

Lean und Green zugleich

**Ganzheitliche Steigerung von Qualität,
Produktivität und Ressourceneffizienz**

.....
In Produktionsunternehmen gilt es zunehmend, Qualität, Kosten, Zeit und Ressourceneffizienz zugleich zu steigern. Dies erfordert Transparenz und Optimierung entlang aller Prozessketten und damit eine intensive Zusammenarbeit und Vernetzung der Kompetenzen im Unternehmen auf Basis von Wertstromanalysen. Ein mittelständischer Metallverarbeiter hat unter Einsatz von QM-Methoden ein entsprechendes Analyse- und Bewertungsverfahren entwickelt und angewandt – und durch die ganzheitliche Sicht der Produktion die Qualität aller Prozesse und Abläufe gesteigert.
.....

Sebastian Greinacher, Emanuel Moser, Maik-Oliver Winzker,
Michael Macke und Gisela Lanza

Die Optimierung der Produktion im Spannungsfeld aus Zeit, Kosten und Qualität sowie zunehmend auch Ressourceneffizienz erfordert die enge Kooperation aller Beteiligten im Unternehmen [1]. Nur durch die intensive Zusammenarbeit und Abstimmung lässt sich das volle Potenzial über komplexe Material-, Informations- und Energieflüsse hinwegerschließen [2]. Denn es gilt, das „große Ganze“ aus Qualitätsraten, Kosten, Durchlaufzeiten, Ressourcenverbrauch und vielem mehr im Blick zu behalten und die isolierte Optimierung von Teilzielen zu vermeiden [3].

Um eine solche erfolgreiche Zusammenarbeit und Koordination aller beteiligten Experten im Unternehmen zu erreichen und Potenziale über Domänen-, Maschinen- und Bereichsgrenzen hinweg erken-

nen zu können, sind zwei wesentliche Voraussetzungen zu erfüllen:

- die Erstellung einer zugrunde liegenden Methodik zur systematischen Kombination der Daten und
- die darauf aufbauende Optimierung der Produktionsabläufe.

Dabei leisten Qualitätsmanager mit ihrem Methodenwissen bei Datenanalyse, -aufbereitung und statistischen Verfahren einen wichtigen Beitrag [8].

Lean und Green braucht das Qualitätsmanagement

Dies hat auch die Upmann GmbH & Co. KG in Rietberg erkannt. Das mittelständische, metallverarbeitende Unternehmen ist Produzent und Entwicklungspartner für Industrie und Handel. Am Standort Rietberg fertigen 170 Mitarbeiter auf einer Produk- >>>

tionsfläche von 20 000 Quadratmetern ein variantenreiches Produktportfolio. Neben hohen Qualitätszielen und den seit einigen Jahren verfolgten Lean-Production-Ansätzen rückte die Ressourceneffizienz aufgrund des hohen Material- und Energiekostenanteils in den Fokus der kontinuierlichen Verbesserung. Erste Kundenanfragen nach den CO₂-Profilen ausgewählter Produkte taten ihr Übriges, um Transparenz und Optimierung von Energie- und Materialverbräuchen zu einem wichtigen Unternehmensziel zu erklären. Die Bewertung

engpässe, Hauptverbraucher). Die übrigen Verbräuche, Zeiten usw. wurden pragmatisch abgeschätzt. Grundlage sind aggregierte Daten des übergeordneten Fabriklevels, die bereits durch die Betriebsdatenerfassung vorliegen, und Herstellerangaben. Ergänzende Detailuntersuchungen waren somit nur für kritische Maschinen erforderlich. Ausgehend von der Maschinenebene wurden die Daten durch sogenannte Prozessblöcke aufbereitet. Neben der anschaulichen Darstellung relevanter Verbräuche, Zeiten und Kosten je Prozessschritt erfolgte die

nierender Kostenfaktor bei Upmann im Mittelpunkt der Bewertung steht. Kostenseitig fällt der Energieverbrauch deutlich geringer ins Gewicht, wurde aber wegen seiner Bedeutung für den Ausstoß von Treibhausgasemissionen in die Betrachtung aufgenommen. Aufgrund begrenzter personeller und finanzieller Ressourcen ist es insbesondere für kleine und mittlere Unternehmen (KMU) wichtig, die Ressourceneffizienz im Zusammenspiel mit der wirtschaftlichen und organisatorischen Optimierung der Produktion zu betrachten. Infolgedessen wurde die Analyse der Produktion um die Ermittlung von Kosten, Ausschussraten und Durchlaufzeiten erweitert.

Herausforderung Variantenvielfalt

Fertigung und Montage sind im Unternehmen für den überwiegenden Teil des Material- und Energieverbrauchs verantwortlich und standen daher im Fokus der Analyse. Innerhalb der Bereiche waren die über 4500 Varianten, von der Serienfertigung bis hin zur individuellen Sonderanfertigung, zunächst nur schwer handhabbar. Daher wurden durch Anwendung der 80-20-Regel auf die Jahresstückzahl die Exoten ausgeschlossen.

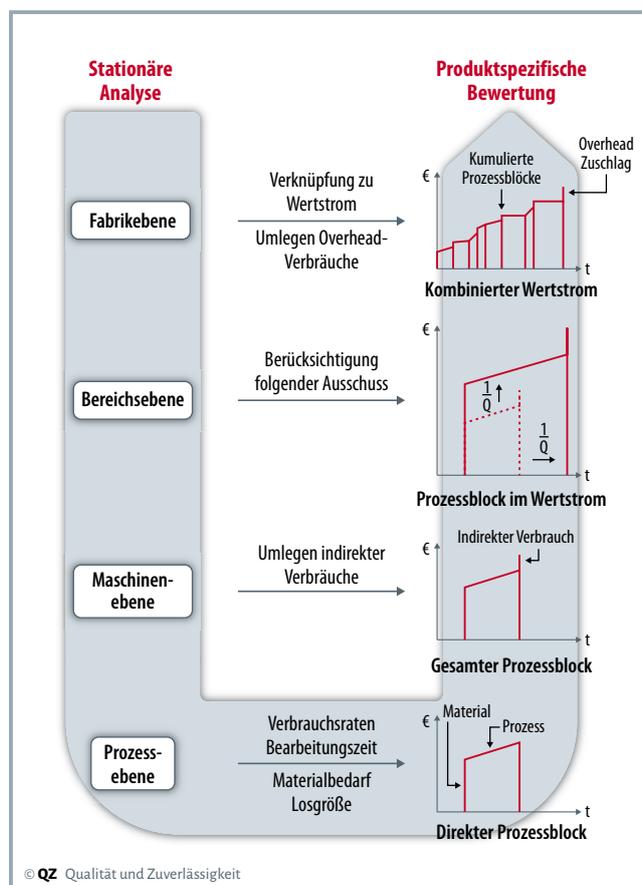
Zunächst waren die Abläufe der Kernprodukte zu verbessern, da diese die Hauptlast des Systems ausmachen. Die verbliebenen Produkte wurden durch die Produktionsverantwortlichen in 23 grundlegende Prozessketten unterteilt. Je Prozesskette wurde ein repräsentatives Produkt zur detaillierten Analyse identifiziert. Die Auswahl erfolgte anhand der jährlichen Absatz- und Umsatzzahlen, um sowohl die Produktionslast als auch die wirtschaftliche Bedeutung einzubeziehen.

Aufnahme der relevanten Daten

Entlang der repräsentativen Prozessketten wurden die Maschinen detailliert analysiert. Dabei sind folgende Daten entscheidend:

- Dauern je Prozessschritt (z. B. Bearbeitungszeit, Liegezeit),
- zeitbasierte Verbrauchsdaten (z. B. elektrische Leistung),
- mengenbasierte Verbrauchsdaten (z. B. Rohmaterialeinsatz),
- zeitbasierte Kostensätze (z. B. Maschinenstundensatz) sowie
- mengenbasierte Kostensätze (z. B. Materialpreis).

Bild 1. Vorgehen zur Top-down-Analyse und Bottom-up-Bewertung



der Produktion unter Lean- und Green-Kriterien wurde in einem kompetenzübergreifenden Team gemeinsam mit dem Institut für Produktionstechnik (wbk) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) im AiF-Forschungsvorhaben MoBiLe durchgeführt.

Die Schaffung von Transparenz bezüglich organisatorischer Abläufe, Qualitätsproblemen, Kostenverursachung und Ressourcenverbräuchen im Unternehmen erfolgte entlang einer Top-down-Analyse und einer Bottom-up-Bewertung (Bild 1). Das Vorgehen ermöglicht ein ausgewogenes Aufwand-Nutzen-Verhältnis durch Fokussierung auf relevante Potenziale (z. B. Qualitäts-

Kombination der Prozessblöcke unter Verrechnung mit ihrer jeweiligen Qualitätsrate zu Wertstromprofilen der Produkte [9]. Denn für die Steigerung sowohl der Produktivität als auch der Ressourceneffizienz gilt: Das volle Potenzial wird erst über die Prozesskette hinweg gehoben. Entlang der Prozesskette verstärken sich Qualitätsprobleme schnell zu erschreckenden Ausmaßen.

Lean und Green in der praktischen Umsetzung

Eingrenzung auf wesentliche Verbräuche

Die Grobanalyse der Unternehmensdaten ergab, dass der Materialverbrauch als domi-

www.qz-online.de Nicht zur Verwendung in Intranet- und Internet-Angeboten sowie elektronischen Verteilern

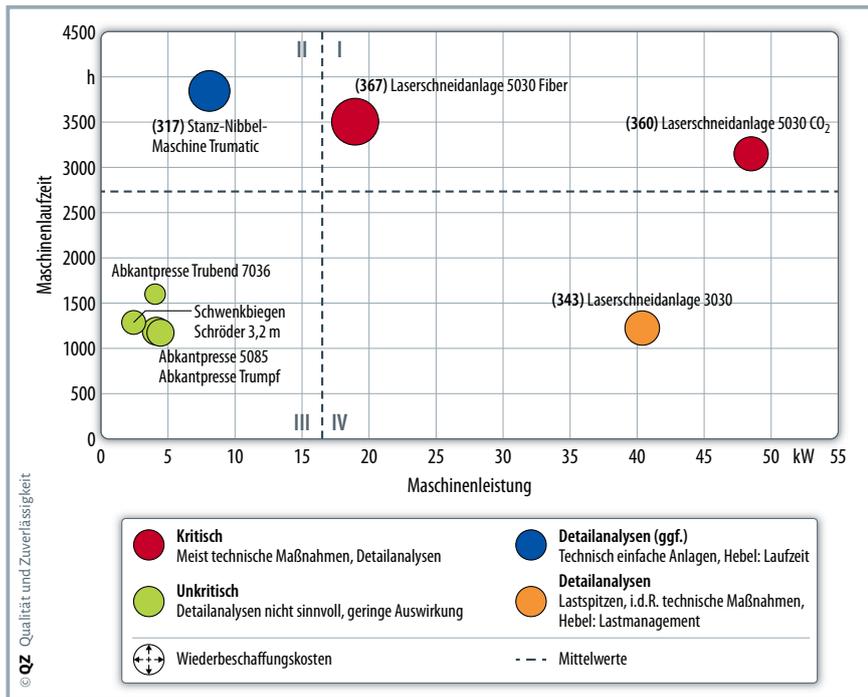


Bild 2. Maschinenleistungs-Laufzeit-Portfolio [8, 9]

Der Aufwand ist durch Fokussierung auf das Wesentliche zu begrenzen. Hauptverbraucher bieten deutlich höheres Einsparpotenzial als die übrigen Maschinen. Verbräuche, Zeiten und Kosten der übrigen Maschinen wurden auf Basis langfristiger Verbräuche, z. B. monatlich abgelesener Stromzähler, und der Herstellerangaben abgeschätzt. Zeit- und Kostendaten waren gegenüber Energie- und Materialverbrauch in hoher Detailtiefe vorhanden. Während der Einsatz von Rohmaterial und Zukaufteilen über die Konstruktion und dokumentierte Bestellungen gut abgedeckt war, wurden Verschnitt und Abfall bisher auf Bereichsebene gesammelt dokumentiert. Die Zuteilung von Verschnitt und Abfall auf einzelne Arbeitsgänge erfolgte durch Abschätzung

der Prozessexperten. Für die Hauptverbraucher wurden die abgeschätzte Abfallmenge mit Stichproben und Kurzzeitmessungen abgeglichen. Materialseitig stellten sich neben den Beschaffungskosten die Entsorgungskosten als relevant heraus.

Einen wesentlichen Mehrwert zur praxisnahen und aufwandsgerechten Auswertung und Interpretation der verfügbaren Daten im Produktionssystem lieferten Werkzeuge des Qualitätsmanagements, aufbauend auf den sieben Qualitätswerkzeugen (Q7) und den sieben Managementwerkzeugen (M7) [6, 7]. Beispielsweise wurde zur Eingrenzung elektrischer Hauptverbraucher das in Bild 2 dargestellte Leistungs-Laufzeit-Portfolio eingesetzt. Die Leistung je Maschine wird ihrer jährli-

chen Laufzeit gegenübergestellt. Durch die Quadranten werden die Maschinen in die Kategorien kritisch, unkritisch und Detailanalysen erforderlich unterteilt. Für die Kategorie Detailanalysen ist der Aufwand abzuwägen. So wurde als Ergebnis der Analysen Maschine 343 verkauft (Bild 2). Die vergleichsweise geringe Auftragslast konnte durch die Maschinen 367 und 360 übernommen werden. Neben Pressen, Waschmaschine, Laser- und Wasserstrahlschneidanlage wurde der Einschrumpfen für Verpackungsfolie als unerwarteter Energie-Hauptverbraucher ermittelt.

Direkte und indirekte Verbräuche

Die aufgenommenen Daten wurden in folgende Kategorien unterteilt:

- **Direkte Verbräuche:** Zeiten und Kosten sind direkt mit einem Teil verknüpft (z. B. Energieverbrauch während der Bearbeitung).
- **Indirekte Verbräuche:** Zeiten und Kosten sind nur über die Maschine mit konkreten Teilen verknüpft (z. B. Energieverbrauch im Leerlauf).
- **Overhead-Verbräuche und -Kosten** sind allgemeine Aufwendungen im Unternehmen und nicht mit der Produktion verknüpft (z. B. Kosten für Verwaltung).

Ausgehend vom Maschinenlevel wurden die Daten je Repräsentant zur produktspezifischen Wertstromsicht aufbereitet. Zunächst wurde je Prozessschritt ein Prozessblock erstellt. Auf der X-Achse wurde die benötigte Prozesszeit abgetragen, auf der Y-Achse die Kosten oder Verbräuche. Dabei galten folgende Annahmen:

- Das Material muss bei Bearbeitungsbeginn vollständig zur Verfügung >>>

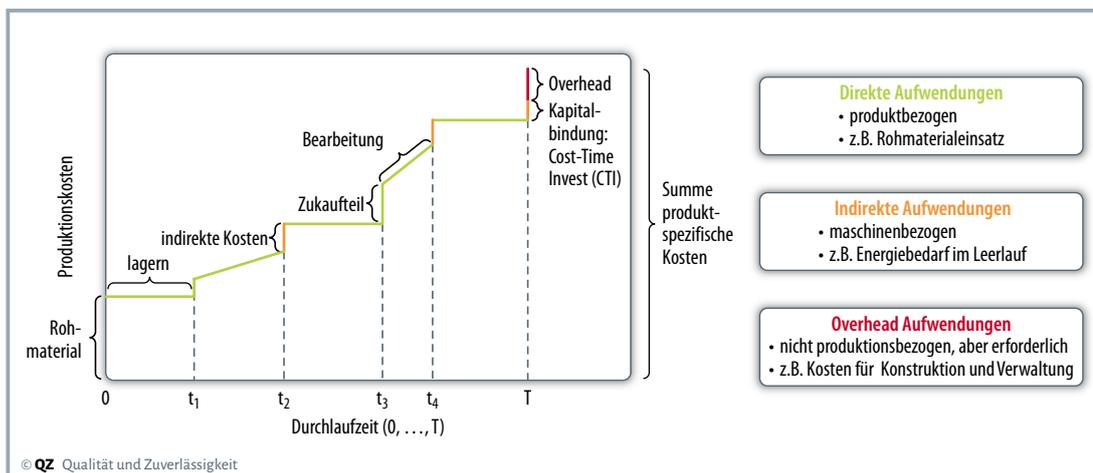


Bild 3. Kosten-Zeit-Profil

© 2017 Carl Hanser Verlag, München

stehen. Der Verbrauch erfolgt bei Bearbeitungsbeginn.

- Die übrigen direkten Verbräuche und Kosten fallen kontinuierlich während der Bearbeitungszeit an. Sie werden als Gerade zwischen direkten Kosten bzw. Verbrauch am Bearbeitungsbeginn und

INFORMATION & SERVICE

PROJEKT

Das IGF-Vorhaben 18056N der Forschungsgemeinschaft Qualität e. V. (FQS), August-Schanz-Straße 21A, 60433 Frankfurt am Main, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

LITERATUR

- Niemeier, M.: Treiber und Nutzen von Nachhaltigkeit in Lieferketten. QZ 5/2015, S. 21. www.qz-online.de/999882
- Hett, E.: Einführung von Leanmanagement, Teil 1–3. QZ 4/2015, S. 24; QZ 6/2015, S. 26, sowie QZ 8/2015, S. 32. www.qz-online.de/968659; .../987364 sowie .../1014046
- Gass, J., et al.: Energieverbrauch im Fertigungsprozess senken. QZ 12/2015, S. 25. www.qz-online.de/1246432
- Barsalou, M.: Warum methodisches Vorgehen die Unternehmenskultur prägt. QZ 12/2014, S. 14. www.qz-online.de/890733
- Rivera, L.; Chen, F. F.: Measuring the impact of Lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 6/2007
- Kamiske, G. (Hrsg.): Handbuch QM-Methoden. Die richtige Methode auswählen und erfolgreich umsetzen. Carl Hanser Verlag, München 2013. www.hanser.de/978-3-446-43558-2
- Lunau, S. (Hrsg.): Six Sigma + Lean Toolset. Mindset zur erfolgreichen Umsetzung von Verbesserungsprojekten. Springer-Verlag, Berlin 2013
- Greinacher, S.; Moser, E.; Hermann, H.; Lanza, G.: Schlank und ressourceneffizient produzieren – Planung und Bewertung des Lean- und Green-Methodeneinsatzes. wt Werkstattstechnik online 4/2015
- Thiede, S.: Energy Efficiency in Manufacturing Systems. Dissertation, Technische Universität Braunschweig, 2012
- Kugler, C., et al.: Prozessdatenanalyse zur Prozess- und Kostenoptimierung. QZ 3/2014, S. 38. www.qz-online.de/709224

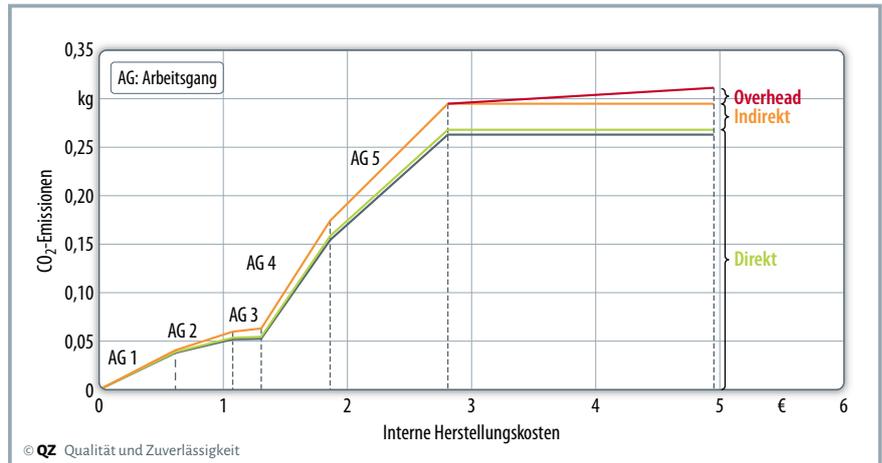


Bild 4. CO₂-Kosten-Profil

direkten Kosten bzw. Verbrauch am Bearbeitungsende aufgetragen (Bild 1, direkter Prozessblock).

- Indirekte Kosten bzw. Verbräuche werden am Bearbeitungsende auf die direkten Kosten bzw. Verbräuche aufgeschlagen (Bild 1, gesamter Prozessblock).

Ausschuss entlang des Wertstroms

Für die Produktionsplanung sind Verbrauch und Belegungszeit je Fertigteil entscheidend. Jeder Prozessblock ist daher mit dem Ausschuss entlang seines restlichen Wertstroms zu verrechnen. Die aufgetragenen Zeiten und Verbräuche des Prozessblocks sind hierfür durch das Produkt der Gutteilraten der Folgeprozesse zu dividieren. Als Zwischenergebnis ergab sich ein Prozessblock im individuellen Wertstrom eines Fertigteils (Bild 1, Prozessblock im Wertstrom).

Visualisierung über den Wertstrom

Abschließend wurden die Prozessblöcke je Variante zu einem Wertstromprofil kumuliert und aneinandergereiht (Bild 1, kombinierter Wertstrom). Am Ende des Profils wurden Overhead-Verbräuche und -Kosten als anteilige Zuschlagsrate aufgeschlagen. Das Profil stellt den Verlauf je Fertigteil durch die Produktion, die dafür benötigte Zeit und die resultierenden Verbräuche bzw. Kosten dar. Grundsätzlich können beliebige Verbräuche, Kosten und die Durchlaufzeit gegenübergestellt werden. Als besonders vielversprechend wurde die Gegenüberstellung von Durchlaufzeit und Produktionskosten (Bild 3, Kosten-Zeit-Profil), Durchlaufzeit und CO₂-Emissionen (CO₂-Zeit-Profil) sowie Produktionskosten

und CO₂-Emissionen (Bild 4, CO₂-Kosten-Profil) befunden.

Der Vergleich von Durchlaufzeit und Kosten unterstützte die Produktionsplanung maßgeblich mit einer einfach verständlichen Darstellung der Zusammenhänge und half bei der Identifikation von Verbesserungspotenzial über alle Maschinen hinweg.

Ein weiterer Vorteil dieser Darstellung ist die einfache Berechnung des gebundenen Kapitals je Produkt: Die Fläche unter der Kostenkurve entspricht dem sogenannten Kosten-Zeit-Invest. Durch Multiplikation mit einer internen Zinsrate ergibt sich daraus das gebundene Kapital [1]. CO₂-Emissionen wurden durch Verrechnung des Energieverbrauchs mit dem CO₂-Äquivalent je Energieträger ermittelt. Durch Gegenüberstellung mit der Durchlaufzeit ergibt sich der CO₂-Footprint je Produkt, der ein zunehmendes Verkaufsargument darstellt. Der Vergleich von CO₂-Emissionen und Kosten kann als Vergleichswert unterschiedlicher Prozessketten, Produkte und Standorte herangezogen werden, um das Verhältnis aus Wertschöpfung und Treibhausgasemissionen gegenüberzustellen.

Verbesserungspotenziale ableiten

Die Visualisierung der Zusammenhänge entlang der Wertströme und die Vergleiche der Profile trugen wesentlich dazu bei, Verbesserungspotenziale in der Produktion aufzudecken. Unter anderem wurden folgende Maßnahmen ermittelt und umgesetzt:

- Substitution von Prozessschritten zur Einsparung von Bearbeitungszeit, Liegezeit zwischen den Prozessen, Fehlerquellen, Abfallmaterial und Kosten.

- Losgrößenreduktion zur Verkürzung von Wartezeiten und zur Bestandsverringerung.
- Pufferbestandsreduktion zur Verkürzung von Liegezeiten.
- Verlagerung von Mindestbeständen von Fertigteilen zu Baugruppen. Dadurch greifen mehrere Wertströme auf den Bestandspool zu, und Liegezeiten und Kosten konnten reduziert werden.
- Umstellung der Lagerfertigung auf Auftragsfertigung für Nischenprodukte. Kennzeichnung der Verfügbarkeit im Produktkatalog in drei Kategorien: „sofort lieferbar“, „mit geringer Wartezeit lieferbar“, „auf Nachfrage lieferbar“. Dadurch konnten Lagerbestände, Materialverbrauch und Kosten reduziert und der Vertrieb in die Glättung der Produktion einbezogen werden.
- Anpassung des Maschinenlayouts zur Verkürzung der Wege in den Hauptwertströmen und zur Transportzeitverkürzung.
- Stärkere Berücksichtigung der elektrischen Leistung bei der Neubeschaffung von Maschinen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen.
- Konsequenterer Maschinenabschaltung in ungeplanten Zeiträumen zur Reduktion des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen.

Optimierung für Fortgeschrittene

Die erarbeitete Datenbasis legt die Grundlage für fortgeschrittene Planungs- und Optimierungswerkzeuge [10]. So wurde im Rahmen des Forschungsvorhabens ein Simulationsmodell des Produktionssystems implementiert. Lediglich geringe Ergänzungen der Datenbasis wie Prioritätsregeln im Materialfluss mussten zusätzlich erfasst werden. Die Simulation ermöglicht die zeitlich dynamische Untersuchung und Absicherung der Verbesserungsmaßnahmen. Insbesondere bei der Untersuchung von Wechselwirkungen, z. B. bei Losgrößenreduktion gegenüber Anzahl Rüstvorgänge, und bei der Untersuchung von Zukunftsszenarien, z. B. bei Nachfrageänderungen, erwies sich die Simulation als hilfreich. Bei allen Vorteilen fortgeschrittener Planungstools müssen allerdings das Wissen und die personelle Kapazität im Unternehmen vorhanden sein, um diese auch langfristig anzuwenden.

Mit QM-Methoden zu Lean und Green

Den größten Mehrwert für die praktische Anwendung in KMU bietet daher ein einfach und pragmatisch anwendbares Bewertungs- und Analyseverfahren. Das Vorgehen, das bei Upmann erfolgreich umgesetzt wurde, wurde im AiF-Forschungsvorhaben MoBiLe entwickelt. Wichtige Voraussetzung für den Erfolg war aus Sicht des Forschungs-

partners die Zusammenarbeit in einem bereichs- und kompetenzübergreifenden Team. Essenzieller Bestandteil waren Qualitätsmanagementwerkzeuge zur Datenanalyse und -auswertung sowie die Eingrenzung relevanter Verbraucher und Engpässe. Ausgehend von vorhandenen Daten der Fabrikebene wurden diese aufwandsgerecht bis auf Maschinenebene detailliert und in eine Wertstromdarstellung repräsentativer Produkte überführt. Anhand der intuitiven Visualisierung der Abläufe und Ursachen für direkte und indirekte Kosten und Verbräuche im Unternehmen konnten umfangreiche Verbesserungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Durch das geschaffene Verständnis über die gesamte Prozesskette konnte die ganzheitliche Optimierung der Produktion gegenüber der lokalen Verbesserung isolierter Teilbereiche deutlich vorangetrieben werden, was letztlich wieder der Qualität zugute kommt. So wurde bspw. in der Vergangenheit die Qualitätsrate eines Stanzprozesses unter entsprechenden Anstrengungen kontinuierlich verbessert – bis der Prozess durch Prozessintegration am Folgeprozess komplett eingespart werden konnte. ■

Die wichtigsten Schritte auf dem Weg zu Lean und Green

Um das Analyse- und Bewertungsvorgehen, das bei Upmann umgesetzt wurde, erfolgreich durchführen zu können, sind folgende Schritte zu beachten:

- Zusammenstellung des Projektteams (mindestens Produktionsverantwortliche, Controlling)
- Festlegung relevanter Kennzahlen und Ressourcen auf Fabrikebene
- Dokumentation vorliegender Prozessketten
- Eingrenzung ähnlicher Prozessketten auf handhabbare Clusterzahl
- Auswahl eines repräsentativen Produkts je Cluster anhand von Absatz und Umsatz
- Identifizierung der Hauptverbraucher bezüglich der untersuchten Kennzahlen und Verbräuche je repräsentativer Prozesskette
- Ermittlung der Verbrauchsdaten der Hauptverbraucher durch Messungen, Abschätzung der Verbrauchsdaten für die übrigen Maschinen mittels vorhandener Daten
- Aufnahme der Kostensätze entlang der Prozesskette
- Unterteilung in direkte und indirekte Verbräuche je Maschine
- Erstellen der Prozessblöcke je Maschine
- Anpassung der Prozessblöcke durch Qualitätsraten entlang der Wertströme
- Zusammenstellung des Wertstromprofils aus kumulierten Prozessblöcken
- Bei Bedarf Berechnung der Kapitalbindung im Kosten-Zeit-Profil

INFORMATION & SERVICE

AUTOREN

Dipl.-Ing. Sebastian Greinacher, geb. 1987, und **Emanuel Moser, M. Sc.**, geb. 1986, arbeiten als wissenschaftliche Mitarbeiter am Institut für Produktionstechnik (wbk) des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT).

Maik-Oliver Winzler, geb. 1971, ist bei der Upmann GmbH & Co. KG, Rietberg, Geschäftsführer für Produktion und Beschaffung.

Dipl.-Ing. (BA) Michael Macke, geb. 1986, leitet in der Fertigungsorganisation bei Upmann den Bereich Prozess- und Zeitmanagement.

Prof. Dr.-Ing. Gisela Lanza, geb. 1973, leitet das wbk und hat den Lehrstuhl für Produktionssysteme und Qualitätsmanagement am KIT inne.

KONTAKT

Sebastian Greinacher
T 0721 608-44018
sebastian.greinacher@kit.edu

QZ-ARCHIV

Diesen Beitrag finden Sie online:
www.qz-online.de/1721364