

## **Datenerfassung für den digitalen Zwilling der Mitarbeitenden zur flexiblen und belastungsoptimierten Personaleinsatzplanung in der Produktion**

Matthias HAUPTVOGEL, Pia STÜRZEBECKER, Florian WARSCHEWSKE,  
Tina HAASE

*Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF,  
Sandtorstraße 22, D-39106 Magdeburg*

**Kurzfassung:** Bei der Ausführung von manuellen Tätigkeiten in der Produktion treten verschiedene Belastungen auf. Die Beanspruchung, die dadurch entsteht und von den Mitarbeitenden wahrgenommen wird, ist sehr individuell. Um diesen Umstand im Planungsprozess zu berücksichtigen, werden im Rahmen des Projekts *FlexPro* im Produktionsleitsystem bei den Anwendungspartnern die Profile der Mitarbeitenden um Parameter-Sets ergänzt, die eine Charakterisierung der persönlichen Belastungsgrenzen ermöglichen. Durch kontinuierliche Erfassung von Live-Daten während der Tätigkeit und Abgleich mit den persönlichen Vorgaben sollen die Mitarbeitenden im Falle von unerwarteten Belastungsspitzen außerdem flexibel eine neue Tätigkeit zugewiesen bekommen, bevor es zu Über- bzw. Fehlbeanspruchungen kommt.

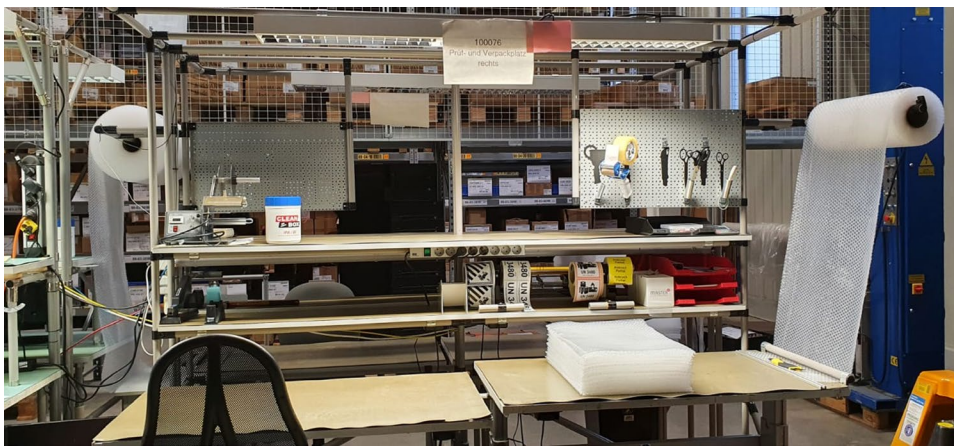
**Schlüsselwörter:** Personaleinsatzplanung, digitaler Zwilling, flexible Produktion, Belastungsfaktoren, Datenerfassung

### **1. Flexibler Einsatz der Mitarbeitenden**

Im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „FlexPro – Wissensarbeit in der Produktion“ wird derzeit eine Vorgehensweise erarbeitet und erprobt, bei der die Mitarbeitenden in der Produktion flexibel und belastungsoptimiert eingesetzt werden sollen.

Das Kernziel dieses Projektes ist die Flexibilisierung der Einsatzmöglichkeiten der Mitarbeitenden. Der flexible Einsatz der Mitarbeitenden soll insbesondere dabei helfen, langfristige Schäden (z. B. des Herz-Kreislauf-Systems oder des Skeletts) durch Über- bzw. Fehlbeanspruchungen zu verhindern. Durch individuelle Unterstützung auf Basis eines durch Assistenzsysteme unterstützten Wissensmanagements sollen die Produktionsplanung und die Personaleinsatzplanung agiler gestaltet werden können. Die flexiblere Planung wird durch die Erweiterung und Verknüpfung der Planung mit einem Wissens-Hub, mit digitalen Zwillingen der Mitarbeitenden und der Maschinen sowie mit Arbeitsplatz-integrierten Assistenzsystemen realisiert. Die Zielgruppe für dieses zu entwickelnde Planungsmodul sind produzierende Unternehmen. In den Unternehmen kann dadurch Jobrotation ermöglicht oder verbessert werden, indem Wissen gespeichert und bei Bedarf nutzer- und anwendungsspezifisch bereitgestellt wird.

Zu Projektbeginn wurde deshalb eine Arbeits- und Anforderungsanalyse durchgeführt. Über Beobachtungen, Interviews und Expertenworkshops mit den Mitarbeitenden in den beiden im Projekt beteiligten Anwendungsunternehmen wurde die Charakteristik ausgewählter manueller Arbeitsplätze bestimmt und im Hinblick auf deren Belastungsfaktoren analysiert (Stürzebecher et al. 2023). In beiden Unternehmen ergaben sich ähnliche Resultate: Die Haltung, die Monotonie, die Lautstärke, die Temperatur und das Gewicht der zu bearbeitenden Bauteile wurden als wesentliche Belastungen identifiziert. Sie treten jedoch nicht einheitlich an allen Arbeitsplätzen auf, sondern sie sind sehr arbeitsplatzspezifisch. Die Beanspruchung der Mitarbeitenden unterliegt ihren jeweiligen subjektiven Wahrnehmungen und Empfindungen. Resultierend aus den mitarbeiterspezifischen Ressourcen und persönlichen Vorlieben muss die Beanspruchung deshalb für jede Person individuell bewertet werden.



**Abbildung 1:** Prüf- und Verpackplatz beim Anwendungspartner Ansmann AG

Aus diesen Ergebnissen wurde jeweils ein Pool von geeigneten Arbeitsplätzen identifiziert (bei Anwendungspartner Ansmann AG z. B. der Prüf- und Verpackplatz (siehe Abbildung 1), ein Montagearbeitsplatz und der Arbeitsplatz der Zellenselektion), zwischen denen sich ein Arbeitsplatzwechsel anbietet. Die Belastungsfaktoren an den ausgewählten Arbeitsplätzen sollten sich möglichst stark voneinander unterscheiden, um die Beanspruchung hinsichtlich bestimmter dauerhafter Belastungen unterbrechen zu können (beispielsweise Wechsel zwischen sitzender und stehender Tätigkeit).

## 2. Digitaler Zwilling

Im Produktionssystem, das beide Anwendungspartner nutzen, sind die Profile aller in der Produktion mitarbeitenden Personen hinterlegt. Diese digitalen Zwillinge beinhalten bisher aber in erster Linie Informationen über Verfügbarkeiten oder Qualifikationen der Personen, die als Eingangsdaten für die Personaleinsatzplanung verwendet werden. Deshalb werden die Mitarbeitendenprofile nun um zusätzliche Parametersets erweitert, damit auch die relevanten Belastungsfaktoren für die Tätigkeiten an den betrachteten Arbeitsplätzen während des Planungsprozesses zur Verfügung stehen. Für jeden Mitarbeitenden können so angepasste arbeitsplatzspezifische Bereiche innerhalb der zulässigen Grenzwerte definiert werden, die zu einer optimierten

Beanspruchung beitragen. Dadurch ist es möglich, individuelle Bedürfnisse jeder Person der Produktionsplanung zugänglich zu machen und sie in diesem Prozess zu berücksichtigen.

Bei der Festlegung der individuellen Zonen der Belastungsfaktoren, die dann auch ein aus subjektiver Sicht optimales Arbeiten erlauben, erfolgt auf Basis der gesetzlichen Grenz- oder Richtwerte, die den Rahmen bilden – für Temperatur und Lautstärke beispielsweise aus den Technischen Regeln für Arbeitsstätten (BAuA 2021, BAuA 2022). Der persönliche Bereich für ein möglichst beanspruchungsoptimiertes Arbeiten soll sich an diesen Vorgaben orientieren.

Für Haltung und Monotonie können die Mitarbeitenden vorgeben, wie lang sie an den jeweiligen Arbeitsplätzen arbeiten können, bevor sie Auswirkungen spüren. Monotonie kann beispielsweise Auswirkungen auf das Wohlbefinden, die Motivation und die Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden haben. Eine ungünstige Haltung bei der Ausführung einer Arbeitsaufgabe kann einen negativen Einfluss auf das Muskel-Skelett-System einer Person ausüben. Kurzfristig können Belastungen dieser Art zu schlechteren Arbeitsergebnissen führen, während sie langfristig die Gesundheit der Mitarbeitenden beeinträchtigen. (Richter & Hacker 1998)

Während der Tätigkeit soll der digitale Zwilling der arbeitenden Person deshalb kontinuierlich mit Live-Daten versorgt werden, die die Belastung charakterisieren und die parallel zur Tätigkeit am Arbeitsplatz aufgezeichnet werden. Dadurch kann sichergestellt werden, dass trotz Berücksichtigung in der Planungsphase die persönlichen Belastungsgrenzen während der Ausführung der Arbeitsaufgabe nicht überschritten werden. Da es sich bei der Erfassung der Live-Daten um sensible, teils personenbezogene Daten handelt, ist im Projekt die Gemeinsame Arbeitsstelle RUB / IGM der Ruhr-Universität Bochum involviert, die in diesem Zusammenhang die gesetzlichen mitbestimmungsrechtlichen Grundlagen überprüft und einen Ansatz zur mitbestimmungsgerechten Mitarbeitereinsatzsteuerung entwickelt (Prinz et al. 2023).

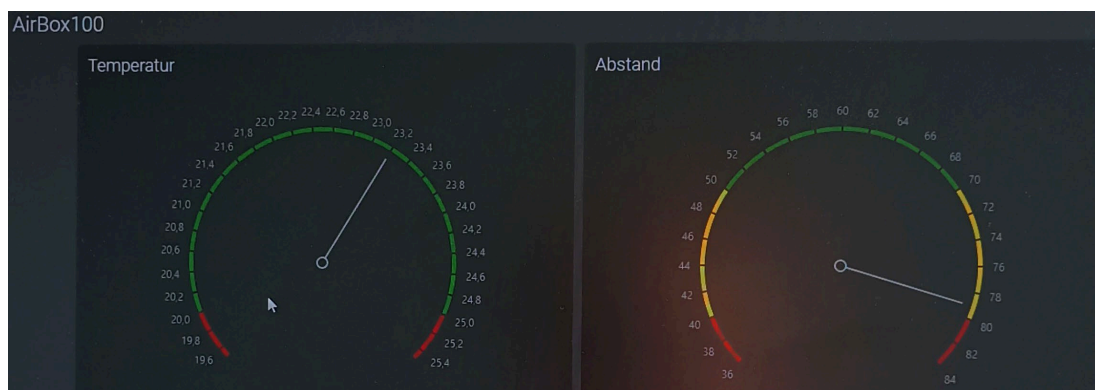
### **3. Datenerfassung**

Das am Fraunhofer IFF entwickelte Datenerfassungssystem AirBOX (Ohannessian et al. 2019) wurde für diese Zwecke entsprechend angepasst und bei den Anwendungspartnern an den Arbeitsplätzen zum Einsatz gebracht (siehe Abbildung 2 rechts). Das System erfasst die relevanten Messgrößen der Belastungsfaktoren, wie beispielsweise Schallpegel oder Temperatur, und sendet diese Werte an das Produktionssystem, wo sie dem Profil des aktuell tätigen Mitarbeitenden zugeordnet werden.



**Abbildung 2:** AirBOX des Fraunhofer IFF mit zugehörigen Sensoren (links) und AirBOX installiert am Verpackarbeitsplatz beim Anwendungspartner Ansmann AG (rechts).

Dazu wurden die AirBOXen per WLAN in die IT-Infrastruktur der Unternehmen eingebunden. An die AirBOX selbst können Sensorelemente zur Erfassung unterschiedlichster Messgrößen angeschlossen werden (siehe Abbildung 2 links). Für die Ermittlung der Umgebungsbedingungen an den Arbeitsplätzen wurden Temperatur-, Luftqualitäts- und Schallpegel-Sensoren ausgewählt. Das Datenerfassungssystem versendet kontinuierlich diese Messdaten, die das Produktionsleitsystem empfängt, abspeichert und auf Wunsch anzeigt (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3:** Beispielhafte Darstellung der Live-Werte und Grenzwerte zweier am Arbeitsplatz aufgezeichneter Messgrößen im Produktionsleitsystem

Schwieriger gestaltet sich die messtechnische Erfassung und Quantifizierung der Beanspruchung durch Haltung oder Monotonie. Körpergetragene Systeme wären eine denkbare Möglichkeit; diese Systeme haben aber häufig Akzeptanzprobleme, insbesondere im Dauereinsatz. Die kontaktlose optische Erfassung, beispielsweise mit einer 3D-Kamera, wäre deshalb eine bessere Option. Der Aufwand zur Aufnahme und Auswertung solcher Messdaten ist im aktuellen Projektrahmen jedoch nicht umsetzbar. Deshalb wurde hier ein pragmatischer Ansatz gewählt, indem die Mitarbeitenden eine Zeitdauer vorgeben, die sie an den unterschiedlichen Arbeitsplätzen bzgl. Haltung und Monotonie gut bewältigen können. Während der Tätigkeit wird dann nur die Zeit mitgestoppt, die sie am jeweiligen Arbeitsplatz aktiv sind, und an das Produktionsleitsystem übermittelt.

Eine Abschätzung der Gewichte der zu handhabenden Bauteile soll über hinterlegte Daten aus den Aufträgen erfolgen. Ein Wiegen aller Bauteile wäre zu aufwendig, es kostet Zeit und zusätzliche Handgriffe. Eine direkte Übertragung der Daten aus dem

geplanten Auftrag wäre effizienter und ist ausreichend genau für die Abschätzung, wann das Limit dieser Beanspruchung erreicht ist. Der entsprechende Datenfluss wird gemeinsam mit den Anwendungspartnern entwickelt und eingerichtet.

#### 4. Belastungsoptimierte Personaleinsatzplanung

All diese eingehenden Daten stehen nun dem Planungstool als Grundlage für die flexible Einsatzplanung der Mitarbeitenden zur Verfügung, sodass auch spontan auf unerwartete Belastungsereignisse reagiert und bei Bedarf umgeplant werden kann.

Derzeit wird im Projekt-Team noch diskutiert, welche Maßnahmen und mit welchem Planungshorizont erfolgen sollen, wenn ein Verlassen der zugelassenen Bereiche der Belastungsfaktoren erkannt wird. Im einfachsten Fall könnte nur eine Information an die Vorgesetzten verschickt werden. Denkbar wäre es auch, dass eine automatische Umplanung auf einen anderen Arbeitsplatz erfolgt. Ob sich das als praktikabel und in der Produktion umsetzbar erweist, sollen erste Experimente in den Pilotbereichen der Anwendungspartner zeigen. Insbesondere eine sehr kurzfristige Ad-hoc-Umplanung wird eher kritisch gesehen. Es müssen daher noch Erfahrungen gesammelt werden, wann ein Tausch wirklich sinnvoll und aus organisatorischer Sicht auch realisierbar ist.

#### 5. Literatur

BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, „Technische Regel für Arbeitsstätten: ASR A3.7 Lärm“, 2021

BAuA – Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, „Technische Regel für Arbeitsstätten: ASR A3.5 Raumtemperatur“, 2022

Ohannessian H, Warschewske F, Woitag M: "Online Data Acquisition and Analysis Using Multi-Sensor Network System for Smart Manufacturing", Smart SysTech 2019 - European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies, München, 2019

Prinz C, Gorsek D, Ranft A, Stürzebecher P, Haase T, Hauptvogel M, Wannöfel M, Kuhlenkötter B: "Flexible Produktion: Partizipative Gestaltung einer individualisierten Personaleinsatzplanung unter Berücksichtigung von Belastungsfaktoren mit Unterstützung des Wissensmanagements", Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb Vol. 118, Issue 6, 2023: S. 387–394. <https://doi.org/10.1515/zwf-2023-1075>

Richter P, Hacker W: „Belastung und Beanspruchung: Stress, Ermüdung und Burnout im Arbeitsleben“. Asanger, 1998.

Stürzebecher P, Gorsek D, Hauptvogel M, Haase T, Prinz C, Kuhlenkötter B: „Identifikation von Belastungsfaktoren in der Produktion und Implikationen für die Prävention“, 69. GfA FRÜHJAHRSKONGRESS – Analyse und Gestaltung lernförderlicher und nachhaltiger Arbeitssysteme und Arbeits- und Lernprozesse, Hannover, 2023

**Danksagung:** Das Vorhaben „Wissensarbeit in der Produktion – Partizipative flexible Produktionsplanung auf Basis eines intelligenten plattformbasierten Wissensmanagements (FlexPro)“ (FKZ 02L20C512) wird im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit: Mittelstand – innovativ und sozial“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.





Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration  
und ihre Auswirkung auf Mensch,  
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement IAT  
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für  
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024**

**Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart**

**In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin, Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

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.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003, Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

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