erst reale Anforderungssituationen zu testen, zu überarbeiten und zu optimieren. Später können die Systeme als Ergänzung klassischerer Arbeitsstudien verwendet werden, bis Messergebnisse und deren systemgenerierte Interpretation als sicher und valide eingeordnet werden kann. Die iterative Wiederholung von Labortests und Arbeitsanalysen kann für eine Praxisanwendung frei gegeben werden, wenn die Ergebnisse im realen Umfeld reproduzierbare Ergebnisse garantieren und die Interpretation der Messreihen gesichert ist. Nach einer erfolgreichen Einführungsphase werden weitere Veränderungen der Arbeitswelt, als auch die sich ständig weiter entwickelnden technischen Möglichkeiten verfügbarer Sensoren und Trackingsysteme eine laufende Weiterentwicklung der Systeme erfordern. Notwendigerweise sollte bereits im Rahmen des Entwicklungsprojektes ein Lebenszyklus für die Wearables definiert werden. Mit den noch weiter zu präzisierenden Schritten soll im Folgenden ein Vorgehen umrissen werden, welches dauerhafte Optimierung und damit genauere Messergebnisse sowie eine gute Unterstützung in Arbeitsprozessen und -planung gewährleistet.

3.1 Auswahl geeigneter Messtechnik, Sensorik und am Markt verfügbarer Wearables

Mit dem Schub eines Booms an Fitness-Armbändern, Smart-Watch und sonstigen Gadgets, welche als Ergänzung zum Smartphone angeboten werden, etablierte sich die technologische Entwicklung von Wearables mit dem Schwerpunkt Erfassung von Aktivitäten in Kopplung zu Vitalparametern seines Trägers. Diese Produkte führen im Weiteren zu einer Sensibilisierung für ein gesundheitsbewusstes Verhalten bzw. zur Reflektion möglicher Ursachen für das eigene Verhalten. Innerhalb weniger Jahre weitete sich das Angebot vom einfachen Schrittzähler bis zum Gesundheitscoach für allgemeine Fitness und Stress-Reduktion aus. Die Systeme lassen sich modular erweitern, bieten aber häufig keinen Zugriff auf die erhobenen Rohdaten, schicken ungefragt Daten an das Internetportal und setzen auf spezifische Schnittstellen und Datenaufbereitung. Eine Anwendung der sehr preiswerten Produkte aus dem Sport- und Fitnessmarkt ist damit nur in ausgewählten Einzelfällen oder auf Grundlage der individuellen Entscheidung des Nutzers (Käufers) sinnvoll. Parallel entwickelt sich ein Markt wissenschaftlich orientierter Wearables, welche offene Schnittstellen und Zugriff zu den Rohdaten einer Messung versprechen. Alternativ können frei verfügbare Sensoren zu einem eigenen Wearable kombiniert werden.

3.2 Validierung der ausgewählten Messtechnik

Sind geeignet erscheinende Sensoren, Wearables usw. ausgewählt, muss die Messtechnik auf Grundlage der Basisszenarien hinsichtlich ihrer Eignung getestet und validiert werden. Neben der Durchführung rein empirischer Studien auf der Suche nach einer statistisch signifikanten Korrelation von Messwerten mit den empfundenen Beanspruchungen der Testpersonen im Laborversuch, lassen sich die gemessenen Werte mit Daten der Grundlagenwerke von Hettinger-1970; Durnin-1967 oder Grandjean-1991 verifizieren. In Bezug zum Einsatzbereich müssen zudem

zulässige Abweichungen bzw. die Fehlertoleranz definiert werden. Sind für eine Trendaussage die verzögerten Reaktionen optischer Sensoren zur Herzfrequenzmessung am Handgelenk noch tolerierbar, kann die um bis zu 30 Sekunden versetzte Ermittlung des tatsächlichen Wertes bei einem Arbeitseinsatz unter extremen Bedingungen lebensgefährdende Folgen haben.

3.3 Aufbau einer Datenbasis und Entwicklung spezifischer Wearables

Mit der Durchführung von Untersuchungen im Labor lassen sich die eingesetzten Sensoren vergleichend bewerten, Korrelationen zwischen verschiedenen Einflussfaktoren und Grenzwerte ermitteln. Diese Daten stellen sowohl die Datenbasis für eine Auswertung der Arbeitsanalyse als auch die Ableitung von Gestaltungs- und Handlungshinweisen dar. Lassen sich eindeutige Trends und Grenzwerte ableiten, so können diese Ergebnisse an ein individuelles Assistenzsystem, ein Trainingsprogramm oder die betriebliche Einsatz- und Arbeitsplanung weitergegeben werden.

Um den Anforderungen der Nutzer gerecht zu werden unterliegen auch Wearables gestalterischen Anforderungen der Ergonomie, der Usability sowie weiteren akzeptanzbildenden Merkmalen. Eine Aufgabe der Gestaltung von Wearables ist die Gewährleistung, dass der Nutzer selbstständig die Sensoren messtechnisch korrekt positioniert. Design soll und kann auf diesem Weg helfen, möglichst genaue Messergebnisse zu liefern. Von besonderer Bedeutung ist, dass korrektes Tragen von Wearables bei einer Nutzung über den gesamten Arbeitstag.

3.4 Entwicklung Dienstleistungen

Neben einer für das Individuum zu optimierenden Arbeitssituation lassen sich auf Grundlage einer anonymisierten Datenbasis zahlreiche weiterführende Dienstleistungen entwickeln. Denkbar wären Leitsysteme für Einsatzkräfte in besonders belastender Umgebung, Systeme zur Personaleinsatzplanung, die Anpassung von Technik und Arbeitsabläufen oder die Entwicklung von Trainingsprogrammen.

3.5 Prüfung

Prüfung der eingesetzten Messtechnik, Messmethodik, Analytik und Gestaltung hinsichtlich Verbesserungspotentialen und Ableitung von Optimierung des Gesamtkonzeptes. Wiederholende Durchführung der Arbeitsschritte.

4. Ausblick

Die Entwicklung modularer auf eine spezifische Arbeitssituation zugeschnittene Wearables, welche neben der Messung relevanter Daten und deren Verknüpfung zu einer Beurteilung der Belastungs-Beanspruchungssituation eingesetzt werden können, steht erst am Anfang. Erfüllen die in Entwicklung befindlichen Systeme die Erwartungen hinsichtlich Aussagegenauigkeit und belastungsarmer Mobilität, ergeben sich neue Möglichkeiten einer ganzheitlichen Arbeitsanalyse.

Insbesondere für die von einer herkömmlichen Planung entkoppelten Tätigkeiten in der Zukunft einer digitalen Transformation von Industrie und Arbeitswelt könnten

mit derartigen Mess- und Assistenzsystemen bessere Arbeits- und Lebensbedingungen geschaffen werden, statt den Menschen zum Erfüllungsgehilfen einer hoch technisierten Arbeitswelt zu degradieren.

Moderne Technologien bieten die Chance, den Menschen von einseitigen, monoton belastenden Tätigkeiten zu befreien und abwechslungsreiche, persönlichkeits-förderliche Arbeit zu entwickeln, wie es die Plattform Industrie 4.0 fordert (BITKOM-2015). Möglich wäre aber auch eine Entwicklung, in der der Glaube an die Technologie bisherige die nach Harari in den westlichen Industriestaaten praktizierte „Religion des Humanismus“ ersetzen könnte (Harari-2017). Wearables, ob privat oder industriell, wären dann nur ein nächster Schritt zum Cyborg. Dies sollte nicht das Streben von Wissenschaft sein und ist deshalb auch nicht Ziel und Inhalt des vorgestellten Projektes.

5. Literatur

- Betriebsverfassungsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. September 2001 (BGBl. I S. 2518), das zuletzt durch Artikel 6 des Gesetzes vom 17. Juli 2017 (BGBl. I S. 2509) geändert worden ist.
- BITKOM, VDMA, ZVEI: „Whitepaper FuE-Themen“; Plattform Industrie 4.0; 07.04.2015
- BMAS: Weißbuch „Arbeiten 4.0“; Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2016
- Durnin, J.V.G.A.; Passmore, R.: Energy, work and leisure; Heinemann Educational Books Ltd. London; 1967
- Grandjean, E.: Physiologische Arbeitsgestaltung. Leitfaden der Ergonomie, Ecomed-Storck; ÖTT-Verlag Thun; 1991
- Harari, Y.N.: „Homo Deus. Eine kurze Geschichte von Morgen.“; C.H. Beck Verlag, München 2017
- Hettinger, Th.: Angewandte Ergonomie; Bartmann-Verlag, Frechen, 1970 Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen (ISO 6385:2016); Deutsche Fassung EN ISO 6385:2016.
- Rohmert, W.: „Formen menschlicher Arbeit“, In: Rohmert, W.; Rutenfranz, J. (Hrsg.): Praktische Arbeitsphysiologie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag 1983
- Rothe, I.; L. Adolph, L. u.a.: „Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt - Wissenschaftliche Standortbestimmung“; 1. Auflage. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2017



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Fokus Mensch im Maschinen- und Fahrzeugbau 4.0

Herbstkonferenz der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Institut für Betriebswissenschaften und
Fabriksysteme / TU Chemnitz

ICM - Institut Chemnitzer Maschinen-
und Anlagenbau e.V.

28. und 29. September 2017

GfA Press

**Dokumentation der Herbstkonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
vom 28. und 29. September 2017, Chemnitz**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2017
ISBN 978-3-936804-23-2

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Konferenzband

Als Manuskript zusammengestellt. Dieser Konferenzband ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.)
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 Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein
anderes Verfahren) zu vervielfältigen.

USB-Print: Isabell Grundmann

Screendesign und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de