

Softwaregestützte Vorgabezeitermittlung an Produktionsanlagen eines mittelständischen Herstellers von Federkomponenten

Benedikt A. LATOS, Andreas PETZ, Philipp M. PRZYBYSZ,
Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Die Digitalisierung bietet weitreichende Möglichkeiten, Beschäftigte mit Planungsaufgaben bei der Ausführung ihrer Tätigkeiten zu unterstützen. Allerdings sind diese gerade in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) oft nicht bekannt, sodass häufig noch papierbasierte Prozesse dominieren. Ausgehend von einer vergleichenden Beurteilung existierender Methoden der Vorgabezeitermittlung aus Sicht von KMU wird im Beitrag ein Fallbeispiel zum Transfer der multiplen Regressionsanalyse in die betriebliche Praxis beschrieben. Es wird ein digitales Unterstützungstool vorgestellt, welches für eine automatisierte Vorgabezeitermittlung an Anlagen im Produktionsbereich eines Herstellers von Federkomponenten entwickelt wurde.

Schlüsselwörter: Vorgabezeit, multiple Regressionsanalyse, digitales Unterstützungssystem

1. Einleitung

Gerade kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) sind verstärkt vom globalen Wettbewerbs- und Kostendruck betroffen, sodass die Notwendigkeit für eine kontinuierliche Verbesserung ihrer Prozesse besteht. Digitalisierungsstrategien, die die realen Bedingungen in KMU berücksichtigen und zunächst die Potenziale einer besseren Nutzung vorhandener Daten und Systeme fokussieren, eröffnen zahlreiche Möglichkeiten, Beschäftigte in KMU bei der Ausübung ihrer Tätigkeiten zu assistieren und zu entlasten. So können beispielsweise Beschäftigte mit Planungsaufgaben bei der Datenerhebung und -analyse unterstützt werden, sodass sie sich intensiver anderen Tätigkeiten widmen können, wie der Datennutzung und -interpretation oder Prozess- und Planungsoptimierungen. Häufig sind derartige Möglichkeiten und Potenziale den Planer/-innen allerdings nicht bekannt, sodass v.a. in KMU papierbasierte, zeit- und arbeitsintensive Planungsprozesse dominieren. Dies bestätigt eine Aca-tech Studie (2016), wonach die Kernprozesse in KMU im Vergleich zu Großunternehmen einen geringeren Digitalisierungsgrad aufweisen und Planungsaufgaben vorrangig papier- und erfahrungsbasiert durchgeführt werden (siehe Abbildung 1).

Dieser Umstand trifft ebenfalls auf die Vorgabezeitermittlung zu, bei welcher neben der aufwendigen Durchführung von REFA-Zeitaufnahmen - häufig „manuell“, also ohne Softwareunterstützung - Ausgleichsgeraden ermittelt und Planzeittabellen abgeleitet werden. Gerade im Hinblick auf die steigende Individualität der Produkte im globalen Wettbewerb und die zunehmend geforderte Agilität von Prozessen und Strukturen stellt sich die Frage, ob bzw. unter welchen Bedingungen die klassischen Methoden der Vorgabezeitermittlung künftig noch effektiv und effizient eingesetzt

werden können.

In diesem Beitrag werden die Vor- und Nachteile ausgewählter Methoden der Vorgabezeitermittlung anhand eines Fallbeispiels aus Unternehmenssicht erörtert.

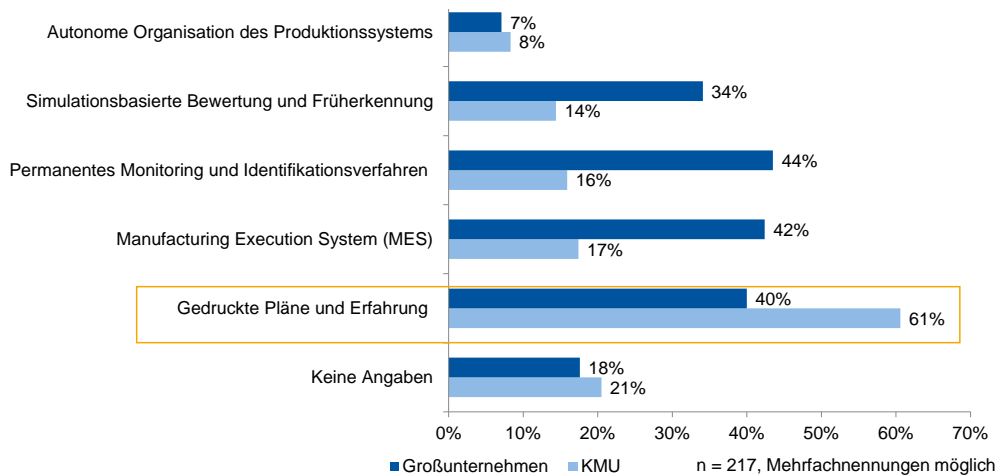


Abbildung 1: Acatech-Studie zum Vergleich des Status quo der Digitalisierung von Kernprozessen zwischen Großunternehmen und KMU (eigene Darstellung in Anlehnung an Acatech (2016)).

Anschließend wird die Anwendung der Methode der multiplen Regressionsanalyse zur Ermittlung von Vorgabezeiten bei einem mittelständischen Hersteller von Federkomponenten beschrieben. Das in diesem Zusammenhang für die automatisierte Vorgabezeitermittlung in der Produktion entwickelte digitale Unterstützungstool wird im Anschluss ebenfalls kurz skizziert.

2. Methoden zur Vorgabezeitermittlung

Vorgabezeiten nach REFA stellen Soll-Zeiten für von Menschen und Betriebsmitteln ausgeführte Arbeitsabläufe dar (REFA 2002). Zur Ermittlung von Zeiten werden im REFA-Standardprogramm Methoden zur Erfassung von Ist-Zeiten und zur Bestimmung von Soll-Zeiten unterschieden. Der experimentelle Ansatz zur Ermittlung von Ist-Zeiten betrachtet die tatsächlich vom Menschen und Betriebsmittel für die Ausführung bestimmter Ablaufabschnitte benötigte Zeit. Diese Zeiten können entweder durch eine/-n Beobachter/-in mit einer direkten Messung am Arbeitsplatz (Zeitaufnahme) oder durch die Arbeitsperson selbst respektive durch eine automatische Maschinendatenerfassung erfasst werden. Als Soll-Zeiten werden die Zeiten bezeichnet, die auf Grundlage von bereits erfassten Ist-Zeiten abgeleitet wurden (REFA 2002). Beispielsweise werden bei den Systemen vorbestimmter Zeiten die Soll-Zeiten unter Berücksichtigung von Zeiteinflussgrößen und methodenspezifischen Anwendungsregeln durch Zusammensetzen von Bewegungselementen beschrieben und die Tätigkeitszeiten dieser Arbeitsabläufe addiert. Den Analysesystemen liegen umfassende Regelwerke zugrunde, sodass eine intensive und zeitaufwendige Schulung der Methodenanwender/-innen notwendig ist (Schlick et al. 2010).

Zu den rechnerischen Verfahren der Planzeitermittlung gehört die Regressionsanalyse, welche formelmäßig den Zusammenhang zwischen einer quantitativen Zielgröße und unabhängigen Einflussgrößen beschreibt (vgl. Fricke 2005). Schlick et al. (2010) konstatieren, dass Zeitdatenermittlungen über Systeme vorbestimmter Zeiten oder

Regressionsanalysen sehr wirtschaftlich sind, wenn Planzeiten ermittelt werden sollen, da Veränderungen an einzelnen Zeiteinflussgrößen, etwa aufgrund von Produktänderungen, mit geringen Anpassungen an der Berechnungsgrundlage berücksichtigt werden können.

Das folgende Fallbeispiel demonstriert die Anwendung der Methode der multiplen Regressionsanalyse in der betrieblichen Praxis.

3. Auswahl einer Methode und Vorgehen im Fallbeispiel

Bei dem hier betrachteten Komponentenhersteller erfolgten die Produktionsplanung und die Kalkulation auf Basis von veralteten Vorgabezeiten. Mit dem Ziel einer höheren Planungsqualität wurde der Beschluss gefasst, die Vorgabezeiten zu aktualisieren. Die veralteten Vorgabezeiten beruhten auf in der Vergangenheit (vereinzelt) durchgeführten Zeitaufnahmen nach REFA. Als Lieferant von Fahrzeugkomponenten unterliegt das Unternehmen hohen Flexibilitätsanforderungen. Die Produktionsbedingungen sind durch eine ausgeprägte Variantenvielfalt sowie häufige Anpassungen in den Produktionsabläufen charakterisiert. Diese Gegebenheiten führen dazu, dass sich die Grundlage für die Vorgabezeiten permanent ändert. Die Herstellung der Federkomponenten erfolgt an Fertigungsanlagen, welche von Maschinenbedienern/-innen bedient werden. Es liegen also nahezu keine rein manuellen Tätigkeiten vor, sodass die Produktionszeit maßgeblich durch den Fertigungsprozess bedingt wird. Daher wurde zunächst für die Vorauswahl geeigneter Methoden zur Vorgabezeitermittlung folgendes Ausschluss-Kriterium (K0) definiert:

K0: Die Methode muss zur Bestimmung von Prozesszeiten an Produktionsanlagen geeignet sein.

Da die etablierten Systeme vorbestimmter Zeiten primär für manuelle Tätigkeiten geeignet sind, wurden diese nicht weiter berücksichtigt. Für die finale Auswahl der Methode sind weitergehend folgende Kriterien festgehalten worden, die aus betrieblicher Sicht besondere Relevanz besitzen:

- K1: Flexibilität** (Möglichkeit der Adaption der Methode, z.B. im Hinblick auf Produkt- oder Prozessänderungen)
- **K2: Praktikabilität** (Umfang des Analysieraufwands und Aufwände für Schulungen der Beschäftigten in der Methode)
- K3: Genauigkeit der Zeitermittlung** (Abweichung der Soll-Zeiten von den realen Produktionszeiten)

Eine vollumfängliche Aktualisierung der Vorgabezeiten mittels Zeitaufnahmen erwies sich aufgrund des Zeitaufwands aus betrieblicher Sicht als nicht praktikabel. Von einer Ermittlung der Vorgabezeiten durch Vergleichen und Schätzen wurde insbesondere in Anbetracht der Forderung nach einer hohen Genauigkeit Abstand genommen. In dem betrachteten Unternehmen existierte jedoch eine Datenbank mit den Vergangenheitsdaten der Produktionszeiten bezüglich der einzelnen Produkte. Vor diesem Hintergrund sowie aufgrund des insgesamt hohen Erfüllungsgrads der betrieblichen Anforderungen erschien die Entwicklung von Prognosemodellen durch die Anwendung der Methode der Regressionsanalyse als besonders zielführend. Abbildung 2 fasst die Beurteilung der Methoden aus Unternehmenssicht zusammen. Eine detaillierte Zusammenstellung von Vor- und Nachteilen der einzelnen Methoden findet sich in Schlick et al. (2010).

Zeitermittlungsmethode	Methode	K0	K1	K2	K3	Anmerkung
		Eignung zur Bestimmung von Prozesszeiten an Produktionsanlagen	Flexibilität (Möglichkeit der Adaption)	Praktikabilität (Analyse- und Schulungsaufwand)	Genauigkeit der Zeitermittlung	
Experimentelle Methoden (Ist-Zeiten)	Manuelle Zeiterfassung	●	◐	◐	●	Zu hoher zeitlicher Aufwand
	Statistische Verfahren (MMH, MMZ)	◐	○	◐	◐	Nur punktuelle Betrachtung
	Selbstaufschreibung Arbeitsperson	◐	◐	◐	◐	Sicherstellung der Korrektheit kritisch
	Selbstaufschreibung Arbeitsmittel	●	◐	◐	●	Zu hohe Investition
Rechnerische Methoden (Soll-Zeiten)	Vergleichen und Schätzen	◐	◐	◐	○	Zu ungenau
	Planzeiten mit Regressionsanalyse	●	●	◐	◐	Geeignet, da Datengrundlage vorhanden
	Systeme vorbestimmter Zeiten	○	-	-	-	Besser für rein manuelle Tätigkeiten geeignet
	Simulation von Prozesszeiten	●	◐	◐	●	Zu hoher zeitlicher Aufwand

Erfüllt: ○ nicht ◐ wenig ◑ mittelmäßig ◒ weitgehend ● voll

Abbildung 2: Vergleichende Bewertung von Methoden zur Vorgabezeitermittlung aus Unternehmenssicht.

Zur Entwicklung der Prognosemodelle wurden in Anlehnung an das REFA-Standardprogramm zur Planzeitermittlung (REFA 2002) und Hinrichsen et al. (2007) folgende Schritte durchgeführt:

- Ziele festlegen und Prozesse analysieren** (Festlegung des Untersuchungsgegenstands, Prüfung der Rahmenbedingungen und der Datengrundlage)
- **Messgrößen bestimmen** (Analyse existierender Zeitdaten, Auswahl und Operationalisierung der Einflussgrößen)
- **Daten auswerten und Prognosemodell entwickeln** (Prüfung der Voraussetzungen z.B. nach Bortz & Schuster (2010) und ggf. Bereinigung der Daten, Prognosemodellentwicklung mit multipler Regressionsanalyse)
- Verifizieren und validieren** (Prüfung der Vorhersagegüte, Plausibilität, Vorhersagegenauigkeit im Feld)

Nach der Auswahl von Arbeitsplätzen an relevanten Fertigungsanlagen wurden in Workshops in der Produktion Einflussfaktoren auf die Vorgabezeit (z.B. Durchmesser oder Länge eines Produkts) identifiziert und auf statistische Signifikanz geprüft. Auf diese Weise wurde für jede ausgewählte Produktionsanlage ein validiertes Prognosemodell entwickelt, das den formelmäßigen Zusammenhang zwischen der Vorgabezeit und den Einflussgrößen auf die Fertigungszeit beschreibt. Gleichung (1) stellt beispielhaft die mathematische Gleichung für ein Prognosemodell dar. Die Daten wurden aus Gründen des betrieblichen Datenschutzes mit einem fiktiven Faktor multipliziert.

$$\text{Zeit je Einheit [min]} = \text{Konstante} + 0,059 \cdot \text{Durchmesser [mm]} + 0,002 \cdot \text{Länge [mm]} - 0,001 \cdot \text{Anschlagsweite an der Anlage [mm]} \quad (1)$$

Die Prognosemodelle waren zunächst statisch und gingen von unveränderten Rahmenbedingungen aus. Im Weiteren war zu klären, wie die Vorgabezeiten künftig bei Änderungen im Produktionsablauf oder für neue Produkte bestimmt werden.

4. Softwaretool zur Vorgabezeitermittlung an Produktionsanlagen eines mittelständischen Herstellers von Federkomponenten

Für die künftige Vorgabezeitermittlung wurde ein Konzept für ein MS-Excel-basiertes Softwaretool zur kontinuierlichen Aktualisierung der Prognosemodelle entwickelt. Die Grundlage für das Tool stellt eine Datenbank dar, in welche die Produktionszeiten der einzelnen Artikel an den jeweiligen Anlagen eingepflegt sind. Zudem sind in dieser Datenbank die Ausprägungen der Einflussgrößen für die Artikel an den Anlagen hinterlegt. Ein Excel-Makro greift zur Durchführung der Regressionsanalyse auf diese Datenbank zu und generiert hieraus das Prognosemodell. Zudem können in dem Tool Aufschlagsfaktoren (z.B. für die Verteilzeit) eingestellt werden, welche automatisch bei der Vorgabezeitberechnung berücksichtigt werden. Bei einer kontinuierlichen Datenerfassung kann also das Prognosemodell auf Knopfdruck neu berechnet werden. Weitergehend wurde in einem benutzerzentrierten, partizipativen Entwicklungsansatz eine Oberfläche zur Bedienung des Softwaretools entwickelt. Diese wurde gemeinsam mit den Produktionsplanern im Unternehmen konzipiert und mittels VBA programmiert. Die Ausgestaltung orientierte sich an den Grundsätzen der Dialoggestaltung nach DIN EN ISO 9241 - 110, um eine möglichst intuitive Bedienung des Tools zu gewährleisten. Zur Überprüfung der Usability und zur Ableitung von Verbesserungspotenzialen wurde die Bedienung des Tools durch die Planer mittels eines Fragebogens in Bezug auf die Kriterien der DIN EN ISO 9241 - 110 evaluiert. Abbildung 3 fasst das Vorgehen zur Entwicklung des Softwaretools zusammen.

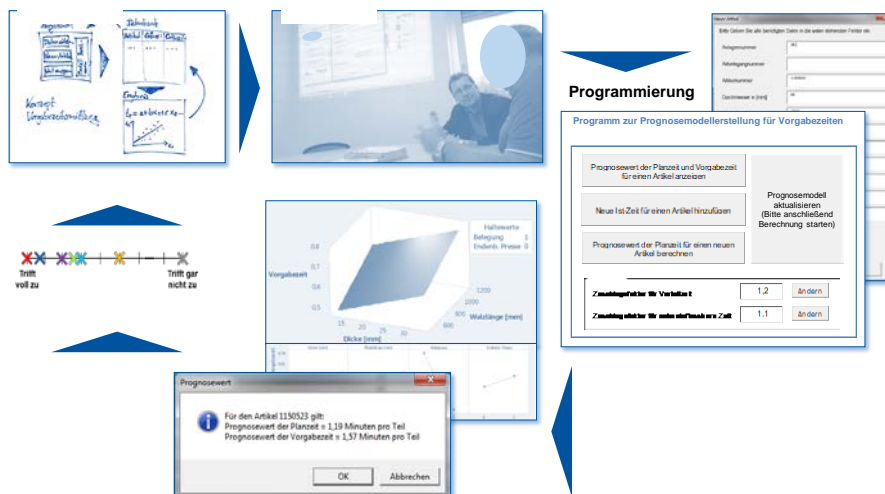


Abbildung 3: Vorgehen zur Entwicklung des Softwaretools zur automatisierten Ermittlung von Vorgabezeiten mittels der multiplen Regressionsanalyse.

5. Diskussion und Ausblick

In diesem Beitrag ist das Vorgehen zur Entwicklung einer softwaregestützten Vorgabezeitermittlung bei einem mittelständischen Hersteller von Federkomponenten im

Sinne eines Good-Practice-Beispiels für die Nutzung von Potenzialen der Digitalisierung vorgestellt worden. Die Vorteile dieses Ansatzes lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Berücksichtigung statistisch validierter Einflussgrößen
- Neuberechnung von Prognosemodelle „auf Knopfdruck“
- Vorgabezeitermittlung vor Produktionsstart für ähnliche Produkte möglich
- Nutzung einer in KMU verbreiteten und etablierten Basissoftware
- Einfache Bedienung über nutzer-evaluierte Benutzungsschnittstelle

Den Vorteilen stehen jedoch auch einige Punkte gegenüber, welche kritisch diskutiert werden müssen. Das Tool ermöglicht lediglich eine unternehmensspezifische Auswertung von historischen Produktionsdaten. Darüber hinaus hängt die Prognosegüte von der Datenqualität, der Datenmenge und der Aktualität der Daten ab. Die statistische Analyse und die Interpretation der Ergebnisse setzen entsprechend geschultes Personal voraus.

Im Zuge der digitalen Transformation von Unternehmen kann es in vergleichbaren Ausgangssituationen durchaus sinnvoll sein, eine vollständig automatisierte Vorgabezeitermittlung und Aktualisierung der Prognosemodelle zu implementieren.

Mit der Implementierung einer flächendeckenden Maschinendatenerfassung an den Produktionsanlagen sowie eines durchgängigen Produktdatenmanagement-Systems wird die automatische Aktualisierung der Datenbank für die Regressionsanalyse ermöglicht, sodass der Aufwand für eine Vorgabezeitermittlung auf ein Minimum reduziert und gleichzeitig die Planungsqualität erhöht wird. Auf Grundlage der gewonnenen Daten ist eine Optimierung des gesamten Produktionssystems, etwa im Hinblick auf die Produktionsplanung oder die Ablauforganisation, möglich.

Die Entwicklung und Einführung derartiger Prozesse, Algorithmen und Softwaresysteme sollte immer unter Einbeziehung der Beschäftigten respektive ihrer Interessensvertretungen erfolgen. Eine hohe Transparenz, eine regelmäßige Überprüfung der Validität sowie eine konsensorientierte Diskussion offener Fragen und Zweifel sind im Kontext der automatisierten Vorgabezeitermittlung zwingend erforderlich und wirken sich insgesamt förderlich auf den Erfolg von Digitalisierungsprojekten aus. Die Erfahrungen aus der Zusammenarbeit mit KMU unterstreichen ferner die Notwendigkeit, Digitalisierungsstrategien stärker an den unternehmensspezifischen Bedarfen, Potenzialen und Ressourcen auszurichten.

6. Literatur

- Acatech (2016) Kompetenzen für Industrie 4.0 - Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION). München: Herbert Utz Verlag.
- Bortz J, Schuster C (2010) Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler. Berlin: Springer.
- DIN EN ISO 9241-210:2011. Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme. Berlin: Beuth Verlag.
- Fricke W (2005) Statistik in der Arbeitsorganisation. In: REFA Bundesverband e. V. (Hrsg) REFA-Fachbuchreihe Unternehmensentwicklung. 2. Aufl. Darmstadt: Hanser.
- Hinrichsen S, Schlick C, Steiger P, Wurz H (2007) Prognose von Arbeitsausführungszeiten in Fabrikplanungsprojekten. In: REFA-Nachrichten 60/6:4-11.
- REFA Bundesverband e. V. (Hrsg.) (2002) Ausgewählte Methoden zur prozessorientierten Arbeitsorganisation. Darmstadt: REFA.
- Schlick C M, Bruder R, Luczak H (2010) Arbeitswissenschaft. 3. Aufl. Berlin: Springer.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de