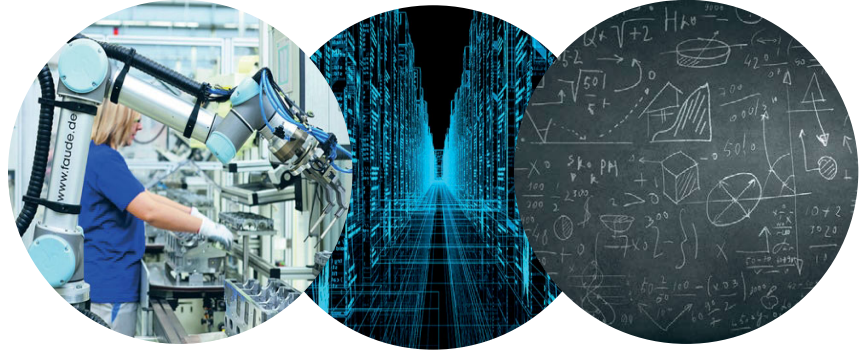
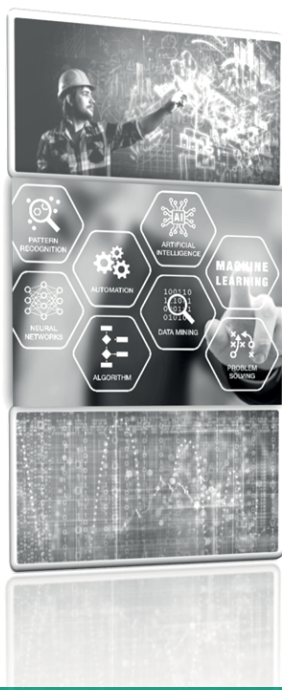


Nutzen von Condition Monitoring zur Effizienzsteigerung in der Produktionsplanung

Dipl.-Ing. Matthias Karner
Instandhaltung und Anlagenmanagement
Fraunhofer Austria Research GmbH



Agenda



- **Fraunhofer Austria**
Kurzvorstellung
- **Datenbasierte Instandhaltung**
Potentiale und Herausforderungen
- **Nutzen von Condition Monitoring zur Effizienzsteigerung in der Produktionsplanung**
Best Practice Beispiel anhand eines KMU

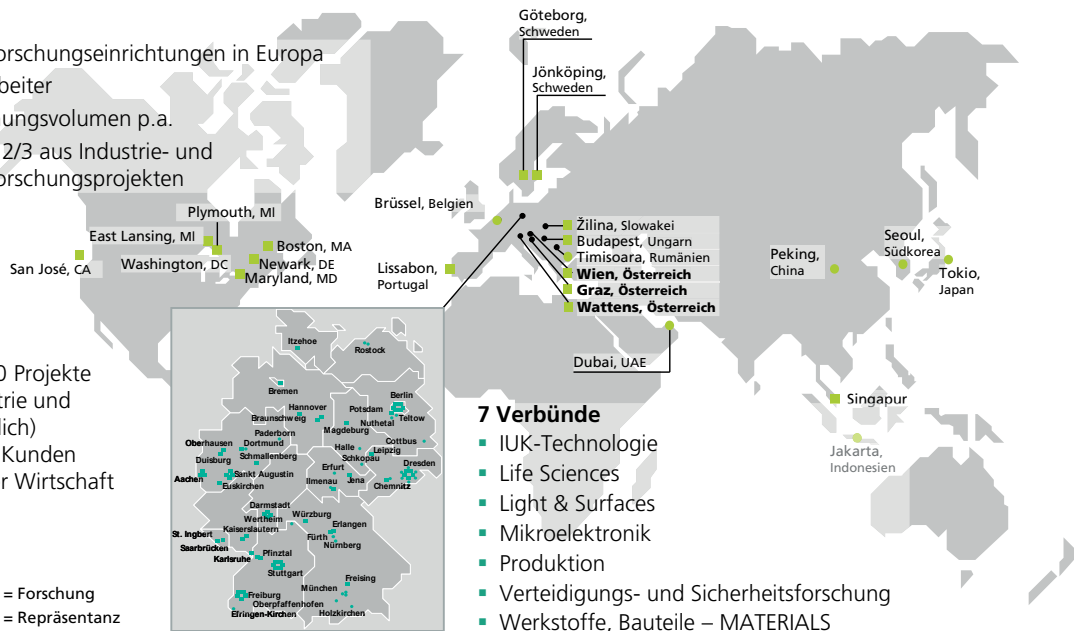
Die Fraunhofer-Gesellschaft

Führende Organisation für angewandte Forschung in Europa

72 Institute, 80 Forschungseinrichtungen in Europa
Ca. 25.000 Mitarbeiter
2,3 Mrd. € Forschungsvolumen p.a.
Projektumsatz zu 2/3 aus Industrie- und
1/3 aus öffentl. Forschungsprojekten

12.000 Projekte
(Industrie und
öffentlich)
3.000 Kunden
aus der Wirtschaft

■ = Forschung
● = Repräsentanz



7 Verbünde

- IUK-Technologie
- Life Sciences
- Light & Surfaces
- Mikroelektronik
- Produktion
- Verteidigungs- und Sicherheitsforschung
- Werkstoffe, Bauteile – MATERIALS

Fraunhofer Austria Research GmbH

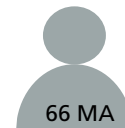
100% Tochter der Fraunhofer-Gesellschaft



■ Geschäftsbereich

»Produktions- und Logistikmanagement«

- Excellence in Operations Management
- Industrie 4.0 Anwendungen
- Wertschöpfungssysteme der Zukunft



66 MA



■ Geschäftsbereich

»Visual Computing«

- Digitale Gesellschaft
- Virtuelles Engineering
- Visuelle Entscheidungshilfen



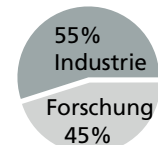
4,4 Mio p.a.



■ Fraunhofer Innovationszentrum

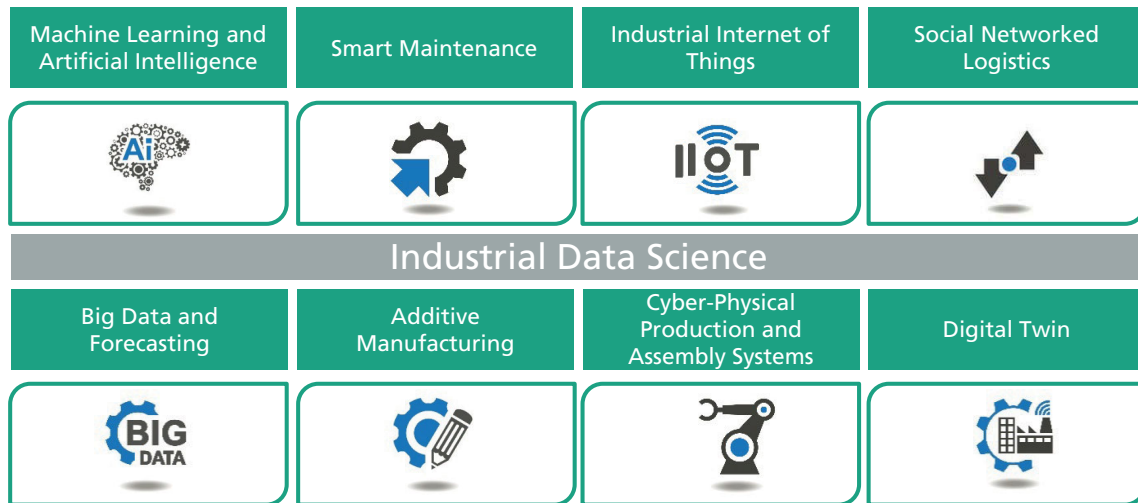
»Digitale Transformation der Industrie«

- Digitalisierung der Industrie
- Industrial Data Engineering
- Smart Data Analytics



Geschäftsbereich Produktions- und Logistikmanagement

Forschungs- und Innovationsschwerpunkte



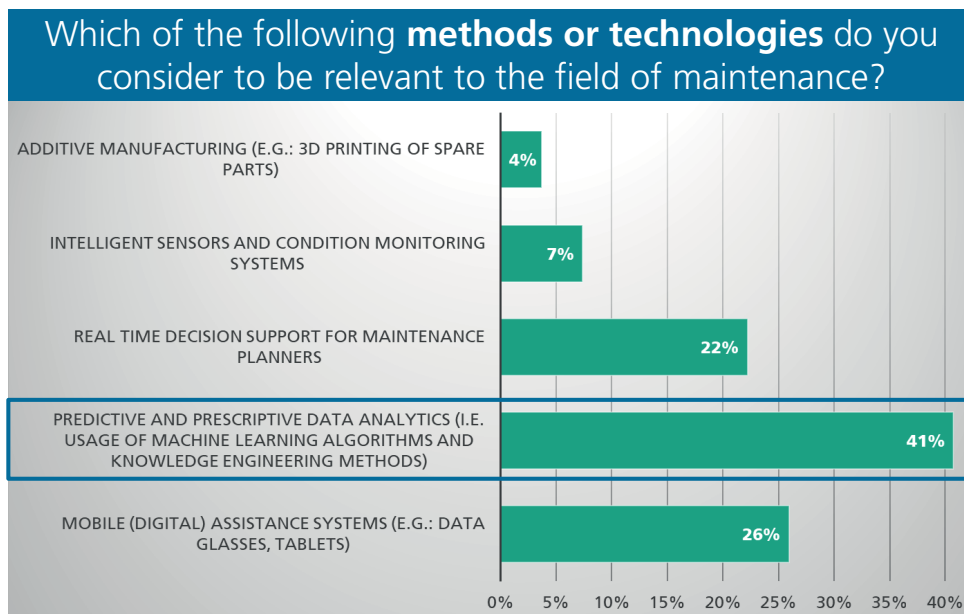
Agenda



- **Fraunhofer Austria**
Kurzvorstellung
- **Datenbasierte Instandhaltung**
Potentiale und Herausforderungen
- **Nutzen von Condition Monitoring zur Effizienzsteigerung in der Produktionsplanung**
Best Practice Beispiel anhand eines KMU

Datenbasierte Instandhaltung

Wo liegt der Fokus?



Quelle: Hannover Messe 2018, Umfrage Fraunhofer Austria

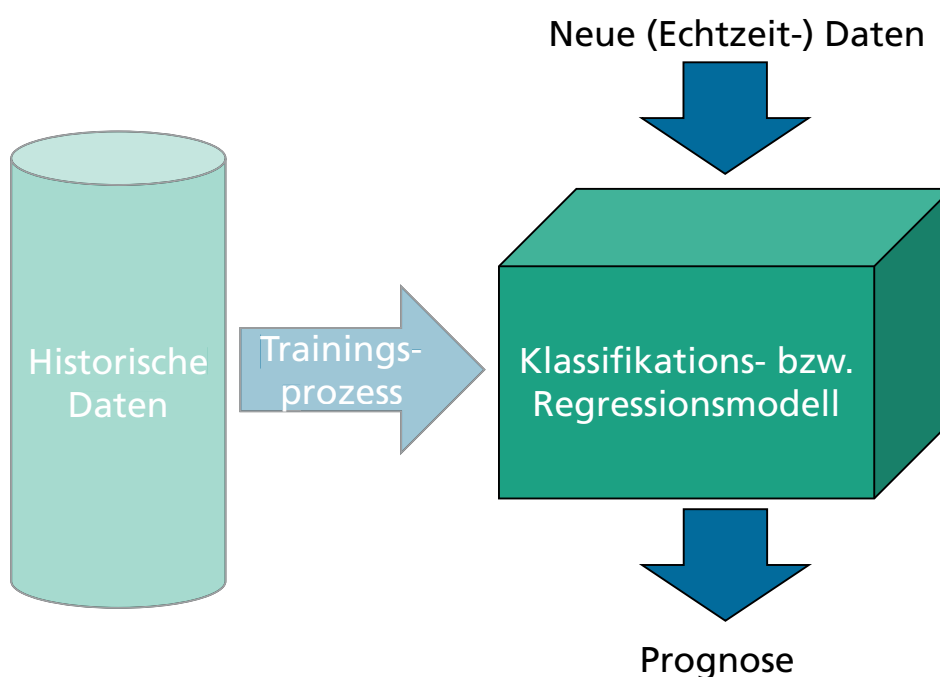
© Fraunhofer Austria, Matthias Karner

7



Datenbasierte Instandhaltung

Machine Learning | Prozess beim Supervised Learning



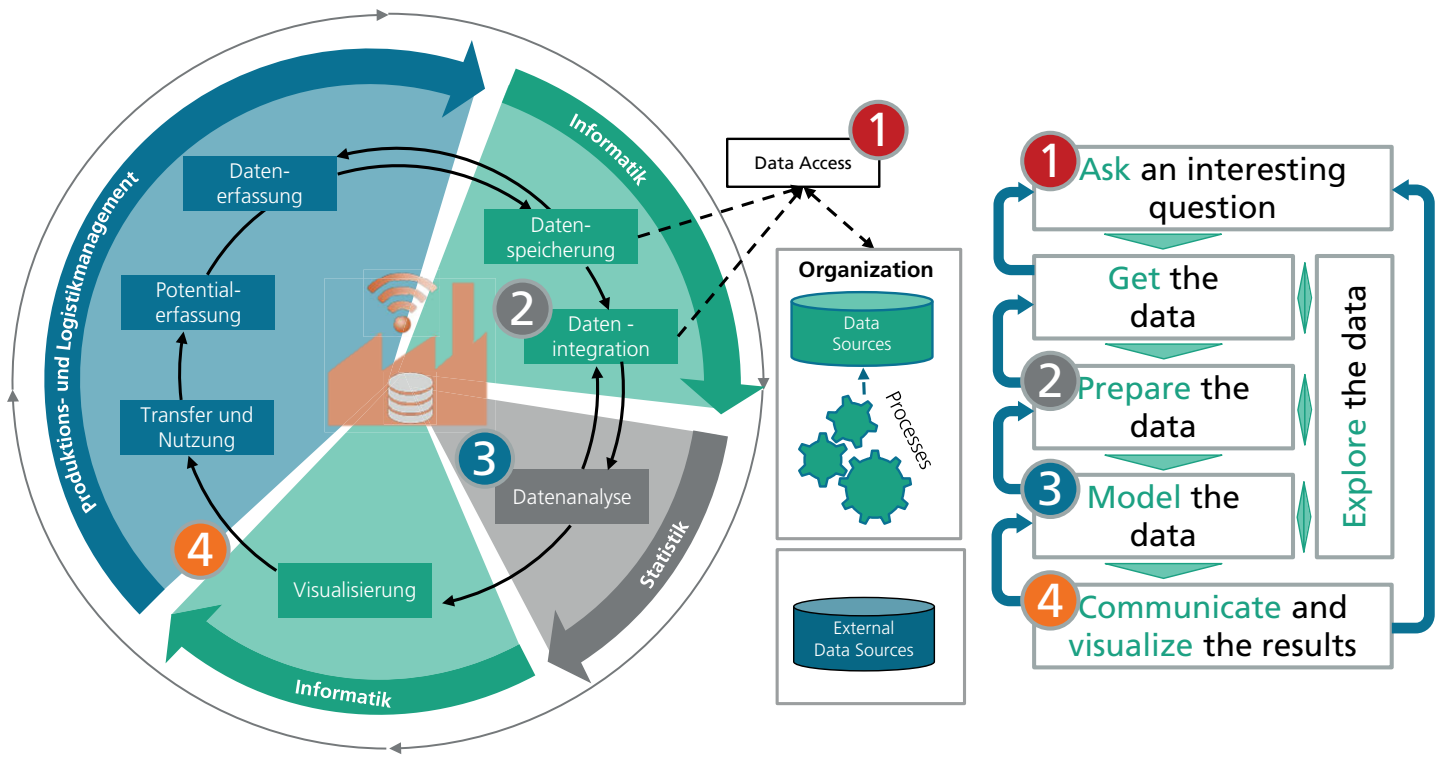
© Fraunhofer Austria, Matthias Karner

8



Datenbasierte Instandhaltung

CRISP-DM (**CR**oss-**I**ndustry **S**tandard **P**rocess for **D**ata **M**ining)



Agenda



Fraunhofer Austria

Kurzvorstellung

Datenbasierte Instandhaltung

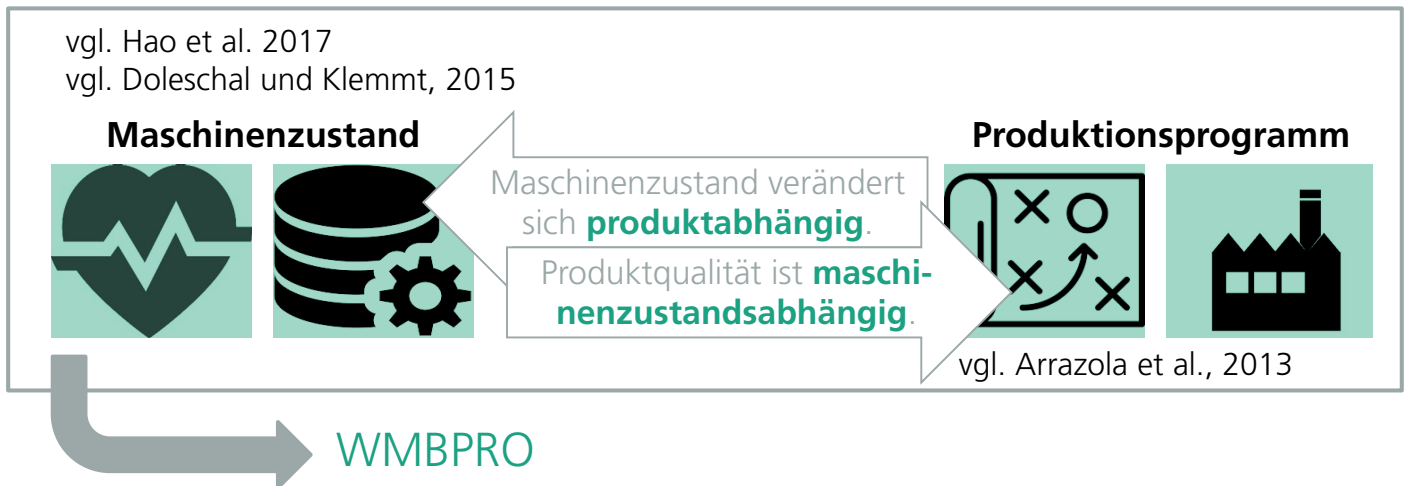
Potentiale und Herausforderungen

Nutzen von Condition Monitoring zur Effizienzsteigerung in der Produktionsplanung

Best Practice Beispiel anhand eines KMU

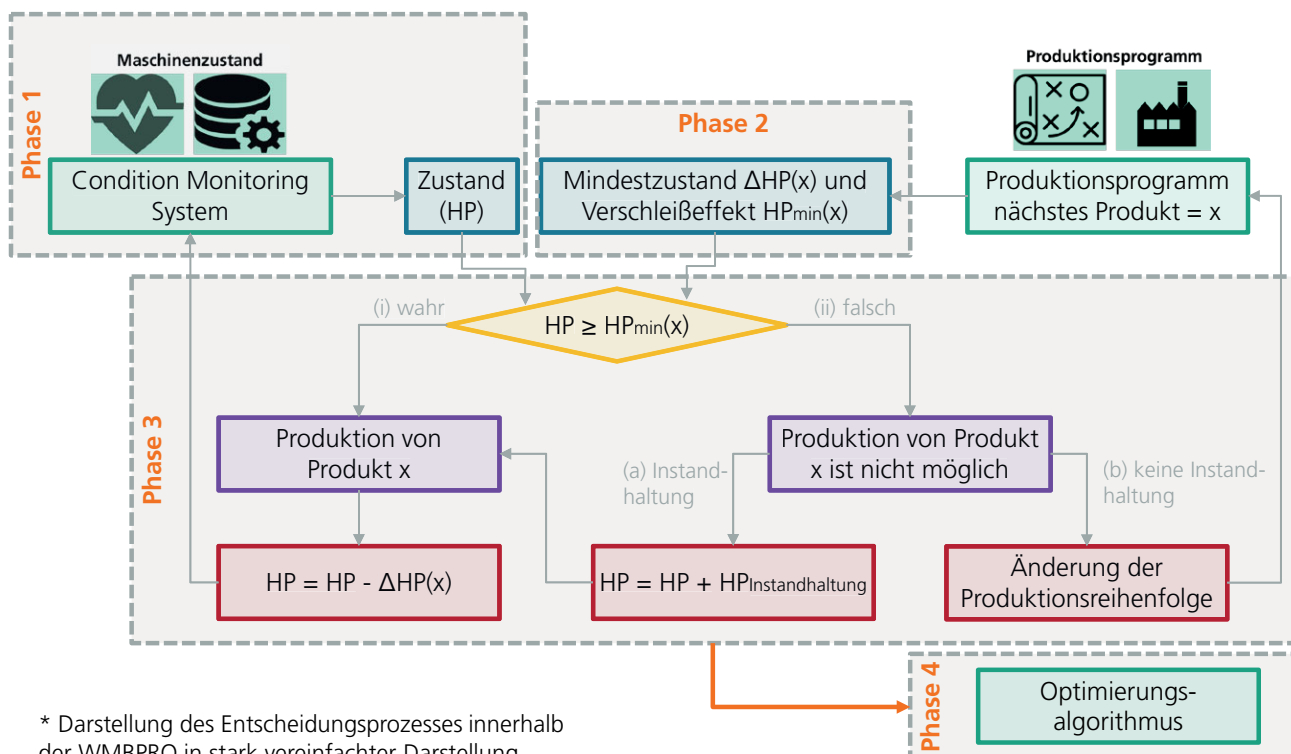
Motivation

Maschinenzustand und Produktionsprogramm



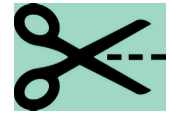
Entwicklung der WMBPRO

Ergebnis aus der Anwendung des Vorgehensmodells*



Anwendung und Validierung

Fallbeispiel: Tafelblechschere



- Anlage == Bottleneck
- Eigenschaften der Arbeitsstation
 - Max. Abmaße: 6.000 mm
 - Verschiedene Produkte: ca. 300
- Zustandsabhängigkeit: Scherenmesser
- Ausgangssituation: manuelle Zustandsbewertung
- Ziele:
 - objektive Zustandserfassung
 - Optimierte Produktionsreihenfolgen



Beispielbild einer Tafelblechschere



Zustandsabhängigkeit der Produkte an der Pilotanlage

Publikation: Karner et al. (2019)

© Fraunhofer Austria, Matthias Karner

15

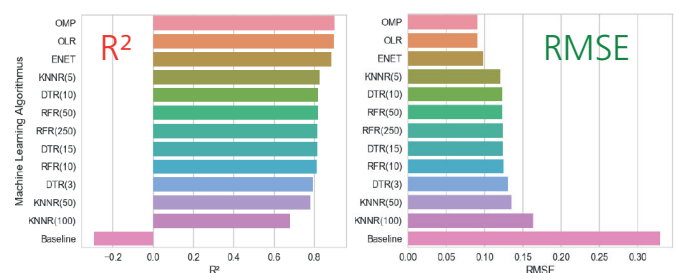
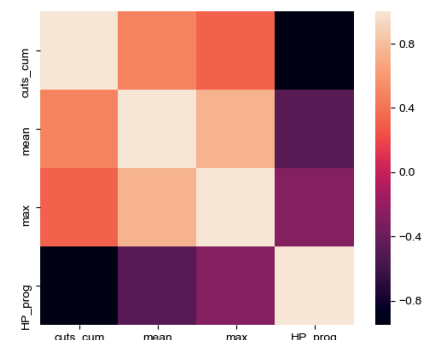


Anwendung und Validierung | Fallstudie 1

Phase 1: Erfassung des Werkzeugzustandes



- Zustandsüberwachung:
 - Machine-Learning Modell → Messung der Healthpoints (HP) des Scherenmessers
- Ground-Truth == qualitative Zustandsbeurteilungen von Prozessexperten
- Sensoren: Schnitzzähler, Schwingungssensor
- Training unterschiedlicher ML-Modelle
- Das beste ML-Modell OMP erzielt ...
 - eine Accuracy* von 90.1 % und
 - einen R^2 von 0.90.



* Die Accuracy basiert auf dem normierten RMSE.

Das ML-Modell erzielt 90 % der Prognosegüte von Prozessexperten.

Karner et al. (2019)

© Fraunhofer Austria, Matthias Karner

17



Anwendung und Validierung | Fallstudie 1

Phase 2 (Modellierung der Zustandsabhängigkeit), Phase 3 (Modellierung der WMBPRO)

Phase 2

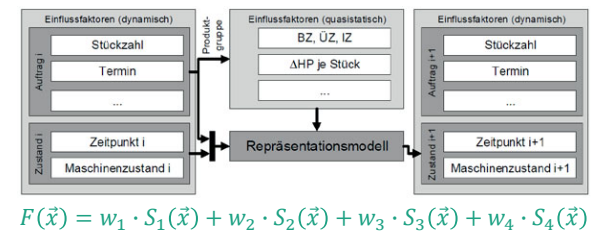
- Kategorisierung der Produkte (Legierung-Dicken-Kombination)
- Modellierung der Zustandsabhängigkeiten:
 - Datenanalyse der Messwerte
 - Ableiten von HP_{min} , HP_{max} , ΔHP

eindimensionale Zustandsabhängigkeiten

Produkt-kategorie	HPmin	HPmax	ΔHP_1
P1	HPmin_1	HPmax_1	ΔHP_1
...
Pm	HPmin_m	HPmax_m	ΔHP_m

Phase 3

- Das Repräsentationsmodell berechnet den Folgezustand* basierend auf Startzustand und quasistatischen Einflussfaktoren.
- Dabei besteht eine sequentielle Reihenfolgeabhängigkeit:
 - Startzustand von Auftrag S_{i+1} ist abhängig vom Endzustand von Auftrag S_i



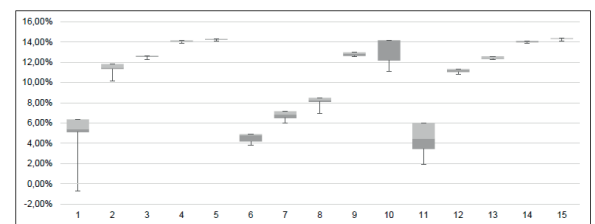
* Der Zustand ist dabei (i) der physische Werkzeugzustand und (ii) der organisatorische Zustand (z.B. Zeitpunkt) des Produktionssystems.

Anwendung und Validierung | Fallstudie 1

Phase 4 (Formulierung des Optimierungsalgorithmus), Nutzenquantifizierung

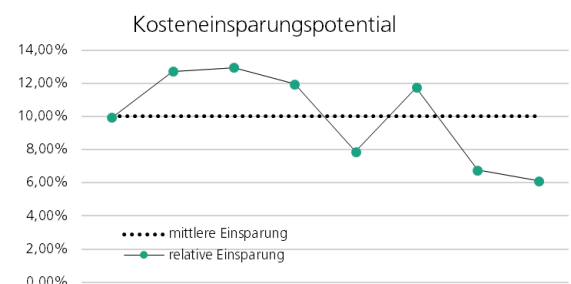
Phase 4

- Lösung des Optimierungsproblems unter Einsatz von Metaheuristiken
- Vergleichsstudie: Hill-Climbing (HIC), Genetischer Algorithmus (GA), Simulated Annealing (SA)



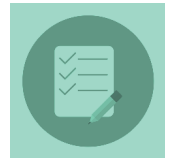
Nutzen

- Nutzenquantifizierung: Zeitraum über 8 Monate
- Verbesserung der Fitnessfunktion um 10 % im Vergleich zur manuellen PRP; Weitere Verbesserungen:
 - Verbesserte Prognostizierbarkeit
 - Erhöhte Transparenz und Objektivität

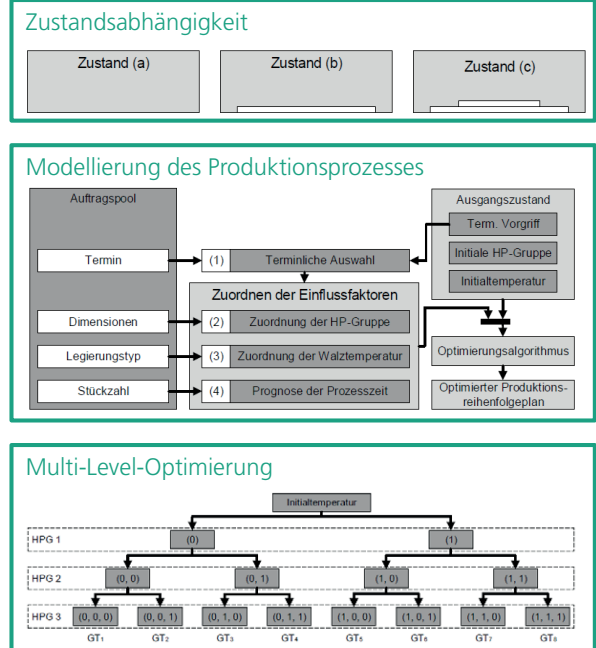


Anwendung und Validierung | Fallstudie 2

Zusammenfassung der Ergebnisse



- Prozess: Duo Walzgerüst
- Zustandsabhängigkeit: Breite
- Abbildung der Zustandsabhängigkeit als Breitengruppen → Diskretisierung der Healthpoints
- produktionstechnisches Effizienzkriterium als Optimierungsziel: Minimierung der Aufheiz- und Abkühlungszyklen des vorgelagerten Ofens
- Nutzen einer Multi-Level-Optimierung (exakte Lösung des diskretisierten Lösungsraums)
- Erzielter Nutzen: 16,34 % erhöhte Energieeffizienz



Conclusio

Zusammenfassung der Ergebnisse



- Weiterer Nutzen von CM neben der Instandhaltung
- Integration CM & PPS → **realitätsnahe Abbildung der Produktion**
- Komplexe Reihenfolgeabhängigkeiten abbildbar
- Fallstudien erzielen die einen praktischen Nutzen:
 - Fallstudie 1: **10,01 %** Optimierung der logistischen Zielgrößen
 - Fallstudie 2: Erhöhung der Energieeffizienz um **16,34 %**

Vorstellung Dissertation

Literaturübersicht (Auszug)



- **Abedinia**, Hamid; Glock, Christoph H.; Schneider, Michael D. (2017): Machine scheduling in production. A content analysis. In: Applied Mathematical Modelling 50, S. 279–299.
- **acatech**. (2015): Smart Maintenance für Smart Factories: Mit intelligenter Instandhaltung die Industrie 4.0 vorantreiben. acatech POSITION.
- **Ali**, J. B., Fnaiech, N., Saidi, L., Chebel-Morello, B., Fnaiech, F. (2015): Application of empirical mode decomposition and artificial neural network for automatic bearing fault diagnosis based on vibration signals, Applied Acoustics, 89, 16–27.
- **Arrazola**, P. J., Özel, T., Umbrello, D., Davies, M., und Jawahir, I. S. (2013). Recent advances in modelling of metal machining processes. CIRP Annals, 62(2):695–718.
- **Becker**, Jörg, Holton, Roland, Knackstedt, Ralf, & Niehaves, Björn (2003): Forschungsmethodische Positionierung in der Wirtschaftsinformatik: Epistemologische, ontologische und linguistische Leitfragen. Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster.
- **Benbouzid**, M. El Hachemi (2000): A review of induction motors signature analysis as a medium for faults detection. In: IEEE transactions on industrial electronics 47 (5), S. 984–993.
- **Delgado-Arredondo**, P. A., et al. (2017): Methodology for fault detection in induction motors via sound and vibration signals, Mechanical systems and signal processing, 83, 568–589.
- **Doleschal**, D. und Klemmt, A. (2015). Yield integrated scheduling using machine condition parameter. Proceedings of the 2015 Winter Simulation Conference, Seiten 2953–2963.
- **Hao**, L., Bian, L., Gebraeel, N., und Shi, J. (2017). Residual life prediction of multistage manufacturing processes with interaction between tool wear and product quality degradation. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 14(2):1211–1224.
- **Harjunkoski**, Iiro; Maravelias, Christos T.; Bongers, Peter; Castro, Pedro M.; Engell, Sebastian; Grossmann, Ignacio E. et al. (2014): Scope for industrial applications of production scheduling models and solution methods. In: Computers & Chemical Engineering 62, S. 161–193.
- **Hevner**, Alan R. (2007): A Three Cycle View of Design Science Research. Scandinavian Journal of Information Systems, 19(2).
- **Hevner**, Alan R., March, Salvatore T., Park, Jinsoo, & Ram, Sudha (2004): Design Science in Information Systems Research. MIS Quarterly, 28(1).
- **Irfan**, Muhammad; Saad, Nordin; Ibrahim, Rosdiazli; Asirvadam, Vijanth S. (2017): Condition monitoring of induction motors via instantaneous power analysis. In: Journal of Intelligent Manufacturing 28 (6), S. 1259–1267.
- **Kao**, Y. T., Dauzère-Pérès, S., Blue, J., & Chang, S. C. (2018). Impact of integrating equipment health in production scheduling for semiconductor fabrication. Computers & Industrial Engineering, 120, 450–459.
- **Karner**, M., Glawar, R., Sihni, W., & Matyas, K. (2019). An industry-oriented approach for machine condition-based production scheduling. Procedia CIRP, 81, 938–943.
- **Karner**, Matthias; Sihni, Wilfried (2018). Einsatz von Zustandsüberwachungssystemen zur Entscheidungsunterstützung in der Produktionsplanung der variantenreichen Fertigung. In: GITO-Verlag.
- **Karner**, Matthias; Glawar, Robert; Sihni, Wilfried; Matyas, Kurt (2018). Integrating Machine Tool Condition Monitoring and Production Scheduling in Metal Forming. In: Proceedings of MOTSP Primosten, Croatia.
- **Lee**, Jay; Wu, Fangji; Zhao, Wenyu; Ghaffari, Masoud; Liao, Linxia; Siegel, David (2014): Prognostics and health management design for rotary machinery systems—Reviews, methodology and applications. In: Mechanical systems and signal processing 42 (1), S. 314–334.
- **Li**, Z., Ierapetritou, M. G. (2008): Reactive scheduling using parametric programming, AIChE J., 54(10), 2610–2623.
- **March**, Salvatore T., & Smith, Gerald F. (1995): Design and natural science research on information technology. Decision Support Systems, 15(4), 251–266.
- **Matyas**, K., Nemeth, T., Kovacs, K., Glawar, R. (2017): A procedural approach for realizing prescriptive maintenance planning in manufacturing industries, CIRP Annals - Manufacturing Technology, 66, 461–464.
- **Nandi**, Subhasis; Toliyat, Hamid A.; Li, Xiaodong (2005): Condition monitoring and fault diagnosis of electrical motors—A review. In: IEEE transactions on energy conversion 20 (4), S. 719–729.
- **Nguyen**, S., Mei, Y., Zhang, M. (2017): Genetic programming for production scheduling: a survey with unified framework, Complex & Intelligent Systems, 1–26.
- **Ruiz-Cárcel**, C., Jaramillo, V. H., Mba, D., Ottewill, JR, Cao, Y. (2016): Combination of process and vibration data for improved condition monitoring of industrial systems working under variable operating conditions, Mechanical systems and signal processing, 66, 699–714.
- **Schuh**, Günther; Reuter, Christina; Hauptvogel, Annika; Brambring, Felix (2014): Cyber-physische Produktionssteuerung.
- **Tranfield**, David, Denyer, David, & Smart, Palminder (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. British Journal of Management, 14(3), 207–222.
- **van Aken**, Joan Ernst. (2004): Management research based on the paradigm of the design sciences: The quest for field-tested and grounded technological rules. Journal of management studies, 41(2), 219–246.
- **van Aken**, Joan Ernst. (2005): Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. British Journal of Management, 16(1), 19–36.
- **Zhang**, Jian; Ding, Guofu; Zou, Yisheng; Qin, Shengfeng; Fu, Jianlin (2017): Review of job shop scheduling research and its new perspectives under Industry 4.0. In: J Intell Manuf 34 (3).



Fraunhofer Austria Research GmbH
Geschäftsbereich
Produktions- und Logistikmanagement

Theresianumgasse 7 | 1040 Wien

Tel.: +43 1 504 69 06
Fax: +43 1 504 69 10 90

office@fraunhofer.at
www.fraunhofer.at

Follow us on



Dipl.-Ing. Matthias Karner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter
Instandhaltung und Anlagenmanagement

+43 (0) 676 888 616 - 44
matthias.karner@fraunhofer.at