

Projekt: APACHE

APACHE: Entwicklung einer adaptiven Fertigungsregelung zur systematischen Abweichungsbewältigung bei Kleinserien

Das Regelkreismodell des adaptiven Abweichungsmanagements

Unternehmen begegnen den Herausforderungen, hervorgerufen durch wachsende Variantenvielfalt und schrumpfende Produktlebenszyklen, mit Initiativen rund um Industrie 4.0 – also der durchgehenden Digitalisierung des Unternehmens mittels Sensorik und IT-Systemen. Um jedoch heutzutage weiterhin wettbewerbsfähig zu sein, müssen Unternehmen von heute Abweichungen kurzfristig und agil bekämpfen können. Die durchgeführten Digitalisierungsmaßnahmen in der Industrie bieten hier allerdings nur eine teilweise Verbesserung. Durch die Gestaltung eines adaptiven Abweichungsmanagements in der Fertigungssteuerung im Rahmen des Forschungsprojekts 'APACHE' (Projektlaufzeit: 01.01.2017 - 30.09.2018) ist es Unternehmen möglich, nicht nur oberflächlich, sondern systematisch gegen die Ursachen von Abweichungen und Veränderungen vorzugehen, um eine langfristige Verbesserung des Fertigungsprozesses bei gleichzeitiger Wettbewerbsfähigkeit zu erreichen. Das IGF-Vorhaben 19238 N der Forschungsvereinigung FIR e. V. an der RWTH Aachen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Durch die steigende Komplexität, erhöhte Variantenvielfalt in der Fertigung und kürzere Lieferzeiten sowie qualitätsgerechte Lieferungen an die Kunden bei einer zeitgleichen Minimierung der Lagerbestände und Maximierung der Ressourcennutzung, müssen Unternehmen in der Lage sein, Abweichungen in der Fertigung kurzfristig und agil zu bewältigen. Dies gewährleistet den nachhaltigen Erfolg des Unternehmens. Durch die genannten Einflüsse werden zeitgleich die regulären Aufgaben der Fertigungssteuerung mitbeeinflusst, da meist nur eine kurzfristige Bekämpfung der Symptome anstelle von einer systematischen Behebung der Ursachen stattfindet.² Das Modell des adaptiven Abweichungsmanagements in der Fertigungssteuerung, das vom FIR im Projekt 'APACHE' entwickelt wurde, soll ebendies ermöglichen. Dazu unterliegt es der Definition der Adaptivität (= die Fähigkeit eines Systems, sich selbständig bzw. autonom an veränderte Zustände anzupassen).³ Durch die Adaptivität entsteht die Möglichkeit der unternehmensspezifischen Anpassung, wodurch der Einsatz für Unternehmen mit verschiedenen Zielsetzungen eröffnet wird. Die Bewertung der Abweichungen gestaltet sich ebenfalls adaptiv, da jene sich anhand

der spezifischen Gewichtung der Zielgrößen dynamisch anpasst. Zusätzlich tragen die Rückkopplungsmechanismen der kaskadierten Struktur des Modells zur Stabilität und Robustheit des Systems bei, da sie die Stellparameter adaptiv an die veränderten Umweltbedingungen anpassen können.

Um die Verbesserungspotenziale (Reduktion des manuellen Aufwands, Fokussierung wertschöpfender Tätigkeiten etc.) der operativen Aufgaben der Fertigungssteuerung heben zu können, müssen neben der ausschließlichen Transparenz über auftretende Abweichungen in erster Linie die dabei gewonnenen Informationen in die operativen Aufgaben der Fertigungssteuerung eingebunden werden. Hierzu wurde in dem Forschungsprojekt 'APACHE' ein Regelkreismodell für die Fertigungssteuerung entwickelt, welches diese Einbindung vorsieht. Im Folgenden stellen wir das Modell vor.

Einordnung der Reaktionsstrategiematrix in das Gestaltungsmodell des adaptiven Abweichungsmanagements

Damit mit einem adaptiven Abweichungsmanagement der Fertigungssteuerung die Möglichkeit gegeben werden kann, sich ständig wechselnden Ansprüchen zu stellen, wurde ein fünfstufiges Vor-

gehensmodell entwickelt.⁴ Die fünfte Stufe sieht vor, ein Regelkreismodell für die Fertigungssteuerung zu gestalten. Damit wird eine systematische Bewältigung von Abweichungen ermöglicht und die Ursachen nachhaltig eliminiert, indem die Reaktionsstrategiematrix mitsamt der Differenzierungslogik in der Regelkreisstruktur des adaptiven Abweichungsmanagements integriert wird. Aufgrund des synchronisierenden und regelnden Charakters ist die Reaktionsstrategiematrix⁵ im divisionalen Regelzentrum angrenzend an die Divisionsleitung verortet (s. u.).

Beschreibung des Regelkreismodells

Im Rahmen einer Regelstrecke (s. Bild 1, S. 64) erfolgt die operative Durchführung der einzelnen Aufgaben der Fertigungssteuerung. Durch die kontinuier-

¹ s. HEES U. REINHART 2015, S. 70

² s. LÖDDING 2014, S. 29

³ s. CHOI ET AL. 2001, S. 361; BENDEL U. HAUSKE 2004, S. 27; SURANA ET AL. 2005, S. 4241

⁴ s. LÜTKEHOFF ET AL. 2018, S. 10 – 12

⁵ Näheres zu der Reaktionsstrategiematrix inklusive der Differenzierungslogik findet sich im Artikel „Methodik zur systematischen Abweichungsbewältigung“ von LÜTKEHOFF U. MEIßNER, in: ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 113 (2018) 3, S. 664 – 667.

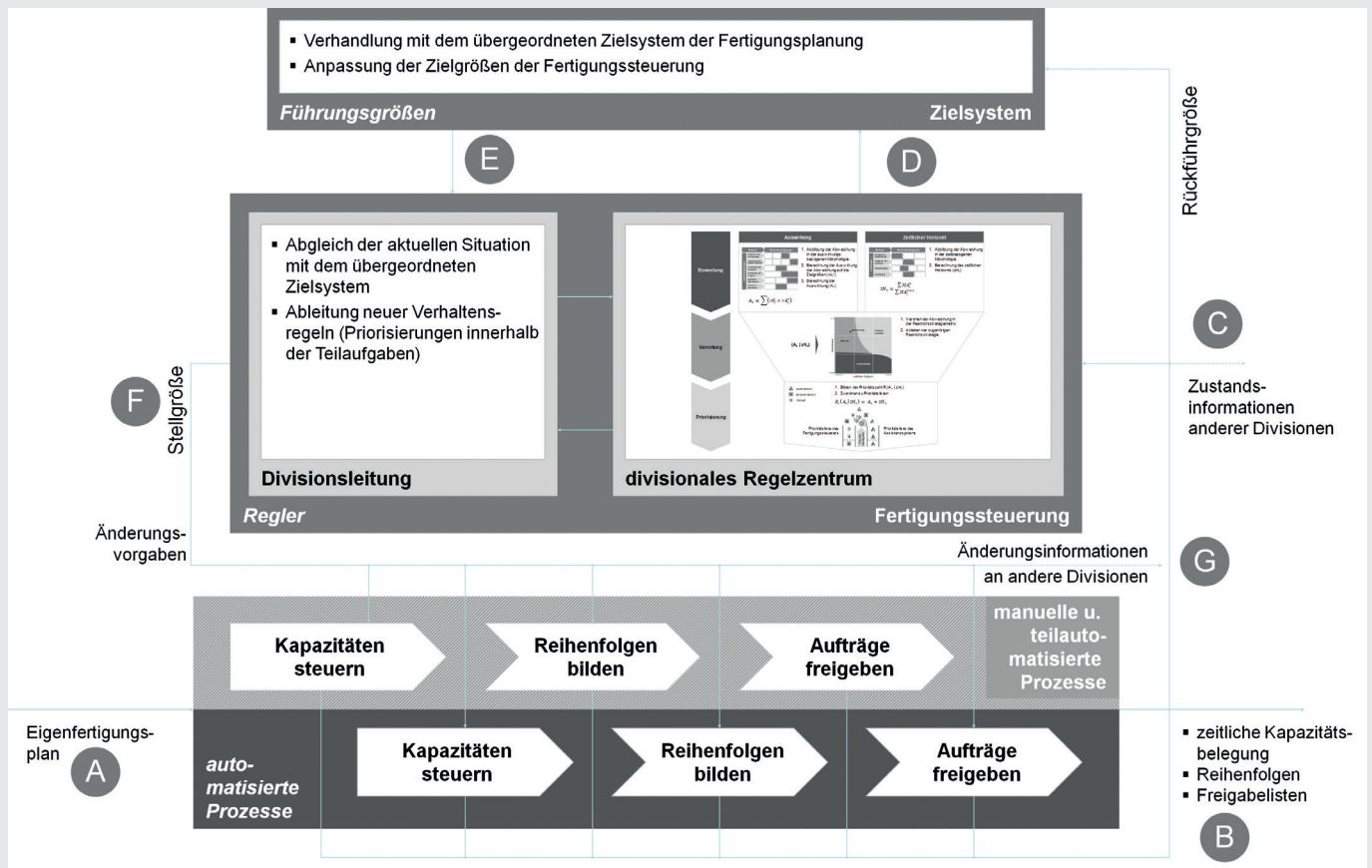


Bild 1: Einordnung der Reaktionsstrategiematrix in das Regelkreismodell des adaptiven Abweichungsmanagements in der Fertigungssteuerung (i. A. a. GOMEZ 1978, S. 118; BAUHOFF 2013, S. 75f.; KOMPA 2014, S. 104 f.)

liche und doppelte Rückkopplung von Prozessen können Statusinformationen parallel der Fertigungsleitung und der Zielsystemebene bereitgestellt werden. Anhand derselben können anschließend im Regler durch Divisionsleitung und das divisionale Regelzentrum konkrete Anpassungsmaßnahmen abgeleitet werden, die dann an die Regelstrecke zurückgeführt werden. Die Entscheidung über die zu treffenden Maßnahmen zur Anpassung wird in Abstimmung mit den vom Zielsystem vorgegebenen Führungsgrößen vorgenommen. Die dazugehörigen Informationen über entsprechende Anpassungsmaßnahmen werden über die eigenen Prozessaufgaben hinaus auch an andere Divisionen übermittelt, um diese über anstehende Veränderungen zu informieren.

Dieser Lenkungsmechanismus erlaubt durch seine doppelte Rückkopplung eine Anpassung an nicht geplante Ereignisse. Auf der un-

tersten Ebene (Regelstrecke) befinden sich die operativen Aufgaben (Kapazitäten steuern, Reihenfolgen bilden, Aufträge freigeben), die durch Mitarbeiter oder Assistenzsysteme bzw. eine hybride Struktur aus beiden ausgeführt werden. Darüber befindet sich die Lenkungsinstanz mit der Divisionsleitung und dem divisionalen Regelzentrum. Auf der obersten Ebene ist die Produktionsleitung angesiedelt, die auf Basis des Zielsystems Führungsgrößen und Verhaltensspielräume vorgibt. Die Reaktionsstrategiematrix bildet mit der dazugehörigen Differenzierungslogik ein Hilfsmittel, um die operativen Prozesse zu unterstützen, indem identifizierte Abweichungen bewertet und anschließend hinsichtlich ihrer Dringlichkeit priorisiert werden.⁶ Im Anschluss an die Priorisierung ist es unausweichlich, die gewonnenen Erkenntnisse an die jeweils dazugehörigen Einheiten weiterzuleiten.

Informationen im Regelkreismodell

Auf Basis der Informationen aus der operativen Basiseinheit der Fertigungssteuerung

(Information B) sowie der Zustandsinformationen der anderen operativ agierenden Divisionen (Information C) müssen anhand definierter Zielkorridore Abweichungen identifiziert werden. Konkrete Änderungsanweisungen werden parallel als direkte Änderungsinformation (Information G) an andere Divisionen weiterversendet und als Änderungsvorgabe (Information F) an die operativen Basiseinheiten der Fertigungssteuerung mittels einer Stellgröße übergeben. Dies dient dazu, dass bei den operativen Basiseinheiten jegliche Änderungen wirksam und somit an Soll-Zustände angepasst werden. Diese Notwendigkeit ist erforderlich, um eine valide Durchführung und eine kontinuierliche Abweichungsmessung zu garantieren. Die entstehende Ausführung erfolgt nach der entsprechenden Reaktionsstrategie automatisiert, teilautomatisiert bzw. manuell.⁷ Daraus entsteht eine Aufteilung in zwei mögliche Ausführungsvarianten – entweder gänzlich automatisiert oder mit dem Menschen als letzte Entscheidungsinstanz (s. Bild 1). Stellt sich bei der Anpassung/

⁶ S. MEIßNER 2018, S. 142

⁷ S. LÜTKEHOFF U. MEISSNER 2018, S. 665

Optimierung aufgrund einer Abweichung heraus, dass die Zielsetzung im Rahmen des vorgegebenen Handlungsspielraums nicht gelöst werden kann, muss dies an die Produktionsleitung weitergeleitet werden (Information D). Auf dieser Grundlage können in Abstimmung mit der Produktionsleitung konkrete Handlungsanweisungen für den Eigenfertigungsplan abgeleitet (Information E) und zeitgleich an die Leitung der Fertigungssteuerung übermittelt werden. Des Weiteren dienen die Informationen als Eingangsgröße der Produktionsplanung, um die aktuelle Planung anpassen zu können. Dies führt zukünftig zu einer optimalen Umsetzung von Eigenfertigungsplänen (Information A).

Fazit und Ausblick

Abschließend ist festzuhalten, dass durch das entworfene Modell des adaptiven Abweichungsmanagements und die Integration der Reaktionsstrategiematrix in selbiges die Potenziale der Reduktion der Aufwände in der Fertigung deutlich reduziert werden können. Vor allem kann dabei durch die Adaptivität eine schnelle und kostengünstige Anpassung des Systems bei gleichzeitig hoher Qualität vollzogen werden. Zukünftig werden Ansätze der Künstlichen Intelligenz (KI) in diesem Bereich eine immer stärkere Rolle spielen. Denn für die Entscheidungsfindung des Menschen, die bei vielen Abweichungen nach wie vor notwendig ist, kann die KI Prognosen ableiten, auf Basis derer der Mensch fundierter entscheiden kann. Dies wird bereits am FIR im Forschungsprojekt 'iProd – Intelligente Produktionsregelung' erforscht.

Literatur

BAUHOFF, F.: *Selbstoptimierende Regelung der artikelbezogenen Materialdisposition in der Beschaffung*. Schriftenreihe Rationalisierung; Bd. 121. RHRsg.: G. Schuh. Apprimus, Aachen 2013. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2013.

BENDELL, O.; HAUSKE, S.: *E-Learning: Das Wörterbuch*. Sauerländer, Aarau 2004.

CHOI, T. Y.; DOOLEY, K. J.; Rungtusanatham, M.: *Supply networks and complex adap-*

tive systems: control versus emergence. In: *Journal of Operations Management* 19 (2001) 3, S. 351 – 366.

GOMEZ, P.: *Die kybernetische Gestaltung des Operations Managements: Eine Systemmethodik zur Entwicklung anpassungsfähiger Organisationsstrukturen*. Haupt, Bern [u. a.] 1978.

HEES, A.; REINHART, G.: *Approach for Production Planning in Reconfigurable Manufacturing Systems*. In: *CIRP Procedia* 33 (2015) o. H., S. 70 – 75.

KOMPA, S.: *Auftragseinlastung in Überlastsituationen in der kundenindividuellen Serienfertigung*. Schriftenreihe Rationalisierung; Bd. 123. RHRsg.: G. Schuh. Apprimus, Aachen 2014. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2014.

LÖDDING, H.: *Gedanken zu einem abgestimmten Management von Kosten, Zeit und Qualität*. In: *Enterprise-Integration*. Hrsg.: G. Schuh; V. Stich. Springer, Berlin [u. a.] 2014, S. 23 – 35.

LÜTKEHOFF, B.; MEIßNER, J.: *Methodik zur systematischen Abweichungsbewältigung*. In: *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 113 (2018) 10, S. 664 – 667.

LÜTKEHOFF, B.; BLUM, M.; MEIßNER, J.: *Entwicklung einer adaptiven Fertigungsregelung zur systematischen Abweichungsbewältigung bei Kleinserien*. In: *UdZForschung – Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung* 19 (2018) 1, S. 10 – 12.

MEIßNER, J. P.: *Adaptives Abweichungsmanagement in der Fertigungssteuerung bei Kleinserien*. Schriftenreihe Rationalisierung; Bd. 153. RHRsg.: G. Schuh. Apprimus, Aachen 2018. – Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2017.

SURANA, A.; KUMARA, S.; GREAVES, M.; RAGHAVAN, U. N.: *Supply-chain networks: a complex adaptive systems perspective*. In: *International Journal of Production Research* 43 (2005) 20, S. 4235 – 4265.

Ansprechpartner:



Ben Lütkehoff, M.Sc.
Wissenschaftlicher Mitarbeiter
FIR e. V. an der RWTH Aachen
FIR, Bereich Produktionsmanagement
Tel.: +49 241 47705-406
E-Mail: Ben.Luetkehoff@fir.rwth-aachen.de



Dr.-Ing. Jan Meißner
Project Manager
Scheidt & Bachmann GmbH

Projekttitel: APACHE

Projekt-/Forschungsträger: BMWi; AiF

Förderkennzeichen: 19238 N

Projektpartner: Asseco Solutions AG; CLAAS KGaA mbH; e.GO Mobile AG; Haake Technik GmbH; Hoerbiger Antriebstechnik Holding GmbH, Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH + Co. KG; PSI Automotive & Industry GmbH; Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) e. V.; Westaflexwerk GmbH

Internet: apache.fir.de

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages