

Arbeitsplatzanalyse im Kontext der vierten industriellen Revolution

Gordon LEMME¹, Peter HEISIG²

¹ *Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Dresden,
Abteilung Cyber-physische Produktionssysteme
Nöthnitzer Straße 44, D-01187 Dresden*

² *Technische Universität Dresden, Institut für Software- und Multimediatechnik,
Lehrstuhl Softwaretechnologie
Nöthnitzer Straße 46, D-01187 Dresden*

Kurzfassung: Durch eine zunehmende Digitalisierung und Vernetzung im Bereich der Fertigung lässt sich zukünftig eine Arbeitsumweltfaktoren-erfassung, auf Basis von Einplatinencomputern, als ein System von Systemen integrieren. Diese repräsentieren ein mit Sensoren erfasstes physisches Belastungsabbild innerhalb des Werkstatturnfeldes und ermöglichen dessen Visualisierung und Weiterverarbeitung. In dieser Arbeit wird ein entstandener Prototyp zur Parameterbereitstellung für Luftqualität, Lärmbelastung Beleuchtung und Vibrationsintensität vorgestellt. Durch dieses System lassen sich zum einen Umweltfaktoren parallel und kontinuierlich an beliebigen Orten erfassen, gleichzeitig besteht die Möglichkeit, diese Umgebungsparameter in eine direkte Korrelation zu Maschinendaten und somit Fertigungsvorgängen zu setzen.

Schlüsselwörter: Arbeitsumweltfaktorenerfassung, Arbeitsschutz, Wearables, Embedded System, OPC UA

1. Einleitung

Die zunehmende digitale Transformation, als Teil der vierten industriellen Revolution, ermöglicht durch eine zusätzliche Technikminiaturisierung eine nie zuvor gekannte und vollumfängliche Datenerhebung. Daten, ihre Aggregation sowie eine darauf basierende Interpretation, bilden entsprechend der Wissenstreppe nach North (vgl. North et al. 2016) Informationen, welche im digitalen Zeitalter die Grundlage wettbewerblichen Handelns bildet. Parallel dazu befähigt die Vernetzung eine stetige Komplexitätssteigerung in allen Bereichen der Fertigung innovativer Produkte und eröffnet neue Möglichkeiten durch die Kombination sowie Interpretation von Daten aus bislang nicht verknüpften Datenquellen. Aus dieser Analyse entwickeln sich optimierte, komplexere Bearbeitungsmaschinen und Verfahren müssen weiter- oder neu entwickelt werden, um die maximale Produktindividualität, angestrebte „Losgröße 1“, in der industriellen Fertigung zu realisieren. Durch die zunehmende Digitalisierung und den steigenden Automatisierungsgrad (Industrie 4.0) sowie arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse, beispielsweise zum Job-Enlargement, werden sich Tätigkeiten künftig durch eine höhere Dynamik, Flexibilität und weniger ortsfeste Arbeitsplätze der Beschäftigten auszeichnen. Daraus ist eine erschwerte und dem realen Arbeitstag repräsentative Messung der Lärmbelastung anzunehmen. Hierzu heißt es bereits 2010 in den Technischen Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung: „(3) Erfahrungsgemäß bewegen sich die Beschäftigten an

vielen ortsfesten Arbeitsplätzen in einem größeren Bereich, so dass sich eine mittlere Mikrofonposition nicht ohne weiteres festlegen lässt. In solchen Fällen empfiehlt es sich, das Mikrofon von Hand den Bewegungen des/der Beschäftigten nachzuführen und die daraus resultierenden örtlichen Pegelschwankungen energetisch zu mitteln“ (Ausschuss für Betriebssicherheit, 2010). Neue, verkleinerte und vernetzte Sensoren bieten allerdings die Möglichkeit, ein digitales Abbild, als Ergebnis einer aktuellen Statusrepräsentation, sowie eines digitalen Schattens, als Ergebnis historischer Werte der Arbeitsumweltfaktoren, darzustellen. Bestes Beispiel liefern hier Fitness-armbänder (Wearables), die den gegenwärtigen Puls (Teil des digitalen Abbildes) und die Gesamtbelastung über einen Zeitraum in Form einer Verlaufskurve nach einer Aktivität (digitaler Schatten) darstellen. Auch andere Messsysteme aus dem Consumer-Bereich (z. B. Smartphones) bieten die Möglichkeit zur Erfassung von Arbeitsumweltfaktoren (vgl. Merkel et al. 2015).

Um diese Datenerhebung auf ein ganzheitliches Niveau zu heben, ist die flächendeckende Vernetzung dieser einzelnen Sensordaten im Kontext von Industrie 4.0 eine grundlegende Bedingung. Das bedeutet, dass „Dinge“ (Wearables, Maschinen, Gebäudeautomationseinrichtungen, u. a.) miteinander kommunizieren und in Interaktion treten müssen, um die Vielzahl an zur Verfügung stehenden Daten austauschen und umfassend verarbeiten zu können.

Als Summe der allgegenwärtigen Informationsverarbeitung (ubiquitous computing), dem Internet der Dinge und Dienste sowie dem Cloud Computing (vgl. Roth 2016) entstehen dadurch Cyber-physische Systeme. Diese bilden in ihrer Kombination im Fertigungsbereich und unter Einbeziehung von Mensch-Maschine-Schnittstellen Cyber-physische Produktionssysteme (ein System von Systemen). Zukünftig wird eine Fertigungsstätte ein System von miteinander verbundenen Einzelsystemen sein, bei dem der Arbeitsschutz und die Arbeitssicherheit die Chance haben, ein eigenes integrierbares System bereitzustellen. Dazu wird im Rahmen dieser Arbeit ein Ansatz vorgestellt, mit dem Sensordaten zur Arbeitsumweltfaktorenerfassung über Einplatinencomputer in ein Fertigungssysteme (z. B. über OPC UA) eingebunden werden können, um ein digitales Umgebungsabbild in Echtzeit, im Sinne der Prozessanforderungen, und durch die Kombination verschiedener Sensoren zu generieren. Durch die Anbindungsmöglichkeit über OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture), einem industriellen Maschine-Maschine-Kommunikationsprotokoll, lassen sich die Sensordaten der Arbeitsumwelt mit konkreten Maschinendaten in Beziehung setzen. Hierdurch ist die Erstellung eines ganzheitlichen, kontinuierlichen Belastungsabbildes für physische Werte sowohl orts- als auch personenbezogen möglich.

Die Autoren treten mit ihrer prototypischen Umsetzung keinesfalls in Wettbewerb zu bestehenden hochsensiblen Messgeräten, die hinsichtlich der Genauigkeit gegenüber dem Demonstrator überlegen sind. Vielmehr soll der hier vorgestellte Ansatz als Impuls hinsichtlich einer ganzheitlichen Datenerfassung und Datenverknüpfung dienen. Ein Systembenchmark gegenüber derzeitigen Messsystemen steht bislang aus.

2. Messmethoden

Der Informationsbroschüre der BGHM „Lärm am Arbeitsplatz“ nach, sind „Geräuschimmissionsmessungen am Arbeitsplatz [...] meistens schwieriger als zunächst vermutet, insbesondere dann, wenn es sich um verschiedene Tätigkeiten

handelt, die zeitlich und örtlich wechseln.“ (Berufsgenossenschaft Holz und Metall 2013, S. 14). Aktuell werden Tages- und Wochen- Lärmexpositionspegel repräsentativ gemessen und gemittelt (Ausschuss für Betriebssicherheit 2010), um den Messaufwand zu minimieren. Gleichzeitig geht diesem Vorgang eine intensive Analyse des Arbeitsablaufes voraus, um eine aussagekräftige Messung durchzuführen. Hierbei sind Kenntnisse über die Inhalte der LärmVibrationsArbSchV, geeignete Messverfahren nach DIN EN ISO 9612, bestimmende Messgrößen und Parametern von Randbedingungen, lärmrelevante Tätigkeiten und Arbeitsmittel sowie dafür geltende Vorschriften, die Dokumentation der Messung und zur Beurteilung möglicher Wechsel- oder Kombinationswirkungen erforderlich (vgl. Ausschuss für Betriebssicherheit 2010). Zudem wird zwischen personengebundenen Messungen, bei dem die Beschäftigten ein Lärmdosimeter am Körper tragen und einer ortsfesten Messung mit einem Handschallpegelmesser, „an einem bestimmten Ort, ggf. unter Nachführung des Mikrofons entsprechend den Bewegungen des/der Beschäftigten.“ (Ausschuss für Betriebssicherheit 2010) unterschieden. Das Ziel besteht in der Bestimmung des Tages-Lärmexpositionspegels, der als wichtigster Kennwert zur Beurteilung der Gehörgefährdung dient (Ausschuss für Betriebssicherheit 2010).

Durch die sich voraussichtlich zukünftig permanent ändernden Arbeitseinflüsse, weg von der Fließbandarbeit oder der reinen Maschinenbedienung hin zu dynamischen Wartungs- und Steuerungsaufgaben in heterogenen Arbeitsumfeldern, wird eine kontinuierliche und aufwandsarme Bewertung der Arbeitsumweltfaktoren zunehmend von größerer Bedeutung, um die Arbeitsfähigkeit der Beschäftigten langfristig zu erhalten.

3. Umsetzung

Um das vorgestellte System in ein bestehendes Arbeitsumfeld zu integrieren sammeln die angeschlossenen Sensoren (z. B. Temperatur und Luftqualität, Abbildung 1, rechts) die Daten des physischen Kontextes ein. Dabei bietet das genutzte Grove-System mit seinem modularen Konzept zur Anbindung der Sensoren (durchgezogene Linien der Abbildung 2) die Möglichkeit, einheitliche Messungen einer Vielzahl von Arbeitsumweltfaktoren durchzuführen. Angeschlossen an eine

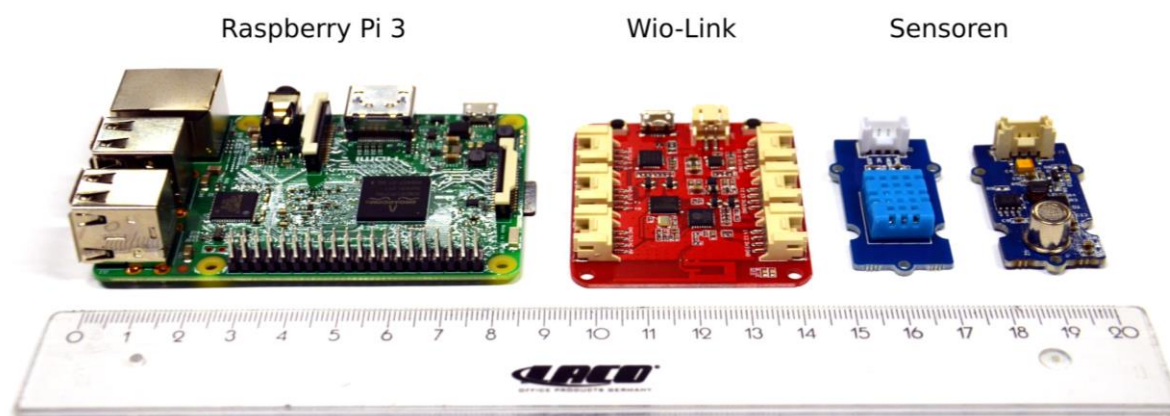


Abbildung 1: *Verwendete Hardwarekomponenten für die prototypische Umsetzung des Arbeitsumweltfaktorenerfassungssystems.*

zusätzliche Wio-Link-Platine (Abbildung 1, Mitte) werden die Signale aggregiert und

kabellos über WLAN an einen Raspberry Pi (Abbildung 1, links) übertragen. Neben einer Wio-Link-Platine zur personenbezogenen Kontexterfassung sammelt eine weitere Platine die Daten des ortsbezogenen Umfelds ein (vgl. Abbildung 2, links). Der Raspberry Pi wandelt diese in semantische Informationen um und legt sie in einem digitalen Modell zur Beschreibung der Realität (Laufzeitmodell) ab. Mit Hilfe der OPC Unified Architecture (OPC UA) erfolgt eine Bereitstellung dieses digitalen Modells, wobei über die einheitliche Schnittstelle der Unified Architecture mobile und stationäre Endgeräte, wie Tablets, Smartphones und PCs, kabellos (gestrichelte Linien der Abbildung 2) mit dem System verbunden werden können. Der Export von Informationen in tabellarischer Form, wie auch die Visualisierung des physischen Kontextes, wird über eine Web-Anwendung ermöglicht (vgl. Abbildung 3). Durch diese browserbasierte Nutzungsschnittstelle ist keine zusätzliche Software auf dem Endgerät notwendig. Sie zeichnet sich durch Plattformunabhängigkeit und Endgerät-adaptives Verhalten (responsive Design) aus.

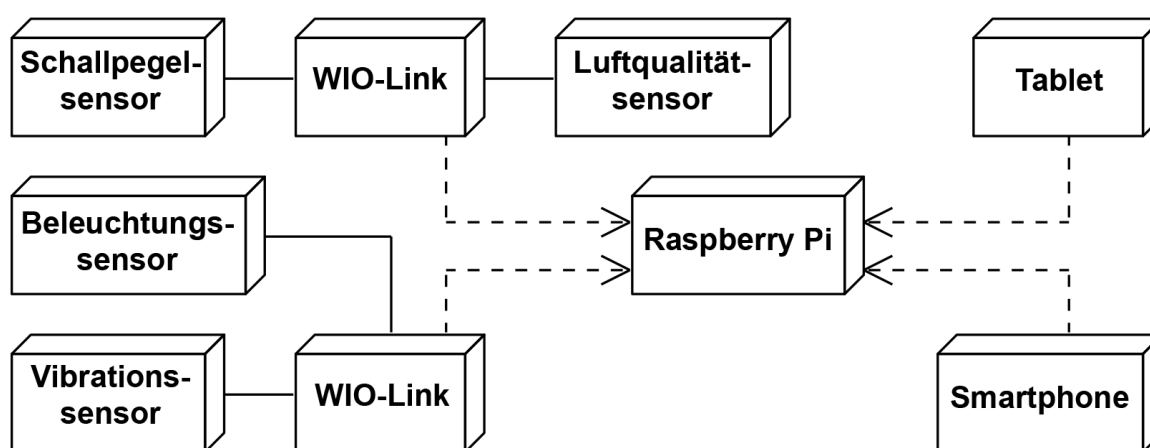


Abbildung 2: Verbindung der Komponenten des Erfassungssystems

4. Ergebnis

Zum Erfassen physischer Parameter (Arbeitsumweltfaktoren) können Sensoren an entsprechender Position (vgl. Abschnitt Messmethoden) in das Arbeitsumfeld integriert werden. Eine Vielzahl an Messsensoren ermöglicht dabei ein umfassendes digitales Abbild. Durch drahtlose Kommunikationstechnologien ist die Überwachung des Kontextes ortsunabhängig. Sie erfolgt, im Gegensatz zu spezifischen Messzeitpunkten, kontinuierlich und erlaubt damit einen nahtlosen Einblick in die Umgebung des Beschäftigten. Mit dem skalierenden Arbeitsumweltfaktorenerfassungssystem kann das gesamte Betriebsumfeld abgedeckt werden, wobei zumeist vorhanden IT-Infrastrukturen (LAN, WLAN) sowie die zum Einsatz kommenden kostengünstigen Einplatinencomputer den ökonomischen Aufwand der Integration verringern. Durch die Anbindungsmöglichkeiten mobiler Endgeräte (z. B. Smartphone, Tablet) und stationärer PCs können die Informationen zentral ausgewertet und weiterverarbeitet werden. Die aktuellen Arbeitsumweltfaktoren können in Echtzeit, im Sinne der Prozessanforderung, durch eine grafische Visualisierung abgebildet werden. Mit der Exportfunktion können beliebige Zeiträume der Erfassung in bestehende Anwendungsprogramme wie Microsoft Excel übertragen werden.

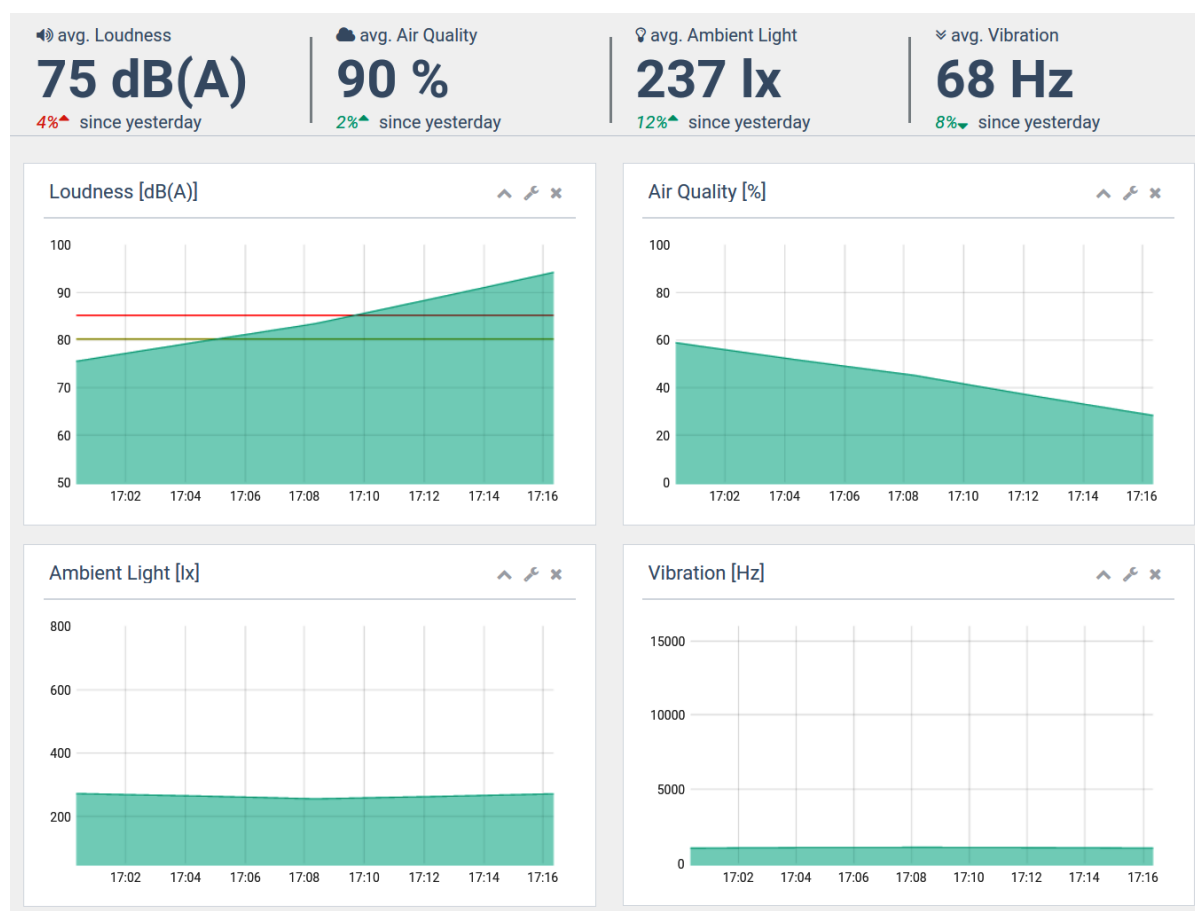


Abbildung 3: Visualisierung der Arbeitsumweltfaktoren Schallpegel, Luftqualität, Beleuchtung und Vibration. Der obere Teil zeigt den Tagesdurchschnitt und die Veränderung bezüglich des Vortages.

5. Ausblick

Korrelationen zwischen gemessenen Arbeitsumweltfaktoren und Betriebs-/Prozessdaten der Fertigungsstrecke können einen detaillierten sowie ganzheitlichen Einblick in die Wechselwirkung zwischen Beschäftigtem und Maschine geben. Eine Fusion der Daten und Ableitung von Informationen ermöglicht die Abbildung komplexer Szenarien im Arbeitsalltag, wodurch das Arbeitsumfeld, der Arbeitsschutz und die Produktivität durch ein gemeinsames System von Systemen verbessert werden können.

Die Integration präziser Spezielsensorik sollte hierbei eine übergeordnete Rolle spielen. Gleichzeitig gilt es, das prototypische Arbeitsumweltfaktorenerfassungssystem im realen Fertigungsbetrieb einzusetzen, entsprechend den Anforderungen (Art der Sensoren) anzupassen und gegenüber herkömmlichen Verfahren zu evaluieren. Aufgrund der möglichen Vielzahl an Daten müssen geeignete Datenauswertungsmethoden und Algorithmen entwickelt werden, um geeignete Beziehungen zu anderen Systemen (Maschinen, Gebäudeautomationseinrichtungen, Wearables) herstellen zu können und schlussendlich den Daten eine sinnvolle, insbesondere für den Arbeitsschutz, Bedeutung beizumessen.

6. Literaturverzeichnis

- Ausschuss für Betriebssicherheit. (2010). Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung - Teil 2: Messung von Lärm. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin.
- Ausschuss für Betriebssicherheit. (2010). Technische Regeln zur Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung - Teil 1: Beurteilung der Gefährdung durch Lärm. Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitmedizin.
- Berufsgenossenschaft Holz und Metall. (2013). Lärm am Arbeitsplatz. Mainz.
- Merkel, T., Spitzhirm, M., & Bullinger, A. C. (2015). Einsatzszenarien für Smartphone und Wearables zur Verbesserung von Ergonomie, Arbeits- und Gesundheitsschutz. In INNTERACT CONFERENCE. Chemnitz: Verlag aw&l Wissenschaft und Praxis.
- North, K., Brandner, A., & Steininger, T. (2016). Wissensmanagement für Qualitätsmanager - Erfüllung der Anforderungen nach ISO 9001:2015. Heidelberg: Springer Gabler Verlag.
- Roth, A. (2016). Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0: Grundlagen, Vorgehensmodelle und Use Cases aus der PRaxis (1. Ausg.). (A. Roth, Hrsg.) Heidelberg: Springer Gabler Verlag.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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.

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de