

Leitfaden Industrie 4.0 trifft Lean

Wertschöpfung ganzheitlich steigern



in Kooperation mit



Forum Industrie 4.0

Editorial



Hartmut Rauen

Durch ständige Verbesserung und Weiterentwicklung der eigenen Produkte und Fähigkeiten bleiben Maschinenbauunternehmen langfristig erfolgreich. Im Zeitalter der Digitalisierung nimmt vor allem Industrie 4.0 hierfür eine Schlüsselrolle ein. Es gilt, neue Informations- und Internettechnologien Schritt für Schritt in die eigenen Prozesse zu integrieren.

Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau ist vielfach bereits erfolgreicher Anbieter solcher Technologien. Aber er ist auch selbst Anwender von Industrie 4.0. Die internen Prozesse zu vernetzen, sollte insbesondere für den Mittelstand wirtschaftlich und nutzbringend umsetzbar sein. Unabhängig von der Unternehmensgröße trifft Industrie 4.0 in der Regel jedoch weder auf perfekt optimierte Prozesse, noch auf ein unbeschriebenes Blatt mit sämtlichen Freiheitsgraden für neue Technologien. Stattdessen muss es gelingen, Vorhandenes bestmöglich einzubinden.



Christian Mosch

Seit einigen Jahren haben viele Unternehmen die Ideen und Methoden des Lean Managements adaptiert. Mensch, Technik und Organisation werden ganzheitlich betrachtet, um sich kontinuierlich zu verbessern und den Nutzen für das Unternehmen und seine Kunden zu steigern. Diese grundlegenden und bewährten Ansätze gelten auch weiter in einer digitalisierten Welt. Bekannte Lean-Elemente müssen jedoch neu gedacht und Ansätze der Digitalisierung auf ihren Beitrag zur Wertschöpfung geprüft werden. Das Zielfoto der Unternehmen bleibt das gleiche: hohe Wertschöpfung, hohe Qualität, transparente Abläufe sowie motivierte Mitarbeiter.



Felix Prumbohm

Industrie 4.0 eröffnet durch die Verknüpfung mit Lean neue Möglichkeiten für Verbesserungen in der Produktion. Vor allem aber vermag diese Verknüpfung Potenziale an den Schnittstellen zu Vertrieb, Engineering, Einkauf und Logistik zu heben. Unternehmen können sich so mit eigener Kraft auf eine neue Stufe der Produktivität heben. Der VDMA-Leitfaden „Industrie 4.0 trifft Lean“ leistet Pionierarbeit. Er versteht sich als Hilfsmittel, Abläufe durch klassische Lean-Gedanken und digitale Vernetzung effektiv und effizient zu gestalten und somit am Produktionsstandort Deutschland wettbewerbsfähig zu bleiben.

Der VDMA realisiert mit diesem Leitfaden einen weiteren Umsetzungsbaustein für die Praxis und erweitert seine erfolgreiche VDMA-Leitfaden-Serie. Ausdrücklicher Dank gebührt Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich vom Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) an der TU Darmstadt für die wissenschaftliche Aufbereitung des Leitfadens. Zudem danken wir allen beteiligten VDMA-Mitgliedern des Arbeitskreises „Industrie 4.0 trifft Lean“ für ihr Engagement und ihre richtungsgebenden Impulse.

Wir wünschen Ihnen eine interessante und inspirierende Lektüre.

Hartmut Rauen

Stellvertretender
VDMA-Hauptgeschäftsführer

Dr. Christian Mosch

VDMA-Forum Industrie 4.0

Felix Prumbohm

VDMA Business Advisory

Inhaltsverzeichnis

- 01 Editorial
- 02 Inhaltsverzeichnis
- 03 Lean Management trifft Industrie 4.0
- 04 Management Summary
- 05 Ausgangslage und Zielsetzung
- 06 Lean und Industrie 4.0 – zwei Ansätze, ein Ziel
- 10 Lean 4.0 – durch Digitalisierung
die nächste Stufe der Exzellenz erreichen
- 12 Digitale Entwicklungspfade am Beispiel des Toyota Hauses
- 20 Der Weg zum schlanken, digitalen Wertstrom
- 21 Der Blick auf Verschwendung im Umgang mit Informationen
- 23 Wertstrommethode 4.0
- 24 Durchführung der Wertstromanalyse 4.0

- 32 Best Practice aus der Industrie**
- 32 MUNSCH Chemie-Pumpen GmbH:
Informationsfluss bis auf die Werkzeugmaschine
- 33 technotrans AG: Kommunizieren – schnell und visuell
- 34 Festo Didatic SE: Mobile Instandhaltung mit Tablets
- 35 Festool GmbH: Lean-Kultur im digitalen Wandel

- 36 Projektpartner

Lean Management trifft Industrie 4.0



Joachim Metternich

Die schlanke Produktion ist das führende Konzept der Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, um Verschwendung in Prozessen zu reduzieren, die Produktivität zu steigern und Abläufe kontinuierlich zu verbessern. Die konsequente Ausrichtung auf wertschöpfende Tätigkeiten, eine wertstromorientierte Denkweise sowie die Integration von Mitarbeitern und Lieferanten in Verbesserungsaktivitäten haben sich als äußerst erfolgreich erwiesen.



Tobias Meudt

Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 hat eine Fabrik zur Vision, in der sich Betriebsmittel selbst vernetzen, Produkte sich ihren Weg durch die Fabrik suchen, Mitarbeiter von Routine entlastet werden und optimale Entscheidungen möglich sind. Hinsichtlich ihrer Intention ähneln sich die Ziele: Die schlanke Produktion zielt auf ein besseres Zusammenspiel von Zeit, Qualität, Kosten, Sicherheit und Motivation. Darüber hinaus akzentuiert Industrie 4.0 die Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen sowie deren Angebot im Rahmen neuer Geschäftsmodelle.



Lukas Hartmann

So ähnlich die Ziele sind, so unterschiedlich sind die Ansätze. War in der Vergangenheit die schlanke Produktion das Maß der Dinge, steht „Lean“ im Zeitalter von Industrie 4.0 auf dem Prüfstand. Einige Unternehmen der Branche fragen sich gar, ob sie sich den Schritt in ein schlankes Produktionssystem sparen können und gleich eine „smarte Fabrik“ aufbauen sollen. Die Handelnden stehen vor der Herausforderung, das Potenzial der Digitalisierung auszuschöpfen und gleichzeitig die Fallstricke einer zu stark technologiegetriebenen Vorgehensweise zu umgehen. Genau hier soll der vorliegende Leitfaden Klarheit schaffen und Orientierung geben.

Bei der Bewältigung des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 hilft eine rechtzeitige Besinnung auf die Grundlagen bisheriger Arbeit. In diesem Sinne erörtert der Leitfaden die Denkweise hinter den Methoden und Abläufen schlanker Systeme. Mit diesem Verständnis und mit Bezug auf die Herausforderungen des Maschinen- und Anlagenbaus werden anschließend Pfade der digitalen Weiterentwicklung von Lean aufgezeigt.

Der vorliegende Leitfaden ist das Ergebnis einer engen Zusammenarbeit des VDMA-Arbeitskreises „Industrie 4.0 trifft Lean“ – dem 30 Unternehmensvertreter angehören – und des Instituts für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW) der TU Darmstadt.

Wir hoffen, Ihnen mit diesem Leitfaden die eine oder andere Anregung für Ihre weitere Arbeit geben zu können.

Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich | Tobias Meudt | Lukas Hartmann

PTW Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen

Management Summary

Die schlanke Produktion wurde über viele Jahre entwickelt und kontinuierlich zu einem Managementsystem erweitert. Im ihrem Rahmen werden – je nach Kontext und angestrebter Verbesserung – bestimmte Methoden angewendet, um Verschwendung zu eliminieren. Dabei basiert die schlanke Produktion auf Werten und Verhaltensweisen wie Führen vor Ort, Respekt, Teamarbeit und dem Entwickeln ausgezeichneter Mitarbeiter. Diese Werte und Verhaltensweisen machen „Lean“ zu einem Managementansatz, der sich auf alle Unternehmensprozesse übertragen lässt.

Ziel dieses Leitfadens ist es aufzuzeigen, wie sich der Lean-Ansatz mit den neuen Möglichkeiten von Digitalisierung und Industrie 4.0 systematisch verbinden lässt.

Der Leitfaden veranschaulicht, wie sich der Lean-Ansatz mit den neuen Möglichkeiten von Digitalisierung und Industrie 4.0 systematisch verbinden lässt.

Der Leitfaden beleuchtet zunächst die Prinzipien, Grundlagen und das Zusammenspiel der wichtigsten Elemente der klassischen schlanken Produktion. Eine Gegenüberstellung von Lean und Industrie 4.0 zeigt, dass es Gemeinsamkeiten in den Zielen, aber Unterschiede in den Ansätzen gibt. Generell gilt: Im Zentrum eines schlanken Systems steht der Kreislauf aus Stabilisierung, Standardisierung, dem Erkennen von Abweichungen und der mitarbeitergetriebenen Problemlösung. Eine Digitalisierung im Einklang mit Lean sollte jeden Schritt dieses Kreislaufs unterstützen, darf ihn aber nicht durchbrechen.

Einen Schwerpunkt legt der Leitfaden auf die Darstellung aktueller Grenzen des Lean-Ansatzes und auf die Chancen zur Aufwertung und Ausweitung von Lean durch Digitalisierungstechnologien, insbesondere im Projektgeschäft des Maschinen- und Anlagenbaus. Denn der gezielte Einsatz digitaler Lösungen ermöglicht ein Ausweiten von Standardarbeit, erleichtert das Erkennen von Abweichungen und kann die Problemlösung beschleunigen.

Damit Lean und Digitalisierung ihr volles Potenzial entfalten können, wird im Leitfaden der Verschwendungsbegriff erweitert – denn nicht nur in der Wertschöpfung, sondern auch im Umgang mit Information selbst treten Verschwendungen auf. Zudem wird der Information an sich, welche während des Wertschöpfungsprozesses anfällt, ein eigener Wert beigemessen – sei es für die Problemlösung, das Verbessern des Produktflusses oder die Erweiterung des Leistungsangebots.

Darüber hinaus erweitert der Leitfaden den Fokus der Betrachtung von der Produktion auf den gesamten Auftragsabwicklungsprozess, denn große Zeitanteile gehen in vor- und nachgelagerten Prozessen verloren. Diese Gedanken fließen in eine Erweiterung der bekannten Wertstromdesign-Methode ein, die anhand eines Praxisbeispiels verdeutlicht wird. Eine signifikante Reduzierung von Arbeits- und Durchlaufzeit sowie von Verschwendungen im Umgang mit Information ist die Folge.

Abschließend zeigen vier Best Practice Beispiele aus Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, wie eine gelungene Verbindung von Lean und Industrie 4.0 aussehen kann.

Ausgangslage und Zielsetzung

Ausgangslage

Industrie 4.0 bestimmt zurzeit die Diskussion über die Entwicklung der Produktion wie kaum ein anderes Thema. Zentrale Stichworte sind Selbstorganisation, selbstoptimierende Systeme und Produkte, die sich ihren Weg durch die Produktion eigenständig suchen. Protagonisten fordern eine rasche Einführung digitaler Technologien in die Unternehmen sowie eine schnelle Anpassung und Entwicklung von Geschäftsmodellen – nur so könnten die Unternehmen im Markt überleben. Demgegenüber beanstanden die Kritiker, dass Industrie 4.0 am Menschen vorbei entwickelt werde und damit im Widerspruch zu Lean Management stehe.

Eine Aufgabe dieses Leitfadens ist es aufzuzeigen, wo sich beide Ansätze ergänzen und wo sie im Widerspruch stehen.

Besonders KMU haben sich in den letzten Jahren stark an der schlanken Produktion orientiert. Für sie stellt sich nun die Frage, welche Chancen, Anforderungen sowie Veränderungen sich aus Digitalisierung und Industrie 4.0 für ihr Produktionssystem ergeben und wie sie sich für die Zukunft aufstellen müssen. Einen ganzheitlichen Ansatz gibt es hierfür nicht. Jedoch gibt es vielversprechende Beispiele, welche die schlanke Produktion an bestimmten Punkten weiterentwickeln. Diese gilt es, im Kontext und unter bestimmten Zielsetzungen (z. B. Schnelligkeit oder Kundenindividualität) zu diskutieren.

Daten und Informationen wurden im Kontext der Wertstromdesign-Methode vor allem unter dem Aspekt der Produktionssteuerung betrachtet. Diese Sichtweise muss bei fortschreitender Digitalisierung erweitert und in die Wertstromplanung integriert werden. Zum einen sind Verschwendungen im Umgang mit Daten und Informationen systematisch zu erfassen und schließlich zu eliminieren. Zum anderen haben Daten und Informationen einen Wert an sich. Sie können dazu genutzt werden, Prozesse weiter zu verbessern (z. B. durch Bauteil-Trace-

ability kombiniert mit Problemlösungsprozessen) oder Kundennutzen zu steigern (z. B. durch Condition Monitoring, um Instandhaltungsprozesse zu steuern). Diese neue Sichtweise auf Daten und Informationen gilt es in einer erweiterten Wertstromdesign-Methode abzubilden.

Der Wunsch der Kunden nach maßgeschneiderten Problemlösungen führt zu immer individuelleren Maschinen und Anlagen. Wo der Kundenwunsch jedoch über einen vorgeplanten Lösungsraum hinausgeht, sind steigende Sonderkonstruktionsanteile und damit ein steigender Projektanteil am Gesamtgeschäft die Folge. Dies hat Auswirkungen auf den gesamten Produktentstehungsprozess – vom Systementwurf über den Einkauf bis hin zur Endmontage und Inbetriebnahme. Um die Komplexität dieses Prozesses beherrschbar zu halten, muss die logistische Prozesskette inklusive der Produktion die Individualisierung ohne Effizienzverluste handhaben können.

Zielsetzung

Der Leitfaden zeigt auf, wie die Digitalisierung eine steigende Produktvielfalt beherrschbar machen kann. Das größte Potenzial liegt in der Durchlaufzeitverkürzung individueller Aufträge durch eine horizontale Datenintegration vom Kundenwunsch bis hin zur Auslieferung und Inbetriebnahme. Solche Ansätze berühren bereits das Geschäftsmodell.

An wen richtet sich der Leitfaden?

Der Leitfaden ist für Unternehmen gedacht, die ihr schlankes Produktionssystem gezielt durch digitale Technologien weiterentwickeln möchten und dabei erste Orientierung und inhaltliche Inspiration suchen.

Was wird im Leitfaden nicht behandelt?

Nicht oder nur am Rande behandelt werden das Change Management, das Lean Product Development, die Prozessautomatisierung und das Komplexitätsmanagement.

Lean und Industrie 4.0 – zwei Ansätze, ein Ziel

Die schlanke Produktion – Versuch einer Definition

Vorreiter in Entwicklung und Anwendung der schlanken Produktion ist der japanische Autohersteller Toyota. Unter dem Dach des Toyota Produktionssystems (TPS) ist eine Vielzahl von Methoden und Prinzipien zusammengefasst. Diese bilden einen ganzheitlichen Ansatz, der alle Tätigkeiten auf das Erzeugen von Kundennutzen und das Eliminieren nicht-wertschöpfender Tätigkeiten ausrichtet ^[1].

Die schlanke Produktion ist ein strategischer Ansatz für operative Exzellenz in den Dimensionen Zeit, Qualität, Produktivität und Flexibilität. Sie basiert auf Werten und konsistent vorgelebten Verhaltensweisen wie Führen vor Ort, Respekt, Teamarbeit und dem Entwickeln ausgezeichneten Mitarbeiter.

Ob in der Produktion oder in angrenzenden Bereichen wie Entwicklung oder Einkauf – es gilt stets: Die grundlegende Wirkungsweise von Lean liegt in eng verbundenen Prozessen, in denen sich Probleme nicht verbergen können, und in Mitarbeitern, die diese Probleme ursächlich lösen.

Bedeutung von Standards

Standards im Sinne der schlanken Produktion legen die aktuell beste Methode fest, eine Arbeitsaufgabe zu erfüllen. Es gilt: Der richtige Prozess liefert das richtige Ergebnis.

Standards sind in der Regel das Ergebnis einer Prozessanalyse und der anschließenden Eliminierung von Instabilität und nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten. Der verbesserte Prozess wird dokumentiert und solange eingeübt, bis er stabile Resultate liefert. Es wird unterschieden zwischen allgemeinen Standards (z. B. Sicherheit in der Produktion), Prozessstandards (z. B. technische Parameter), Standardprozessen (z. B. Ablauf/Dokumentation des täglichen Team-Treffens) und Standardarbeit. Standardarbeit enthält Vorgaben für

- die Zeit zur Erfüllung einer Arbeitsaufgabe,
- die Reihenfolge von Arbeitsschritten und
- den dafür erlaubten Bestand an Material an einem Arbeitsplatz ^[2].

Standards bilden die Basis der kontinuierlichen Verbesserung, da sie die Vergleichsgrundlage zur aktuellen Prozessleistung bilden und so die Identifikation von Abweichungen ermöglichen.

Lean ist ein ganzheitlicher Ansatz, kein Methodenkoffer

Viele Unternehmen starten ihre Lean-Reise in der Produktion häufig mit ersten 5S-Kampagnen oder dem Aufbau von Kanban-Kreisläufen zur Materialsteuerung. Werden die richtigen Methoden auf erkannte Verschwendung angewendet, stellt sich gegebenenfalls ein Erfolg ein. Häufig folgt jedoch auf diesen projektgetriebenen Ansatz Ernüchterung, da die Verbesserungen nicht nachhaltig sind. Gründe hierfür sind:

- Der isolierte Methodeneinsatz erfolgt nicht im Kontext anderer Methoden (z. B. erfolgt die 5S-Einführung produktionsweit, statt fokussiert im Rahmen des laufenden Schnellrüstprojekts).

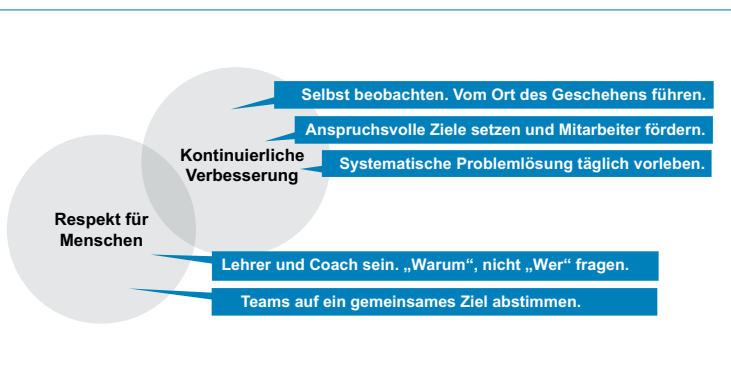


Abbildung 1: Werte und Verhaltensweisen am Beispiel von Toyota ^[1]

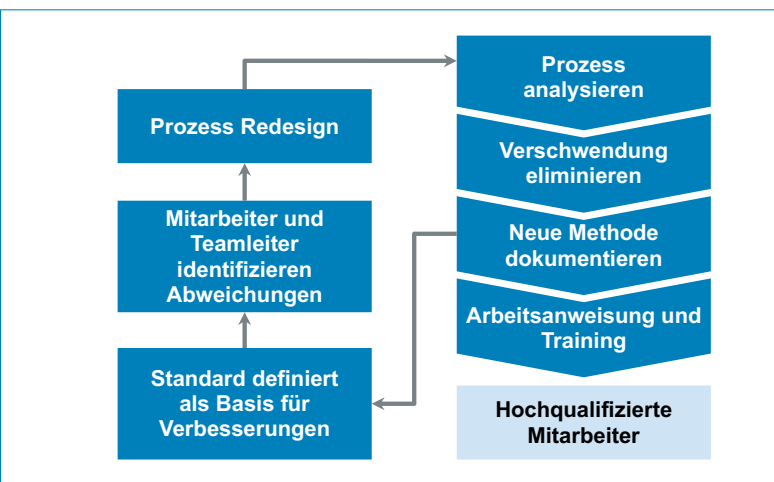


Abbildung 2: Standards einführen, leben und kontinuierlich weiterentwickeln ^[2]

- Es fehlt eine Wertstromvision, welche die Verbesserungsprojekte zielgerichtet aufeinander abstimmt (z. B. wird ein Schnellrüstprojekt an einer Werkzeugmaschine durchgeführt, ohne anschließend Losgrößen und Durchlaufzeiten zu verkleinern).
- Es fehlt eine Kultur, die Verbesserungen absichert (z. B. wenn das Management die Notwendigkeit nicht versteht, neue Prozesse zu standardisieren und durch ein Abweichungsmanagement zu stabilisieren).

Die erfolgreiche Verankerung der schlanken Produktion bedarf des Systemgedankens, einer Bewusstseinsveränderung und eines langfristigen Ansatzes, der über kurzfristige Einsparungsziele hinausgeht.

Das Zusammenspiel der Lean-Elemente im Toyota Produktionssystem

Am Beispiel des TPS wird das ideale Zusammenspiel der Lean-Elemente erläutert.

- A** Basis des TPS sind organisatorisch und technologisch stabile und damit beherrschbare Prozesse (z. B. in der Materialbereitstellung oder der Zerspaltung), die anschließend standardisiert werden.
- B** Die Standardisierung von Prozessen erleichtert das sichere (gegebenenfalls taktgebundene) Zusammenspiel von Prozessen und ist die Voraussetzung dafür, Arbeitsplätze näher zusammenzurücken. Je besser Prozesse zusammenarbeiten, desto niedriger können Pufferbestände gewählt werden, desto kleiner ist der Flächenbedarf und desto besser ist der Materialfluss.
- C** Die Weitergabe von Produkten in immer kleineren Losgrößen bis hin zu Einzelstücken erleichtert das Auffinden von Defekten, eine schnelle Eskalation (japanisch „Jidoka“) sowie die anschließende Fehlereingrenzung.
- D** Visuelles Management erleichtert das Erkennen von Abweichungen von Standards (z. B. in Qualität oder Soll-Prozessleistung).

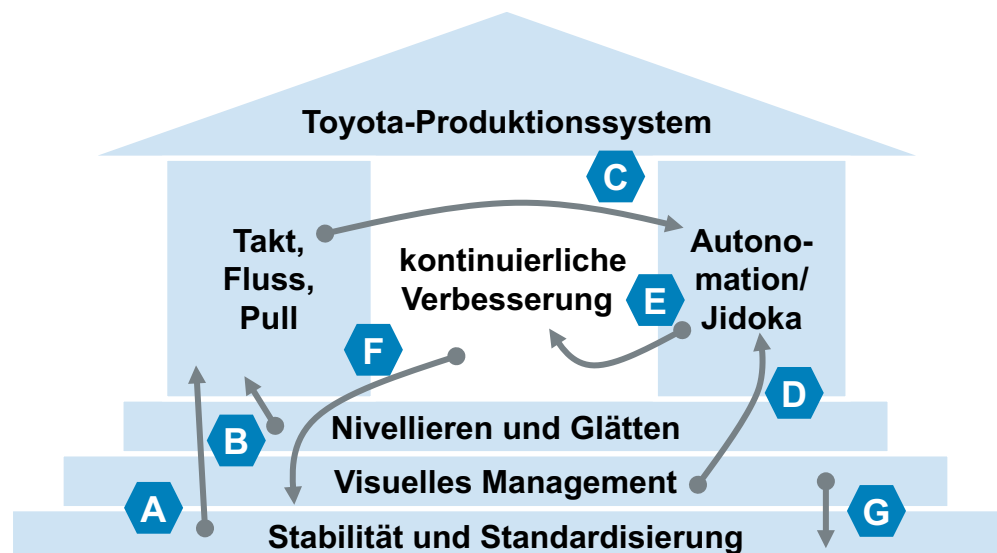


Abbildung 3: Das Toyota-Produktionssystem ^[2]

- E** Erkannte Soll-Ist-Abweichungen lösen idealerweise Problemlösungs- und Verbesserungsprozesse (vgl. Plan Do Check Act, kurz: PDCA) aus, die mit der Frage nach der wahren Ursache starten. Abweichungen können dabei im Vergleich zu einem existierenden Standard oder gegenüber neuen, anspruchsvolleren Zielzuständen erkannt werden.
- F** Schließlich führen Verbesserungen zu einem höheren Niveau an Stabilität, leistungsfähigeren Prozessen sowie Mitarbeitern mit gesteigerten Problemlösungsfähigkeiten.

Stoßrichtungen von Digitalisierung und Industrie 4.0

Generell lässt sich Digitalisierung anhand zweier grundlegender Stoßrichtungen charakterisieren:

- Anhand der Digitalisierung der eigenen, internen Prozesse zur Effizienzsteigerung (Feld A in Abb. 4). Waren das Verbessern von Zeit, Qualität und Kosten schon in der Vergangenheit die beherrschenden Themen, werden Flexibilität und Individualität immer wichtiger.
- Durch das Erzeugen zusätzlichen Kundennutzens durch die Digitalisierung des Produktes und des Dienstleistungsangebots (Feld B in Abb. 4).

Die Digitalisierung und Vernetzungsfähigkeit der Produkte eröffnet Maschinenherstellern hier die Möglichkeit, über den Verkaufszeitpunkt hinaus

mit dem Kunden in Interaktion zu bleiben. Das Produkt wird zur Basis der fortlaufenden Kundenkommunikation. Daraus können neue datenbasierte Dienstleistungen und Geschäftsmodelle entstehen. Entscheidend ist hierbei, dass für den Kunden ein wahrnehmbarer Zusatznutzen entsteht, für den er zu zahlen bereit ist (z. B. durch schnellere Lieferung in $\leq x$ Tagen oder eine erhöhte technische Maschinenverfügbarkeit um $x\%$). In einer vollständig digitalen Geschäftsmodellarchitektur vereinen sich eine digitale Prozessanbindung des Kunden mit digital unterstützten Mehrwertdiensten und einem digitalen Bezahlmodell (Feld C).

Industrie 4.0

Industrie 4.0 steht für das übergeordnete Bild, durch die Verschmelzung von Informations- und Kommunikationstechnologie mit der Produktionstechnologie die Wertschöpfung auf eine neue Stufe zu heben. Dies bedeutet, Produkte, Betriebsmittel, Produktionsprozesse und organisatorische Abläufe zu kennen und zu vernetzen. Die Vernetzung soll dabei sowohl vertikal vom Sensor bis in die Cloud als auch horizontal über Kunden-Lieferantenbeziehungen in Wertschöpfungsnetzwerken erfolgen. Im Mittelpunkt von allem steht der Mensch, der die digitale gestützten Prozesse orchestriert und durch digitale Hilfsmittel in seiner Entscheidungsfindung unterstützt wird. Die Mitarbeitermotivation soll durch digitale Hilfsmittel weiter gefördert werden. Intelligente Produkte verfügen sowohl über Informationen bezüglich des eigenen Herstellungsprozesses als auch über die Fähigkeit, Daten während der Fertigungs- und Nutzungsphase zu sammeln und zu kommunizieren.

Das übergeordnete Ziel von Industrie 4.0 ist es, durch eine höhere Produktivität Kosten einzusparen und gleichzeitig durch bessere Qualität und neue Geschäftsmodelle direkten Nutzen für den Kunden und für das eigene Unternehmen zu erschließen. Abläufe sollen effizienter werden, die Kunden sollen von hoher Liefertreue sowie günstigen, aber gleichzeitig individualisierten Produkten profitieren. Für die Planung und die Umsetzung von Industrie 4.0 gibt es keine Vorlagen oder Methodenbaukästen. Jedes Unternehmen muss seinen eigenen Weg finden und beschreiten.

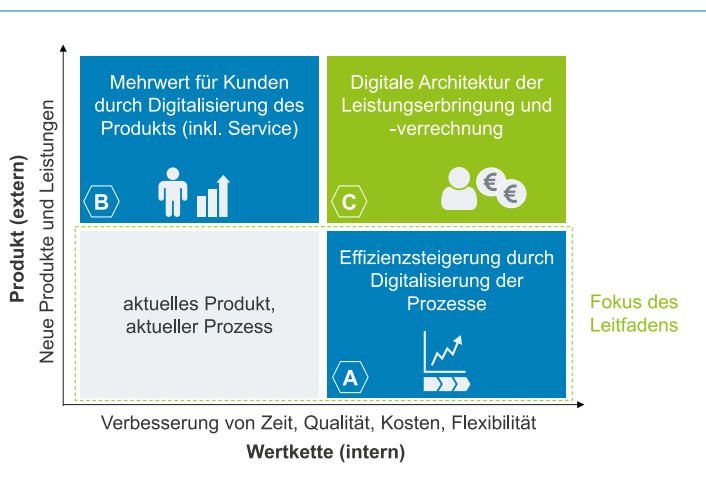








Abbildung 4: Stoßrichtungen der Digitalisierung [5]

	Lean	Industrie 4.0
 Ansatz	ganzheitlich (Mensch + Technik + Organisation)	↔ Technologie als Treiber
 Philosophie	Respekt, Problemlösung, Mitarbeiterentwicklung	↔ Machbarkeit, (Selbst-)Optimierung
 Fundament	Stabilität und Standardisierung	+ Vernetzung, adaptiv
 Steuerungsprinzip	Flow, FiFo und Pull	+ dynamisch, situationsabhängig
 Informationsbeschaffung	aktueller Ort, aktuelles Material („Go and See“)	+ situationsabhängige Datenaufbereitung in Echtzeit
 Verbesserung	durch Mitarbeiter reaktiv im Tagesgeschäft	+ Selbstoptimierung, Prädiktion

↔ Widerspruch + Ergänzung

Abbildung 5: Ergänzungen und Widersprüche von Lean und Industrie 4.0 [5]

Ergänzungen und Widersprüche

Die schlanke Produktion und Industrie 4.0 verfolgen im Grundsatz ähnliche Ziele. Die schlanke Produktion zielt auf Verbesserungen in den Dimensionen Zeit, Qualität, Kosten, Sicherheit und Motivation. Darüber hinaus akzentuiert Industrie 4.0 zusätzlich die Dimension der Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen sowie deren Angebot im Rahmen neuer Geschäftsmodelle.

So ähnlich die Ziele, so unterschiedlich sind die Ansätze. Im negativ formulierten Szenario wird bei Industrie 4.0 das Streben nach einfachen, stabilen und standardisierten Prozessen zugunsten komplexer, sich selbst steuernder Systeme aufgegeben [3]. Damit entfällt der in der schlanken Produktion wichtige Standard als Grundlage des Erkennens von Abweichungen. Statt einer kontinuierlichen, mitarbeitergetriebenen Verbesserung sollen sich Systeme selbst optimieren [4]. Die systematische Problemlösung durch Menschen wird ersetzt durch die Suche nach Korrelationen in Daten statt nach der wahren Ursache im realen Prozess. Fließlinien mit Takt und Sequenz werden aufgelöst. Damit fehlen wichtige Bestandteile der Standardarbeit als Grundlage des Erkennens von Abweichungen [5]. Es entfällt auch der in einem schlanken Produktionssystem wichtige Druck zum sofortigen Erkennen und Analysieren einer Abweichung und der raschen Problemlösung.

Wird mit dieser Thematik bewusst umgegangen, bieten Digitalisierung und Industrie 4.0 einen neuen, großen Lösungsraum für die Weiterentwicklung von Lean. Die Grundlage hierfür bildet die Möglichkeit zum Austausch von Information zwischen beliebigen Endpunkten des Wertstroms in kürzester Zeit. Große Potenziale bieten sich in den folgenden Bereichen:

- Das Produkt als Informationsträger erzeugt Daten und steuert aktiv seinen Produktionsprozess.
- Die Konfiguration von (Standard-)Arbeitsanweisung und Arbeitsplätzen erfolgt durch das Produkt.
- Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) führt zur schnelleren, reaktiven Problemlösung (z. B. durch die Verknüpfung und Aufbereitung von Produkt- und Prozessdaten).
- Vorausschauende Instandhaltung (Predictive Maintenance) ermöglicht eine proaktive Problemlösung, bevor Auswirkungen auf den Produktionsprozess eintreten.
- Unternehmen können große und kundenspezifische individuelle Arbeitsumfänge aufwandsärmer standardisieren (z. B. wenn das Produkt die Konfiguration und Bereitstellung seiner eigenen Standardarbeitsdokumente anstößt).

Lean 4.0 – durch Digitalisierung die nächste Stufe der Exzellenz erreichen

Das Ideal der schlanken Produktion ist charakterisiert durch 0 Fehler und 100% Wertschöpfung (0% Verschwendung). Mit Industrie 4.0 ergeben sich neue Möglichkeiten, ein bestehendes Produktionssystem diesen Zielen schrittweise noch näher zu bringen, indem die Potenziale der Digitalisierung in bekannte Lean-Methoden integriert werden, ohne die zu Grunde liegende Denkweise aufzugeben (Abb. 6).

Die Entwicklung von Lean in Unternehmen lässt sich in fünf Entwicklungshorizonten beschreiben (Abb. 7):

1. Lean – erste Gehversuche

Viele Unternehmen machen ihre ersten Lean-Gehversuche mit Themen wie 5S, Schnellrüsten, Kanban und Gruppenarbeit. Wird diese „Lean Toolbox“ im Rahmen einzelner Verbesserungsprojekte ohne den Systemgedanken angewendet, entfaltet Lean jedoch nicht seine volle Wirkung und die Ergebnisse sind nicht nachhaltig.

2. Wertstromperspektive

Mit dem Ziel, Produkte in Fluss zu bringen und Durchlaufzeiten zu reduzieren, wird im Wertstrommanagement die Vision eines schlanken Wertstroms erarbeitet. Lean-Projekte dienen nun der Umsetzung dieser Vision und werden in einen Gesamtzusammenhang gestellt. Zunächst stabilisierte und dann standardisierte Arbeitsabläufe werden am Kundentakt ausgerichtet. Deutliche Verbesserungen von Qualität, Produktivität und Beständen sind die Folge. Häufig ist dieses Vorgehen jedoch Top-Down getrieben.

3. Mitarbeiterperspektive

Um einen erreichten Zustand abzusichern und weiter zu verbessern, müssen Abweichungen von Standards (wie Zeitvorgaben, Prozessparameter, usw.) durch Mitarbeiter und Führungskräfte zuverlässig erkannt werden und jeweils neue PDCA-Zyklen auslösen. Viele Unternehmen führen zurzeit mit dem sog. „Shopfloor Management“ einen solchen Verbesserungsansatz ein. Er wird unterstützt durch eine Führung,

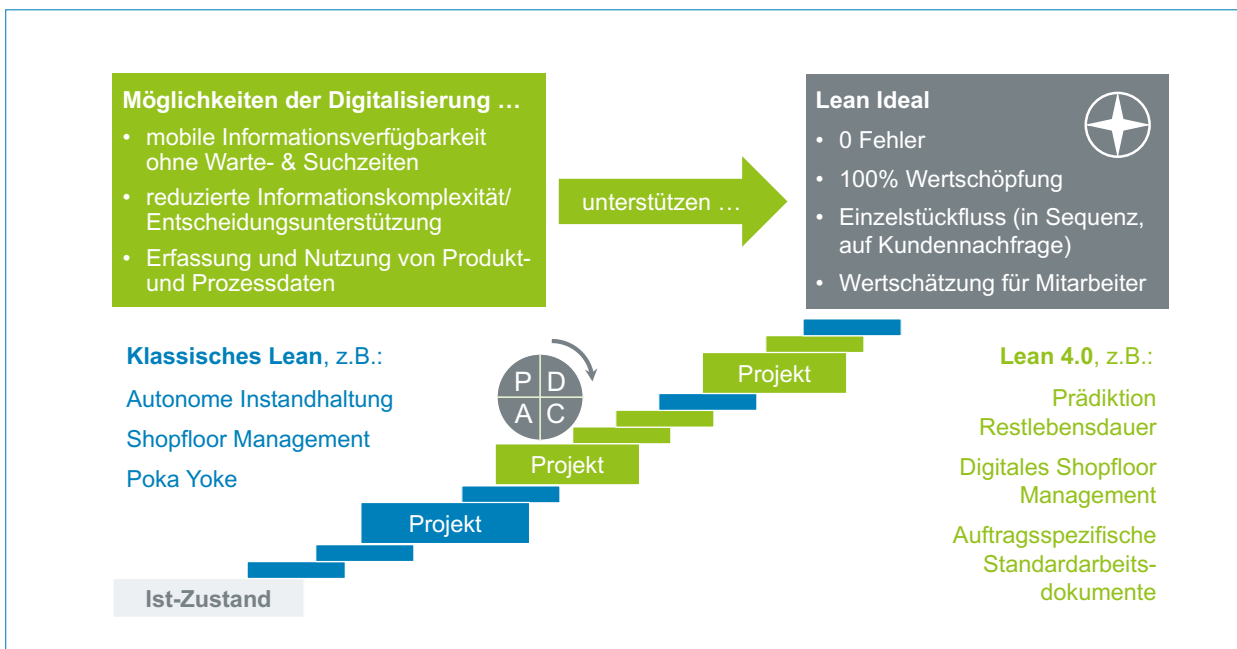


Abbildung 6: Integration der Digitalisierung in die klassische PDCA-Verbesserungsarbeit (PDCA-Zyklus siehe Abb. 12)

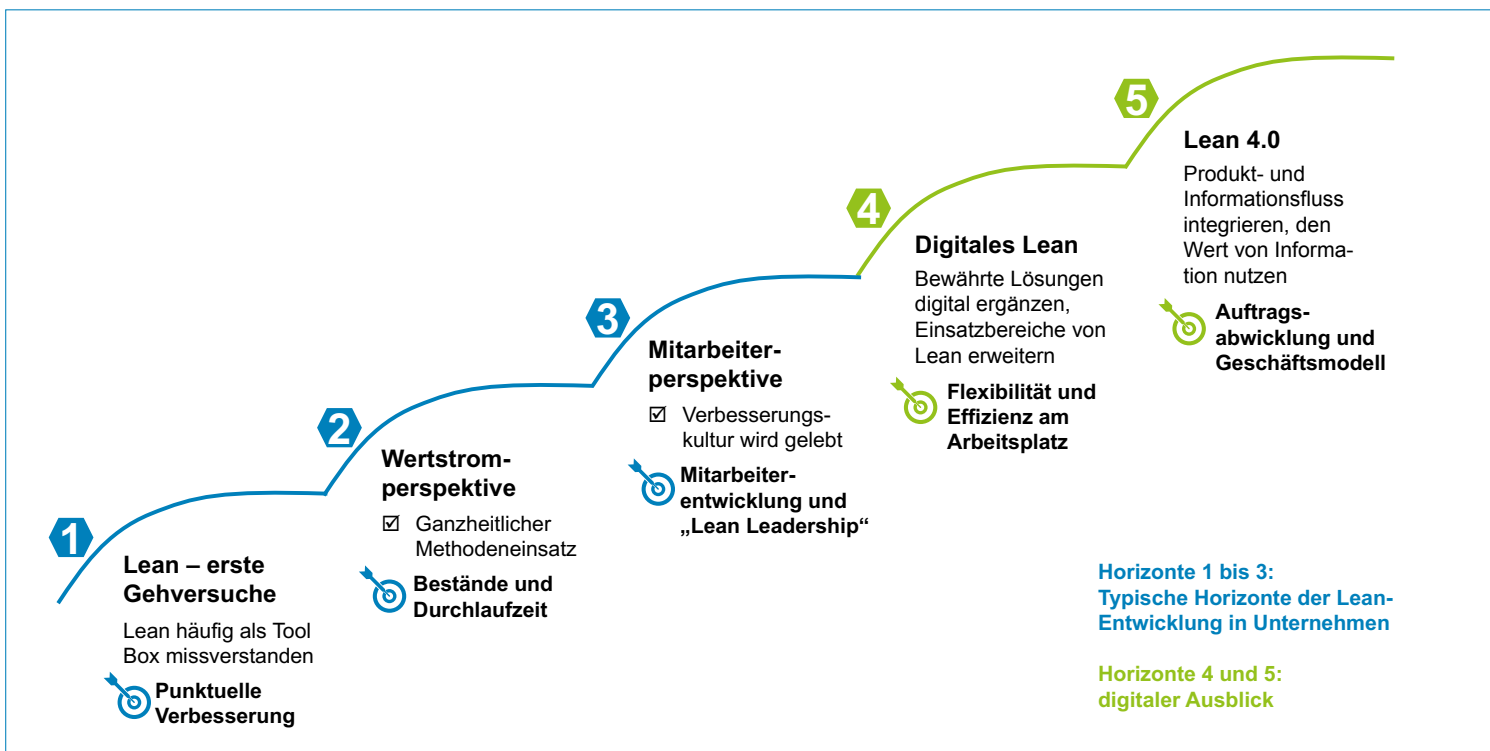


Abbildung 7: Typische Horizonte der Lean-Entwicklung in Unternehmen (Horizonte 1 bis 3) und digitaler Ausblick (Horizonte 4 und 5)

die eine Verbesserungsrichtung (jedoch nicht die Lösung) klar vorgibt und ihre Mitarbeiter bei der täglichen Verbesserungsroutine unterstützt. Dieser anspruchsvolle Führungsansatz führt zur fortlaufenden Prozessverbesserung bei gleichzeitiger Entwicklung von Mitarbeitern und deren Problemlösungsfähigkeiten.

4. Digitales Lean

Erst nachdem ein ausreichender Lean-Reifegrad erreicht und die entsprechende Kultur verankert ist, sollte begonnen werden, etablierte Lösungen digital aufzuwerten. Eine fokussierte Digitalisierung muss im Kontext der übergeordneten Wertstromziele erfolgen. Fragen können hier lauten: Welche Arbeitsplätze und Maschinen sind besonders qualitätskritisch? An welchen Arbeitsplätzen spielt eine flexible und gleichzeitig fehlhandlungssichere Gestaltung eine Rolle? Welche Probleme konnten hier bisher nicht zufriedenstellend gelöst werden? Bevor eine neue Technologie eingeführt wird, ist darüber hinaus zu fragen, wie stabil sie ist, welche neuen Prozessrisiken sie einbringt und ob sie sich verschwendungsfrei in schlanke

Abläufe integrieren lässt. So widerspricht beispielsweise eine Problemanalyse auf Datenbasis am Bildschirm dem grundlegenden Lean-Verbesserungsprinzip, sich direkt am Ort des Geschehens einen Überblick über die Situation zu verschaffen (japanisch „Genchi Genbutsu“).

5. Lean 4.0

Die digitale Aufwertung dient der Vorbereitung eines schlanken, digitalen Wertstroms. Damit die Digitalisierung ihr volles Potenzial im Sinne einer schnelleren und flexibleren Auftragsabwicklung entfaltet, ist eine fachbereichsübergreifende Synchronisation der Informations- und Materialflüsse notwendig. Ausgangspunkt ist dabei der Kundenwunsch und seine Integration in eigene IT-Systeme. Eine Fragestellung kann beispielsweise lauten, wie individuelle Kundenanforderungen ohne zusätzlichen Planungsaufwand (z. B. in der Arbeitsvorbereitung) im Sinne von Standardarbeit an den Arbeitsplätzen realisiert werden können. Spätestens hier verlässt Lean die Produktion und wird zu einem unternehmensübergreifenden Managementansatz.

Digitale Entwicklungspfade am Beispiel des Toyota Hauses

Die schlanke Produktion erscheint häufig als Ansatz, der aus der automobilen Großserie kommt. Er stößt jedoch im Projektgeschäft des Maschinen- und Anlagenbaus mitunter an seine Grenzen. Ein hoher kundenindividueller Projektanteil, eine geringe Anzahl von sich wiederholenden Tätigkeiten und große Arbeitsumfänge erschweren die Standardisierung von Abläufen und entziehen damit einer nachhaltigen Einführung von Lean die Basis. Insbesondere das Überwinden dieser Grenzen durch digitale Möglichkeiten wird zukünftig eine entscheidende Rolle spielen. Inhaltlich wird anhand der Elemente des TPS vorgegangen.

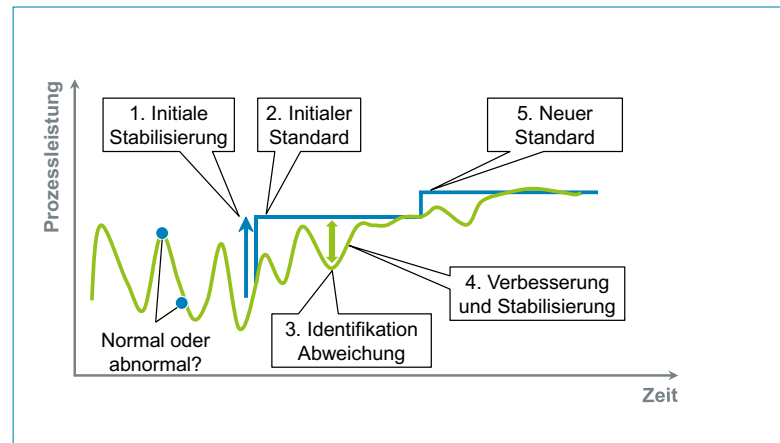
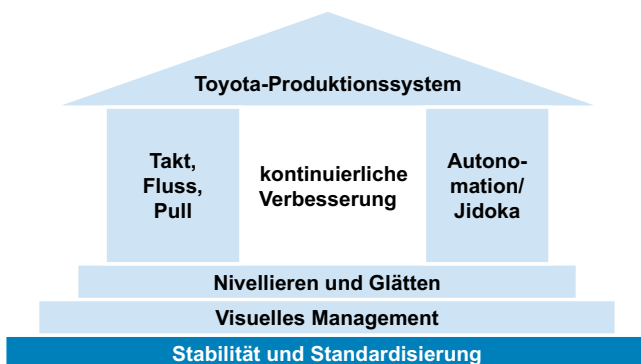


Abbildung 8: Zusammenhang zwischen Stabilisierung, Standardisierung und Verbesserung

Stabilität und Standardisierung

Die Stabilisierung und anschließende Standardisierung von Prozessen ist die Grundlage für Verbesserungsprozesse (Abb. 8). Erst durch Standards kann mit einem fortlaufenden Soll-Ist-Vergleich das Erkennen von Abweichungen ermöglicht werden. Stabilität und Standardisierung sind darüber hinaus die Voraussetzung für das Funktionieren weiterer TPS-Elemente, wie beispielsweise Fließproduktion oder das Auslösen von PDCA-Zyklen. Daher bilden Stabilität und Standardisierung die Basis im TPS.



Grenzen von Stabilität und Standardisierung

Kundenindividuelle Einzelstücke verursachen einen hohen Bearbeitungsaufwand vom Vertrieb über die Anpassungsentwicklung, den Einkauf, die Arbeitsvorbereitung bis hin zur Produktion und zum Service. Das Erstellen von Standardarbeitsanweisungen für individuelle Produkte und ihre Komponenten ist zeitaufwendig und fehleranfällig. Die Bearbeitungs- und Durchlaufzeiten variieren sowohl in der Produktion als auch in allen anderen Bereichen. Für Arbeitsplätze und Anlagen lassen sich aufgrund häufig wechselnder Bearbeitungsaufgaben kaum Zeitvorgaben machen. Jedoch können ohne Standardvorgaben Abweichungen und zugrunde liegende Probleme kaum erkannt werden.

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1: Standardarbeit in der kundenindividuellen Produktion ausweiten

Analog zum Produktprogramm können zugehörige Arbeits- und Prozessstandards modularisiert und digitalisiert werden. Anschließend werden die Arbeitsdokumente adaptiv für das jeweils zu produzierende Produkt konfiguriert

und dem Personal vor Ort digital zur Verfügung gestellt. So werden Vorgaben für Stückzahlen und Produktivzeit auch im Nicht-Serienbereich möglich. Diese Vorgaben sind die Grundlage für das Abweichungsmanagement, das die Basis von Verbesserungsprozessen darstellt.

Chance 2:

Aufwand in der Fertigungsvorbereitung reduzieren, Fehlhandlungen vermeiden

Die Modularisierung und Digitalisierung von Arbeitsanweisungen bedeutet einen erhöhten Initialaufwand, senkt jedoch bei der Bearbeitung einzelner Aufträge den Aufwand in der Arbeitsvorbereitung. Digitale Werker-Assistenzsysteme stellen die jeweils aktuelle Information zum Auftrag bereit und vermeiden so Fehlhandlungen aufgrund veralteter Papier-Dokumente. Papier wird folglich in der Produktion immer stärker durch vernetzte, elektronische Medien ersetzt. Gleichzeitig können Assistenzsysteme (z. B. Pick-By-Technologien in der Kommissionierung) Fehlhandlungen erkennen und vermeiden. So können die Auftragsdurchlaufzeit reduziert und die Flexibilität gesteigert werden.

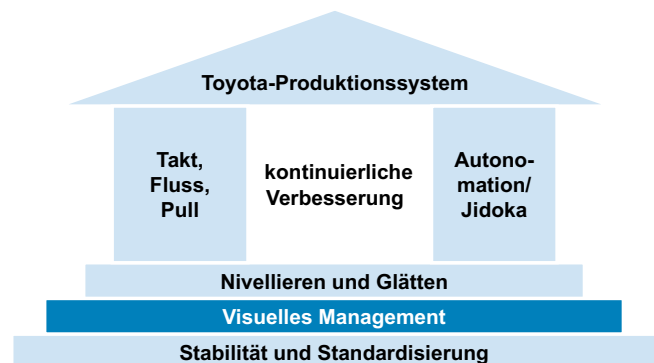
Chance 3:

Zuverlässigkeit der Maschinen erhöhen

Viele Unternehmen erfassen ihre Anlagen-Effizienz und registrieren Verlustgründe. Dennoch kommt es zu ungeplanten Ausfällen. Die gezielte Ausstattung bestehender Anlagen mit vernetzter Sensorik kann helfen, durch die Zustandsüberwachung (Condition Monitoring) kritische Zustände (Verschmutzung, Füllstände, Abnutzung) frühzeitig zu erkennen und Wartung und Austausch von Komponenten rechtzeitig einzuplanen (z. B. während der nächsten geplanten Wartungsschicht). Die nächste, prädiktive Stufe der Instandhaltung kann mit maschinellem Lernen erreicht werden. Durch das Verknüpfen der Zustandsdaten einer Maschine mit bestimmten Ereignisdaten (Maße, Oberflächen, Werkzeugbruch, usw.) können Zusammenhänge gefunden und zukünftige Ereignisse vorhergesagt werden.

Visuelles Management

Die visuelle Darstellung von Prozesszuständen und -leistungen sowie Standardabläufen und Arbeitsdokumenten gibt Mitarbeitern und Führungskräften die Möglichkeit, Abweichungen sofort und ohne zusätzliche Hilfsmittel und Aktivitäten zu erkennen. Eine gute Visualisierung macht Standards durch optische Elemente einfach und leicht verständlich, so dass keine Abweichung verborgen bleibt (Abb. 9). Die Identifikation von Abweichungen ist wiederum Grundlage für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess (KVP).



Grenzen von visuellem Management

Die manuelle Erfassung, laufende Aktualisierung und anschließende Visualisierung von Kennzahlen nimmt Zeit in Anspruch und ist fehleranfällig. Oftmals wird die Leistung eines Prozesses erst am Ende einer Schicht oder einer Woche erfasst. Hierdurch wird wertvolle Reaktionszeit für Führungskräfte und Mitarbeiter verschwendet.

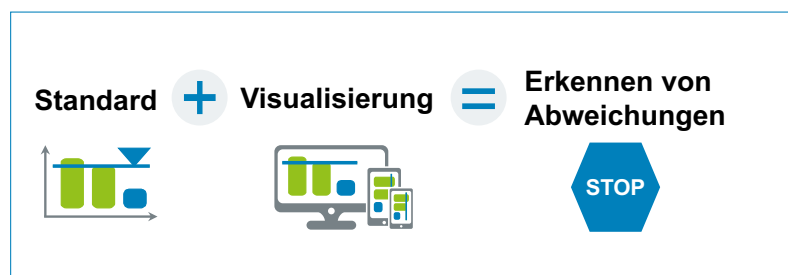


Abbildung 9: Abweichungen erkennen durch Standards und Visualisierung

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1: Abweichungen frühzeitig erkennen – Sicht Mitarbeiter

Wichtige Informationen über den eigenen Prozess können dem Mitarbeiter aktuell direkt am Arbeitsplatz oder mobil zugänglich gemacht werden. Im einfachsten Fall ist dies der aktuelle Soll-Ist-Leistungsvergleich (z. B. für Stückzahl/Produktivzeit und Ausschuss/Nacharbeitszeit). So kann der Mitarbeiter frühzeitig reagieren. Indem die Information um einfache Trendanalysen bis hin zur Prädiktion von Abweichungen (realisiert durch maschinelles Lernen) erweitert wird, kann der Mitarbeiter proaktiv agieren, bevor es zu negativen Auswirkungen auf den Prozess kommt. Schon heute kann beispielsweise das Versagen von Werkzeugen vorhergesagt werden. Die Darstellung kann vor Ort auf einem Monitor, einem Smartphone oder direkt auf einem Smart-Wearable (Uhr oder Brille) nutzergerecht erfolgen. So können die Informationen dem entsprechenden Mitarbeiter direkt zugänglich gemacht werden.

Chance 2: Abweichungen schnell erkennen – Sicht Führungskraft

Die digitale und direkte Bereitstellung von Ist-Werten, Trends und Prognosen ermöglicht Führungskräften ein schnelleres Eingreifen. Der tägliche Werkstattrundgang kann durch aktuelle Werte wichtiger Arbeitsplätze, Maschinen und Anlagen unterstützt werden, die über Funktechnologie direkt auf ein Endgerät gesendet werden. Eskalationskaskaden werden über Grenzen von MES- und ERP-Systemen hinweg angestoßen und Führungskräfte können frühzeitig unterstützen, Ressourcen umverteilen oder situativ Lösungen finden.

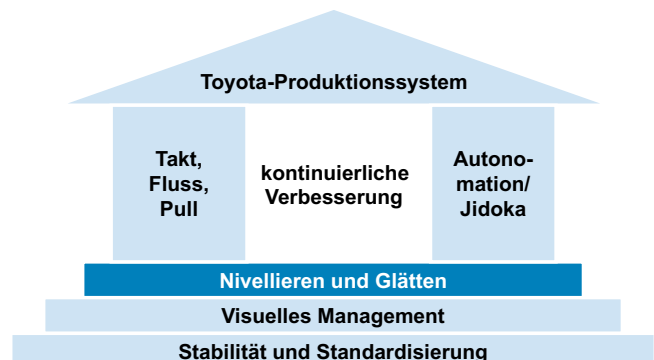
Chance 3: Mit digitalem Shopfloor Management Probleme schneller lösen

In der täglichen Besprechung geht es vor allem darum, Soll-Ist-Abweichungen zu erkennen und diese für die anschließende Problemlösung möglichst umfassend zu beschreiben. Kennzahlen, Messergebnisse und Prozessdaten helfen dabei. Ihre digitalisierte Erfassung kann eine

zeitliche Entlastung bringen. Der weit größere Nutzen der Digitalisierung liegt in der Möglichkeit, Zusammenhänge zwischen Abweichungen (z. B. defektes Produkt) und zugehörigen Prozessdaten (z. B. Drücke, Vorschubkräfte, Leistungsaufnahme) wertfrei zu untersuchen, um schneller zum Punkt der Fehlerentstehung zu gelangen. Die Dokumentation digitaler PDCA-Zyklen ermöglicht ein vernetztes Suchen nach ähnlichen Ereignissen und erfolgreichen Lösungen.

Nivellieren und Glätten

Die direkte Weitergabe von Nachfrageschwankungen an die Produktion führt zu einer schwankenden Auslastung. Teure Zusatzkapazitäten, nicht genutzte Kapazitäten sowie fortlaufende Planänderungen (auch in der Zulieferung) sind die Folge. Je stärker die Auslastung schwankt, desto schwerer fällt es, vorgegebene Standards und Prozesse einzuhalten – mit entsprechenden Folgen für die Qualität, aber auch für das Abweichungsmanagement. Daher wird durch Nivellieren und Glätten die Einplanung der Produktion in gewissen Grenzen von der Marktnachfrage entkoppelt. Dies geschieht einerseits mit Blick auf die Gesamtkapazität der Produktion, indem Aufträge nur bis zum Erreichen einer maximalen Kapazität eingeplant werden. Andererseits werden Aufträge mit einem Glättungsmuster eingeplant („Mix“), damit nicht einzelne Stationen überlastet werden, während andere gleichzeitig in Unterlast sind (Abb. 10).



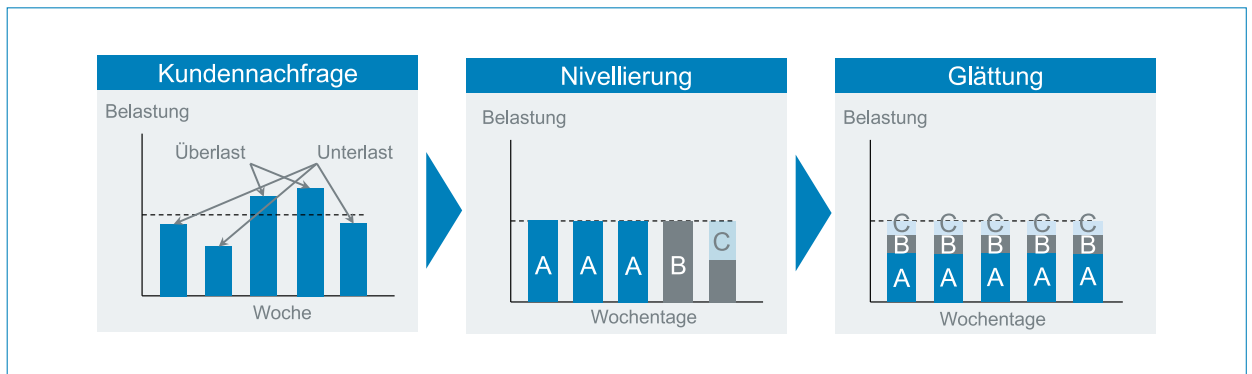


Abbildung 10: Wirkweise von Nivellierung und Glättung der Kundennachfrage

Grenzen von Nivellieren und Glätten

Eine schwankende Nachfrage von kundenindividuellen Produkten lässt klassisches Nivellieren und Glätten kaum zu. Dies liegt vor allem am stark unterschiedlichen Charakter der Produkte und der damit verbundenen schwankenden Belastung einzelner Arbeitsplätze oder Produktionsbereiche. In diesem Umfeld sind Stamm-, Auftrags-, Ressourcen- oder Projektdaten zudem kaum gepflegt oder nicht vorhanden. Verfügbare Ressourcen sind darüber hinaus noch nicht bekannt, wenn Entscheidungen über Mengen und Termine getroffen werden. Die Zusammenarbeit zwischen Vertrieb, Anpassungsentwicklung und Arbeitsvorbereitung läuft nicht synchronisiert ab, weshalb Kunden Aufträge zugesagt werden, deren Umfang sich im vorgegebenen Zeitrahmen nicht realisieren lässt.

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1:

Bessere Entscheidungen im Vertrieb treffen

Für die gleichmäßige Einplanung von Aufträgen ist es schon im Vertrieb notwendig, den Kapazitätsbedarf eines neuen Projekts in einzelnen Bereichen und an unterschiedlichen Standorten abzuschätzen und mit der noch verfügbaren Kapazität abzugleichen. Grundlage hierfür ist einerseits das Einrichten von Kapazitätstöpfen sowie andererseits die Pflege von Stücklisten und Vorgabezeiten im ERP-System. Dazu sind möglichst genaue digitale Abbilder der aktuellen Auslastung eines Unternehmens notwendig. Die entsprechende Information kann den Vertriebsmitarbeitern tagesgenau zur Verfügung gestellt

werden. In einem Zeitfenster (z. B. einer Woche) werden immer nur so viele Aufträge zugesagt, bis ein zugehöriger Kapazitätstopf ausgeschöpft ist. Damit können den Kunden realistischere Termine zugesagt werden und die Durchlaufzeiten sinken, da durch weniger Umplanungen Bestände bereits begonnener Aufträge vermieden werden.

Chance 2:

Montagelinien optimal auslasten

Für einfache kundenindividuelle Produkte kann den Kunden die Parametrisierung eines Produkts anhand von Regeln überlassen werden. Dies kann beispielsweise online durch einen Konfigurator geschehen. Ist das betreffende Produktionssystem auf alle Parameterkombinationen ohne größeren Rüstaufwand vorbereitet, können Kunden den nächsten freien Termin für ihre Aufträge selbst buchen. Es entfallen das Erstellen von Zeichnungen, das Schreiben von Angeboten sowie die Tätigkeiten in der Arbeitsvorbereitung.

Chance 3:

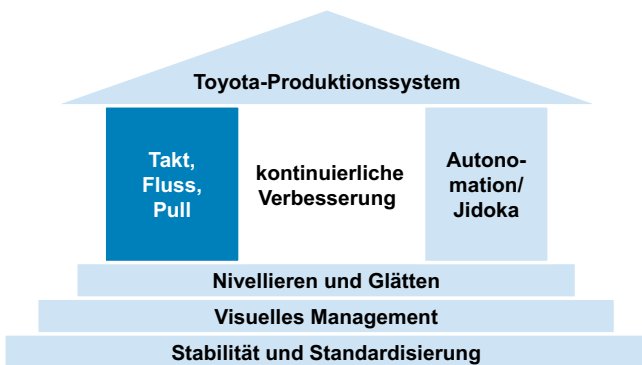
Engpässe frühzeitig erkennen

In definierten Abschnitten der Produktion (z. B. Endmontage) können freie Arbeitsplätze aus einem Vorrat freigegebener und vorbereiteter Aufträge automatisch mit dem nächsten passenden Auftrag versorgt werden. Ziel ist eine effizientere und gleichmäßigere Nutzung von verfügbaren Kapazitäten. Unterstützt wird dies beispielsweise durch fahrerlose Transportsysteme.

Takt, Fluss, Pull

Der Kundentakt ist die Zeit, welche durchschnittlich zwischen der Auslieferung einzelner Produkte einer Produktgruppe vergeht. Je näher und stabiler Prozessschritte dem Kundentakt folgen können, desto enger können sie miteinander verknüpft werden, desto weniger unproduktive Wartezeiten entstehen und desto besser kommt Material ins Fließen.

„Pull“ bedeutet, dass Materialbewegungen oder Aufträge nur durch einen direkten Kundenbedarf autorisiert und gestartet werden. Im Rahmen von Fluss und Pull synchronisiert der Kundentakt die Aktivitäten aller Beteiligten des Wertstroms, so dass sie möglichst verschwendungsarm ineinandergreifen.



Grenzen von Takt, Fluss, Pull

Sind Produkte hinsichtlich Arbeitsinhalt und Stückliste sehr unterschiedlich und schwankt ihre Nachfrage stark, dann ist ein Kundentakt nicht sinnvoll zu ermitteln. Je stärker die Arbeitsinhalte innerhalb einer Produktgruppe schwanken, desto anspruchsvoller wird es, getaktete Fließlinien wirtschaftlich zu organisieren. Zudem lassen sich große Maschinen und Anlagen zwischen Stationen nur mit großem Aufwand bewegen, weshalb sie häufig am Standplatz aufgebaut werden. Schließlich ist eine Pull-Steuerung nach dem Supermarkt-Prinzip nur für solche Materialien wirtschaftlich umsetzbar, die einen regelmäßigen Verbrauch und einen nicht zu hohen Wert haben.

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1:

Durchlaufzeit verkürzen durch verbesserten Informationsfluss

Im Projektgeschäft sollte eine Wertstromanalyse vom ersten Kundenkontakt bis hin zur Inbetriebnahme eines Produkts erfolgen. Dabei sollte ein besonderer Fokus auf Liege- und Wartezeiten aufgrund fehlender Information (z. B. Freigaben, Dokumente, Programme) liegen. Hier gilt die Regel: Kein Auftrag darf aufgrund einer fehlenden Information warten. Das notwendige Erweitern des Wertstromfokus auf produktionsnahe Bereiche (Arbeitsvorbereitung, Auftragsplanung, Logistik) liefert wertvolle neue Erkenntnisse. Anschließend gilt es, ungenutzte Informationen zu eliminieren und die Erfassung, Weitergabe und Bereitstellung notwendiger Informationen durch Digitalisierung zu verbessern.

Chance 2:

Materiallogistik flexibel am Bedarf ausrichten

Bestände vor Arbeitsplätzen und Linien können reduziert werden, wenn Transportaufträge für Material nur auf ein Pull-Signal der Linie selbst ausgelöst werden (z. B. über ein MES). Hierfür ist die Auftragsfreigabe von der Freigabe der Transportaufträge zu trennen. Bei größeren Montageumfängen kann auf diese Weise der Materialabruf entsprechend dem Montagefortschritt erfolgen. Eine bessere Nivellierung der Arbeitsbelastung in Logistikbereichen ist die Folge.

Logistikelemente wie Supermärkte oder FIFO- (First-In-First-Out)-Bahnen lassen sich durch eine digitale Unterstützung flexibilisieren, beispielsweise indem Bestände dem Nachfrage- und Lieferverhalten dynamisch angepasst werden. eKanban hilft, Bestände durch eine schnellere Informationsübertragung zu reduzieren. Milkrun-Systeme (z. B. Routen) können dynamisch an den aktuellen Bedarf angepasst werden. Den Fahrern eines Milkruns sind alle notwendigen Informationen diesbezüglich bedarfsgerecht anzuzeigen, um kürzeste Fahrwege zu garantieren und Fehler zu vermeiden. Fahrerlose Transportsysteme finden hier ebenfalls Anwendung.

Chance 3:

Montagelinien besser auslasten

Durch die Flexibilisierung der Arbeitsplätze lässt sich ein größeres Spektrum unterschiedlicher Produkte auf den gleichen Stationen wirtschaftlich montieren. Hierbei hilft die Fähigkeit von Produkten, sich an Arbeitsplätzen zu identifizieren (sog. aktive Traceability). Denkbar ist, dass ein Produkt seine eigene Arbeitsanweisung konfiguriert, das Picken von Material auslöst oder dafür sorgt, dass der Arbeitsplatz mit den passenden Prozessdaten (z. B. Schraubmomente, NC-Programmcodes, Prüfprogramme) digital versorgt wird. Das Produkt steuert den Prozess.

Chance 4:

Engpässe frühzeitig erkennen

Durch die vernetzte Darstellung der Information kritischer Meldepunkte entlang einer Lieferkette lassen sich Engpässe frühzeitig erkennen und Gegenmaßnahmen definieren.

Autonomation / Jidoka

Autonomation / Jidoka verfolgt das Ziel, nur gute Teile zu produzieren. Dies soll durch fehlerhandlungssichere Vorrichtungen (japanisch „Poka Yoke“) sowie eine Arbeitsplatzgestaltung, die Null-Fehler gewährleistet (proaktiver Kreislauf), erreicht werden. Ist dies nicht möglich, sollen auftretende Probleme durch Maschinen oder Mitarbeiter sicher erkannt werden, was in der Regel einen definierten Eskalationsprozess auslöst, der bis zum Anhalten der Produktion führen kann (reaktiver Kreislauf). Dabei ist auf

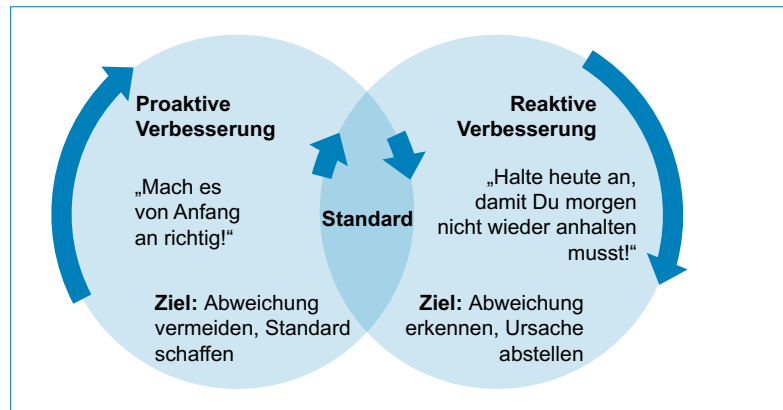


Abbildung 11: Ziele von proaktiver und reaktiver Verbesserung

eine schnelle Fehlerrückmeldung zum Ort der Fehlerentstehung zu achten, damit Probleme sicher eingegrenzt werden können und die nachhaltige Beseitigung der Ursache schnell beginnen kann (Abb. 11).

Grenzen von Autonomation / Jidoka

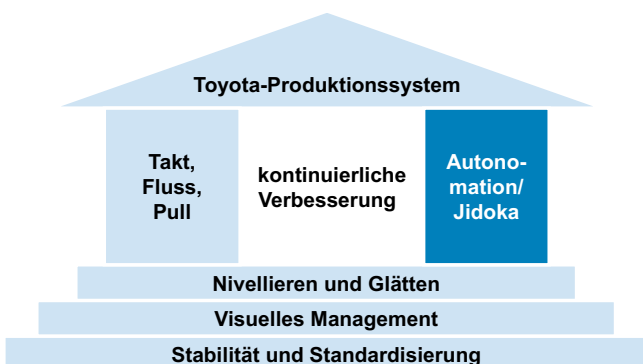
Werden kleine Stückzahlen unterschiedlicher Produkte am gleichen Arbeitsplatz produziert, ist eine 100%ige Fehlervermeidung durch Vorrichtungen häufig nicht mit vertretbarem Aufwand zu leisten. Ohne eine klare Soll-Vorgabe von Prozessparametern und zum Arbeitsfortschritt ist das Erkennen von Abweichungen behindert. Eskalationskaskaden (wer reagiert bis wann?) funktionieren nicht sicher, sofern sie überhaupt definiert sind. Wird dennoch ein Problem erkannt, stehen oft nicht genug Informationen zur Verfügung, um die tatsächliche Ursache zu erkennen. Der Problemlösungsprozess dauert oftmals sehr lange und ist aufwendig.

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1:

Fehlhandlungssicherheit steigern (Fertigung)

Wo Hardware-Lösungen zu unflexibel sind, können Fehlhandlungen durch softwarebasierte Lösungen verhindert werden. Produkte, die sich bei der Anmeldung an einen Prozess identifizieren (z. B. an einer Schraub- oder Prüfstation), können die für sie spezifizierte Konfiguration von Vorrichtungen, Werkzeugen und Arbeitsdokumenten anstoßen. Digitale Werker-Assistenzsysteme zeigen Arbeitsdokumente und -schritte über einen Monitor oder eine Datenbrille an. Bewegungen einer Person können durch Ultra-



schall oder Kamerasysteme verfolgt und mit dem erwarteten Ablauf verglichen werden, um bei Abweichungen einzugreifen. So kann schließlich die Fehlhandlungssicherheit durch ein softwaregestütztes, adaptives Poka Yoke verbessert werden.

**Chance 2:
Fehlhandlungen im Informationsfluss vermeiden**

In Bereichen, welche der Produktion vor- und nachgelagert sind (z.B. Entwicklung, Arbeitsvorbereitung oder Versand), sind IT-Systembrüche zu vermeiden, die zu einem fehleranfälligen Übertragen von Daten und zu Wartezeiten führen können. Generell sind in diesen Bereichen alle Tätigkeiten mit hauptsächlich repetitiven Charakter kritisch zu hinterfragen.

**Chance 3:
Probleme effektiver lösen**

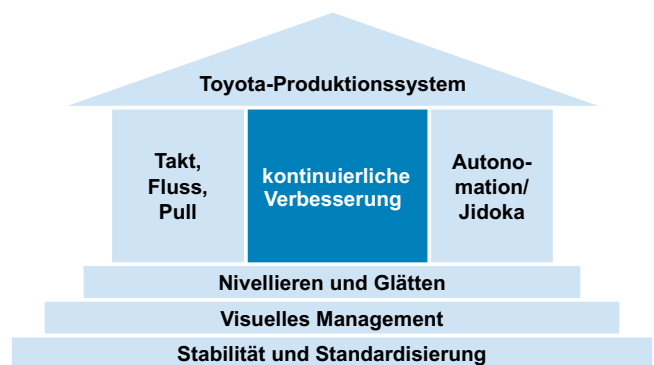
Durch Bauteilidentifikation und -rückverfolgung können Produkt- und Prozessinformationen umfassend verknüpft werden. Fehlerhafte Produkte lassen sich besser eingrenzen. Zudem lässt sich der Ort einer Fehlerentstehung schneller finden und Probleme umfassender beschreiben.

**Chance 4:
Vom Reagieren zum Vermeiden von Defekten**

Das Verknüpfen von Prozessdaten mit Abweichungen erlaubt es, Systeme zu trainieren. So können auf der Basis aktueller Prozessdaten Zustände in der Zukunft prognostiziert werden. Für Werkzeuge oder Komponenten lassen sich damit beispielsweise Restlebensdauern bestimmen. In einigen Fällen können Probleme proaktiv erkannt und gelöst werden, ohne dass Defekte entstehen. Dadurch lassen sich Ausschuss- und Nacharbeitsraten reduzieren.

Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Die Reduzierung von nicht-wertschöpfenden Tätigkeiten steht im Zentrum eines schlanken Systems. Verbesserungsaktivitäten werden entweder reaktiv bei Abweichungen von Soll-Zuständen angestoßen oder proaktiv durch die Vorgabe neuer, anspruchsvollerer Ziele. Das grundlegende Verbesserungsvorgehen folgt dem Kreislauf des PDCA. Abweichungen von Standards und Lücken zu Zielvorgaben stoßen den PDCA-Zyklus täglich neu an. Mitarbeiter lösen die vorliegenden Probleme und verbessern dabei idealerweise sowohl ihre Prozesse als auch ihre eigenen Problemlösungsfähigkeiten.



Grenzen von kontinuierlicher Verbesserung

Aufgetretene Probleme können in gleicher oder ähnlicher Form schon an anderer Stelle gelöst worden sein. Häufig fehlt dem Team jedoch die Kenntnis dieser Lösungen, um den Problemlösungsprozess abzukürzen.

Wird die Problemkomplexität unterschätzt und unterbleibt eine angemessene Problemanalyse, dann werden Ursache-Wirkungsketten nicht erkannt und definierte Maßnahmen treffen unter Umständen nicht die wahre Ursache. Ein solcher Prozess kann nur „einfache“ Probleme wirksam lösen.

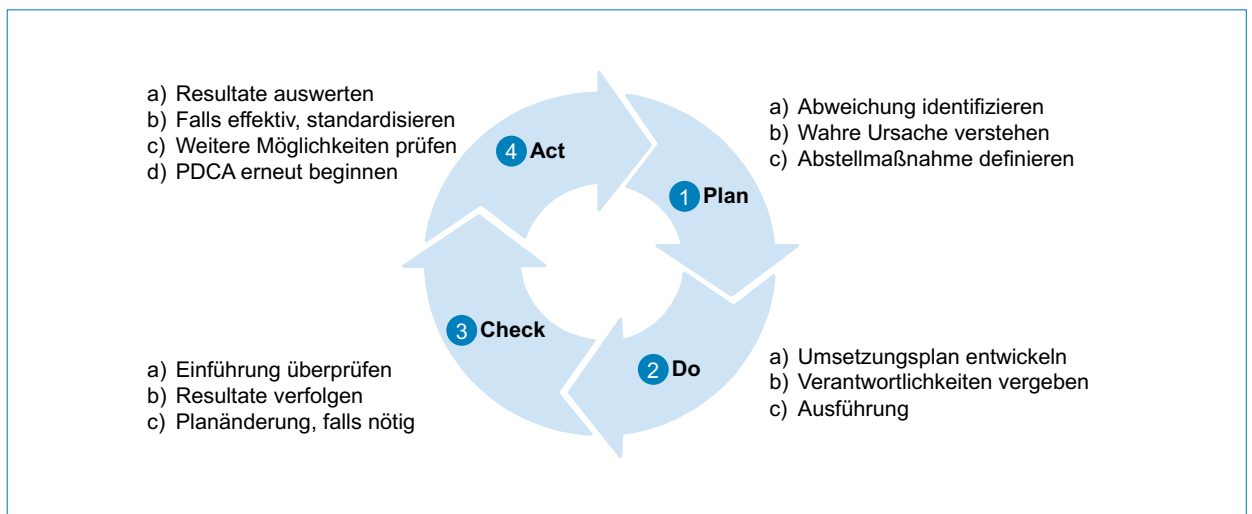


Abbildung 12: Der PDCA-Zyklus

Je komplexer Probleme sind, desto eher verteilen sich die Aktivitäten im PDCA-Zyklus über mehrere Mitarbeiter und Fachbereiche. Dies erschwert das Verfolgen von Terminen und Ergebnissen auf dem Aktionsplan. Die Wahrscheinlichkeit steigt, den PDCA-Zyklus nur unvollständig zu durchlaufen. Typischerweise wird eine Maßnahme nur teilweise umgesetzt (Plan, Do), die notwendige Erfolgskontrolle vor Ort unterbleibt (Check) und der Verbesserungsansatz „versandet“ mit der Zeit.

Chancen durch Digitalisierung und Industrie 4.0

Chance 1:

Transparenz beim Verfolgen von Verbesserungsmaßnahmen

Softwarebasierte Aktionspläne helfen, den Fortschritt einzelner Maßnahmen leichter zu verfolgen und die Transparenz über die Verteilung von Aufgaben unter den Mitarbeitern zu steigern. Gleichzeitig helfen sie, die vollständige Abarbeitung eines PDCA-Zyklus sicherzustellen.

Chance 2:

Wissensmanagement verbessern

Die digitale Dokumentation erfolgreicher Problemlösungen und ihrer Umsetzung kann durch Datenbanken (z. B. in Form eines Wiki-Systems) erfolgen. Durch die Möglichkeit zur vernetzten Suche nach diesen Aktivitäten kann vermieden werden, dass gleiche oder ähnliche Probleme zweimal gelöst werden.

Chance 3:

Komplexe Zusammenhänge besser erkennen

Die zu einer Abweichung oder einem Defekt gehörenden Prozessdaten lassen sich in eine systematische Problemanalyse automatisch integrieren und übersichtlich darstellen. So erhält das Team eine bessere Grundlage für die anschließende Ursachensuche.

Die genannten Chancen können beispielsweise durch ein digitales Shopfloor Management realisiert werden.

Der Weg zum schlanken, digitalen Wertstrom

Das kundenindividuelle Projektgeschäft ist für viele Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus prägend. Die Analyse der Durchlaufzeiten von Aufträgen eines Herstellers kundenindividueller Maschinenkomponenten zeigt, dass der größte Zeitanteil auf das Konto von Entwicklung und Teilebeschaffung geht, gefolgt vom Kundenkontakt bei Projektklärung und im Zusammenhang mit Lieferung und Inbetriebnahme. Nur einen kleinen Zeitanteil (in Abb. 13 sind dies 4%) verbringt das Produkt in der Produktion. Es ist davon auszugehen, dass sich eine ähnliche Zeitverteilung in vielen Unternehmen der Branche beobachten lässt.

Die Wertstrommethode, wie sie von Mike Rother und John Shook vorgeschlagen wird, ist heute der Standard in vielen Unternehmen, die den Produktfluss verbessern, Bestände senken und Durchlaufzeiten verringern wollen ^[6]. Ihr Fokus liegt vor allem auf dem Teile- und Produktfluss vom Lieferanten zum Kunden. Informationsflüsse werden im Wesentlichen aus der Perspektive der Produktionssteuerung und ihrer Verbesserung betrachtet.

Die erweiterte Wertstrommethode

Ist die Zielsetzung jedoch, individuelle Kundenwünsche schnell, flexibel und gleichzeitig effizient zu erfüllen, dann greift eine Betrachtung von Produktion, Materialflüssen und zugehöriger Steuerungsinformation zu kurz. Aus diesem Grund wird im Folgenden der Fokus der klassischen Wertstrommethode auf alle an der Auftragsabwicklung beteiligten Bereiche, einschließlich des Kunden, erweitert. Darüber hinaus werden Informationen im Rahmen dieser Methode aus drei neuen Perspektiven betrachtet:

- Verschwendung im Umgang mit Information
- Nutzung von Information zur Prozessverbesserung
- Nutzung von Information zur Steigerung des Kundennutzens

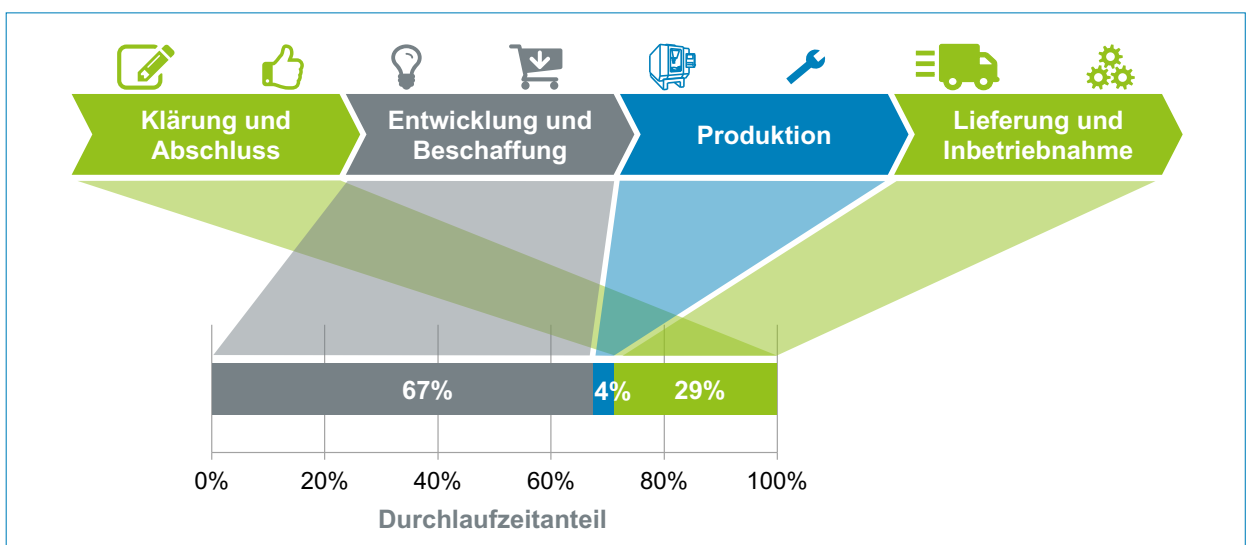


Abbildung 13: Auswertung der Durchlaufzeitanteile vom ersten Kundenkontakt bis zur Inbetriebnahme einer Anlage (exemplarische Aufnahme bei einem Unternehmen aus dem Anlagenbau).

Der Blick auf Verschwendung im Umgang mit Informationen

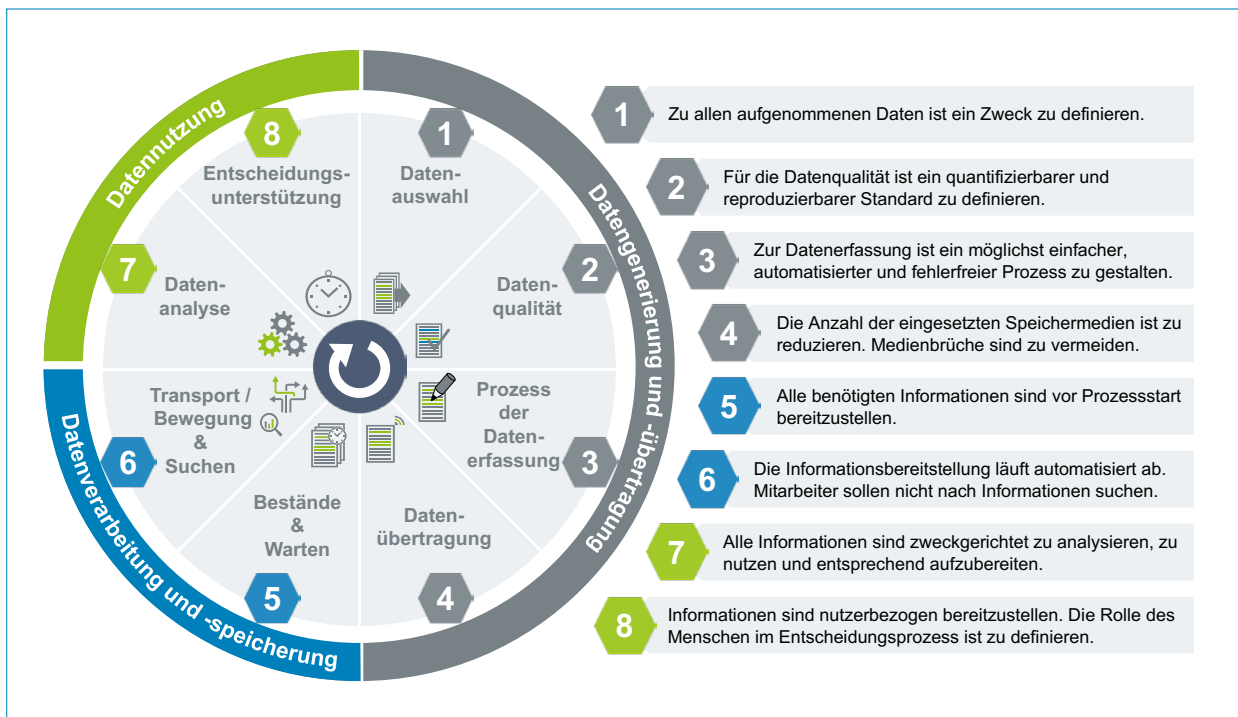


Abbildung 14: Acht Arten der informationslogistischen Verschwendung und Leitsätze zur Vermeidung der einzelnen informationslogistischen Verschwendungen^[7]

Klassischerweise richten sich Lean-Aktivitäten auf das Eliminieren von Transporten, Beständen, Bewegungen, Wartezeiten, Überproduktion, Prozessübererfüllung und Defekten^[2,6]. Diese klassischen Verschwendungsarten unterstützen bei der Analyse von Materialflüssen und der Produktion selbst, sie können jedoch nicht direkt auf Informationsflüsse übertragen werden. Um Verschwendungen und Potenziale im Umgang mit Informationen ganzheitlich zu erkennen, ist eine neue Betrachtungsperspektive notwendig. In Anlehnung an die Materiallogistik wird hierfür der Begriff der Informationslogistik eingeführt. Für diese wird das Ziel formuliert, Information zur richtigen Zeit, am richtigen Ort, in der richtigen Menge und Qualität zur Verfügung zu stellen und schließlich zielgerichtet zu nutzen. Dies soll möglichst verschwendungsarm geschehen^[7].

Im Rahmen der Wertstromanalyse (WSA) 4.0 werden acht informationslogistische Verschwendungsarten eingeführt, die entlang des Lebenszyklus von Information auftreten und definierten Phasen zugeordnet werden können. Ein Zyklus besteht aus drei Phasen:

- Datengenerierung und -übertragung
- Datenverarbeitung und -speicherung
- Datennutzung

Die einzelnen informationslogistischen Verschwendungsarten werden im Folgenden durch Leitfragen erläutert.

Phase der Datengenerierung und Datenübertragung

Das Ziel bei der Datengenerierung und -übertragung ist es, die gewünschten Daten in der richtigen Qualität verfügbar zu machen.

Verschwendungen können auftreten bei der:

Datenauswahl

- Ist ein Zweck benannt?
- Ist klar definiert, wofür die Daten verwendet werden?

Datenqualität

- Passen Häufigkeit und Detaillierungsgrad der Erfassung zur beabsichtigten Verwendung?
- Werden die Daten standardisiert erfasst und weitergegeben?

Datenerfassung

- Ist die Datenerfassung in Bezug auf Kosten und Nutzen angemessen?
- Ist eine regelmäßige Datenerfassung automatisiert?

Datenübertragung

- Findet eine schnittstellenfreie Datenkommunikation statt?
- Werden die Daten zentral abgelegt?

Phase der Datenverarbeitung und Datenspeicherung

Daten und die daraus entstehenden Informationen sollen kontinuierlich und ohne Wartezeit verarbeitet werden, um für Entscheidungen und Aktivitäten zur Verfügung zu stehen.

Verschwendungen können sein:

Wartezeiten und Bestände

- Kann ein Auftrag nicht weiterbearbeitet werden, weil Informationen fehlen?
- Sind Daten und Informationen genau zum richtigen Zeitpunkt verfügbar?

Transport, Bewegung und Suchen

- Finden die Mitarbeiter ohne Suchaufwand die benötigten Informationen?
- Ist das Darstellungsmedium geeignet?

Datennutzung

Die zur Information verdichteten Daten sind zweckorientiert zu verwenden, entweder zur Auftragsbearbeitung, zur Verbesserung von Prozessen oder zur Aufwertung des Produktnutzens. Folgende Verschwendungen können auftreten:

Datenanalyse

- Werden die erfassten Daten mit angemessenen Methoden analysiert?
- Werden diese Analysen genutzt?

Entscheidungsunterstützung

- Werden die Daten für Entscheidungen oder Verbesserungsaktivitäten nachweislich genutzt?
- Sind die Informationen anwendungsgerecht aufbereitet?

Wertstrommethode 4.0

Durch die Wertstrommethode 4.0 werden alle Produkt- und Informationsflüsse eines Wertstroms analysiert und gestaltet. Die Wertstrommethode 4.0 umfasst die Wertstromanalyse 4.0 (WSA 4.0) und das Wertstromdesign 4.0 (WSD 4.0). Die Betrachtung reicht abteilungsübergreifend vom ersten Kundenkontakt bis hin zur Produktauslieferung. Ziel der Methode ist es, alle Prozesse eines Wertstroms so zu entwickeln, dass Kundenwünsche schnell, flexibel und dabei effizient erfüllt werden können. Der Schwerpunkt liegt hier auf der gleichzeitigen Betrachtung und Synchronisierung von Produkt- und Informationsflüssen.

Vorgehen in drei Schritten – ein Überblick

Schritt A – Wertschöpfung definieren

Der Ausgangspunkt der Wertstrommethode 4.0 liegt darin, ein grundsätzliches Verständnis darüber zu erlangen, was Kundennutzen erzeugt. Dies schärft den Blick für die Suche nach Verschwendungen.

Schritt B – Ist-Zustand analysieren

Im Rahmen der klassischen WSA werden Prozessdaten, Bestände und Steuerungsinformation aufgenommen und Verbesserungsmöglichkeiten in sog. Kaizen-Blitze eingezeichnet. Der Umfang der WSA wird auf den gesamten Auftragsabwicklungsprozess ausgeweitet. Er startet beim ersten Kundenkontakt und geht bis hin zur Produktnutzung. Es folgt eine detaillierte Betrachtung der Informationsflüsse während des Auftragsdurchlaufs. Diese zielt auf Verschwendungen ab, die im Umgang, Transport und bei der Nutzung von Daten und Informationen entstehen (sog. informationslogistische Verschwendungen).

Schritt C – Soll-Zustand bestimmen

Erst ein grundlegend stabiler und hinsichtlich des Materialflusses schlanker Wertstrom sollte digital unterstützt und digital aufgewertet werden. Daher bleibt das klassische WSD mit seinen Gestaltungsregeln auch weiterhin der erste Schritt hin zum digitalen Soll-Zustand. Der gezielte Einsatz von Digitalisierungslösungen verbessert die resultierende Wertstromvision, um den Fluss zu stabilisieren, auszuweiten oder Prozessschritte zu eliminieren. Im WSD 4.0 wird der Fokus auf die Integration von Produkt- und Informationsflüssen gelegt sowie eine durchgängige Umsetzung in IT-Systemen ausgestaltet.

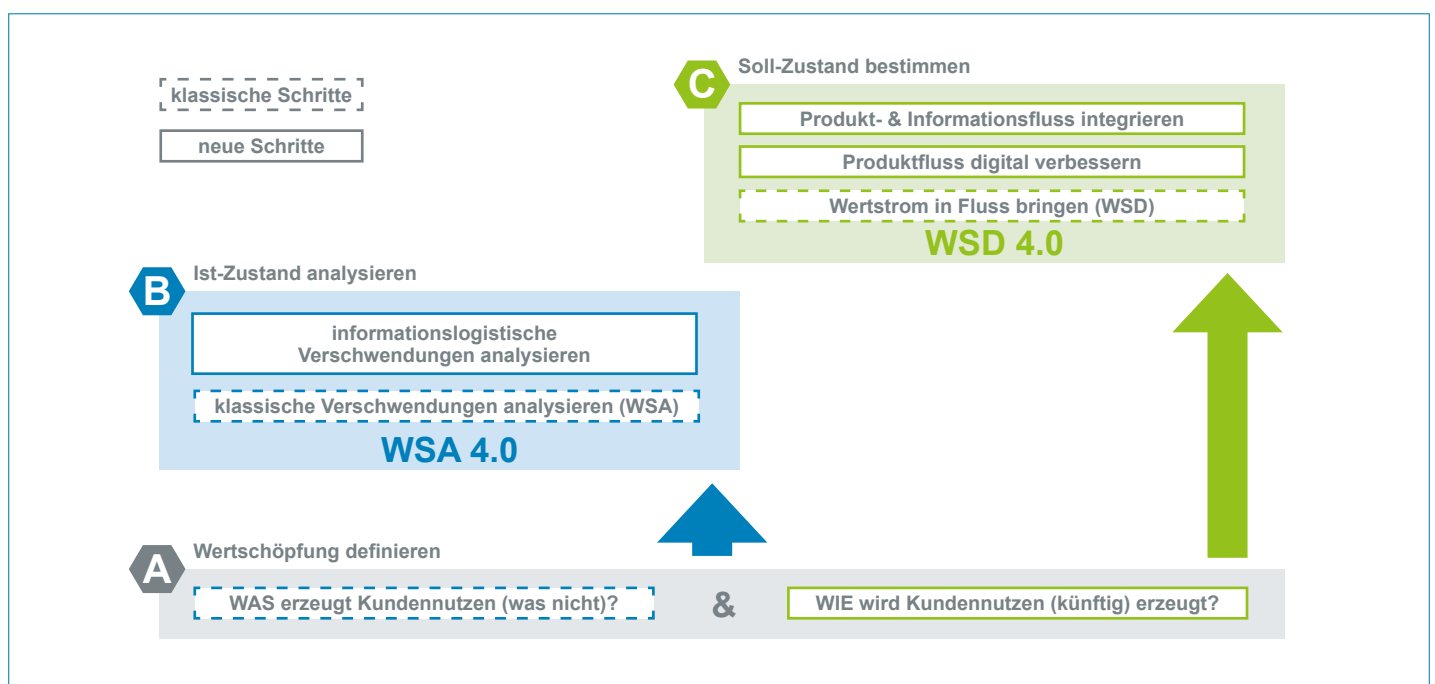


Abbildung 15: Vorgehensweise der Wertstrommethode 4.0

Durchführung der Wertstromanalyse 4.0

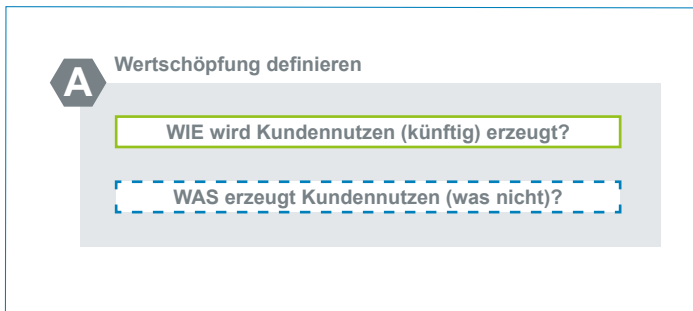


Abbildung 15a: Kundennutzen als Ausgangspunkt von Wertstromanalyse und Design

Projekt beginnen & Wertschöpfung definieren

Vor Projektstart wird das Produkt oder die zu analysierende Produktfamilie festgelegt. Eine Produktfamilie ist eine Gruppe von Produkten, die gleiche oder ähnliche Ressourcen in Produktion und Auftragsabwicklung belegt. Die WSA 4.0 wird für den gesamten Auftragsabwicklungsprozess durchgeführt. Daher muss sich das Projektteam auch abteilungsübergreifend zusammensetzen. Insbesondere Mitarbeiter aus Marketing, Vertrieb und Anpassungsentwicklung sind mit einzubeziehen.

Das Management sollte zu Projektstart eine klare Vorgabe machen, welche Zielgrößen für die gewählte Produktgruppe zu verbessern sind. Dies erleichtert es dem Projektteam, Verbesserungsmöglichkeiten zu priorisieren. Es ist zu klären, welche Produkteigenschaften für die Kunden besonders wichtig sind und wie sie erzeugt werden (Abb. 15a). Dies hilft, den Blick für nicht-wertschöpfende Tätigkeiten in der WSA zu schärfen. Gleichzeitig ist bereits hier zu definieren, was der Wertstrom künftig leisten muss, um einen angestrebten Wettbewerbsvorteil aufzubauen (z.B. „wir liefern schneller als“, „freie Produktkonfiguration“) und das geplante Geschäftsmodell zu realisieren. So kann das Team schon während der Analysephase Verbesserungs-ideen andenken.

Ist-Zustand analysieren – Wertstromanalyse 4.0

Die klassische WSA schafft ein übergreifendes Verständnis des Wertstroms für alle Beteiligten. Ergebnis ist eine Wertstromdarstellung mit visualisierten Potenzialbereichen, den sog. Kaizen-Blitzen^[8,6]. Die aus der WSA bekannten Prozessboxen werden in der WSA 4.0 so erweitert, dass die erfassten Informationsquellen in einer erweiterten Notation dargestellt werden können (Abb. 15b). Die Art der Datenerfassung wird durch das Erfassungsintervall und die Art der Aufnahme charakterisiert. Gleichzeitig wird der jeweils aktuelle Wert ermittelt und in die Prozessbox eingetragen. Diese Notation sollte möglichst einheitlich über alle Prozesse hinweg verwendet werden (Abb. 16).

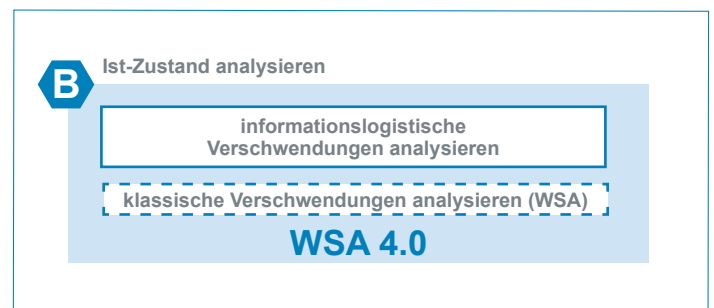
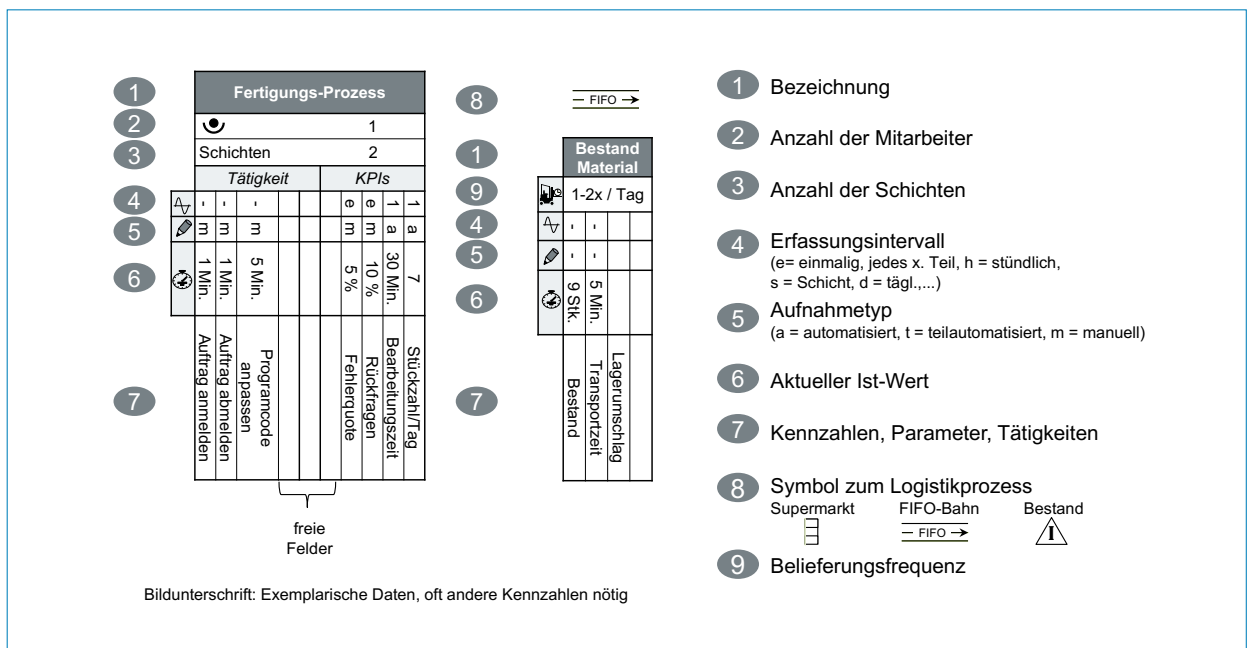


Abbildung 15b: Erweiterter Fokus auf Verschwendungen im Umgang mit Information

Speichermedien für Informationen verstehen & aufnehmen

Um den Umgang mit Daten und Information transparent zu machen, werden unterhalb der Prozessboxen horizontale Linien für jedes verwendete Speichermedium in die Wertstromkarte eingezeichnet.^[9,10] Beispiele für Speichermedien sind Papier, ERP-Programme, Manufacturing Execution Systeme (MES), MS Excel®, oder auch der Mitarbeiter selbst. Es folgt die Analyse und Darstellung der Informationsflüsse von den Quellen in die Speichermedien. Hierfür werden Informationsquellen mit zugehörigen Speichermedien durch vertikale Linien und Knotenpunkte verbunden.

Abbildung 16: Erweiterte Notation für Prozess-Boxen ^[10]

Informationsnutzung analysieren

Es wird geprüft, für welche Anwendungen die erhobenen Informationen genutzt werden, beispielsweise im Qualitätsmanagement, für die Auftragssteuerung oder für das Shop Floor Management. Für jede Art der Nutzung werden – ebenso wie für die Speichermedien – horizontale Linien eingetragen. Informationsquellen werden anschließend wiederum durch vertikale (in diesem Fall gestrichelte) Linien und Punkte mit den Anwendungen verbunden. Schon hier wird ersichtlich, welche erfasste Information nicht oder anders als vorgesehen genutzt wird.

Informationslogistische Verschwendungen erfassen

In diesem Schritt werden die bereits vorgestellten informationslogistischen Verschwendungen für alle Prozesse erfasst und als Kaizen-Blitze eingetragen. Darüber hinaus kann das beobachtete Verschwendungsniveau im Umgang mit Information anhand von Kennzahlen quantifiziert werden. Beispielhaft seien hier drei Kennzahlen genannt ^[9]:

- **Informationsverfügbarkeit**

Sie gibt an, welcher Anteil der notwendigen Information/Kennzahlen tatsächlich erfasst wird.

- **Informationsnutzung**

Sie zeigt an, welcher Anteil der erfassten Informationsquellen tatsächlich anschließend genutzt wird.

- **Digitalisierungsrate**

Sie gibt Auskunft, welcher Anteil der erfassten Informationsquellen digital erfasst wird.

Diese Kennzahlen können für einen einzelnen Arbeitsplatz, eine Linie oder den gesamten Auftragsdurchlauf berechnet werden.

Beispielanwendung der WSA 4.0

Das Beispiel zeigt den Teil des Wertstroms eines Sondermaschinenherstellers, der vom Kundenkontakt bis hin zur Fertigung reicht (Abb. 17). Die Maschinen werden in Abhängigkeit des Anwendungsfalls in Größe und Material individuell für die Kunden angepasst. Die auftragspezifische Informationsverarbeitung (Klärung Kunde, Anpassung Zeichnung, CNC-Programmierung) ist jedoch in ihrem grundlegenden Vorgehen gleich. Die Programmierzeit für einen Auftrag beträgt ca. 30 Minuten und stellt letztendlich eine Umsetzung der vom Kunden gewünschten Produktparameter in ein CNC-Programm dar.

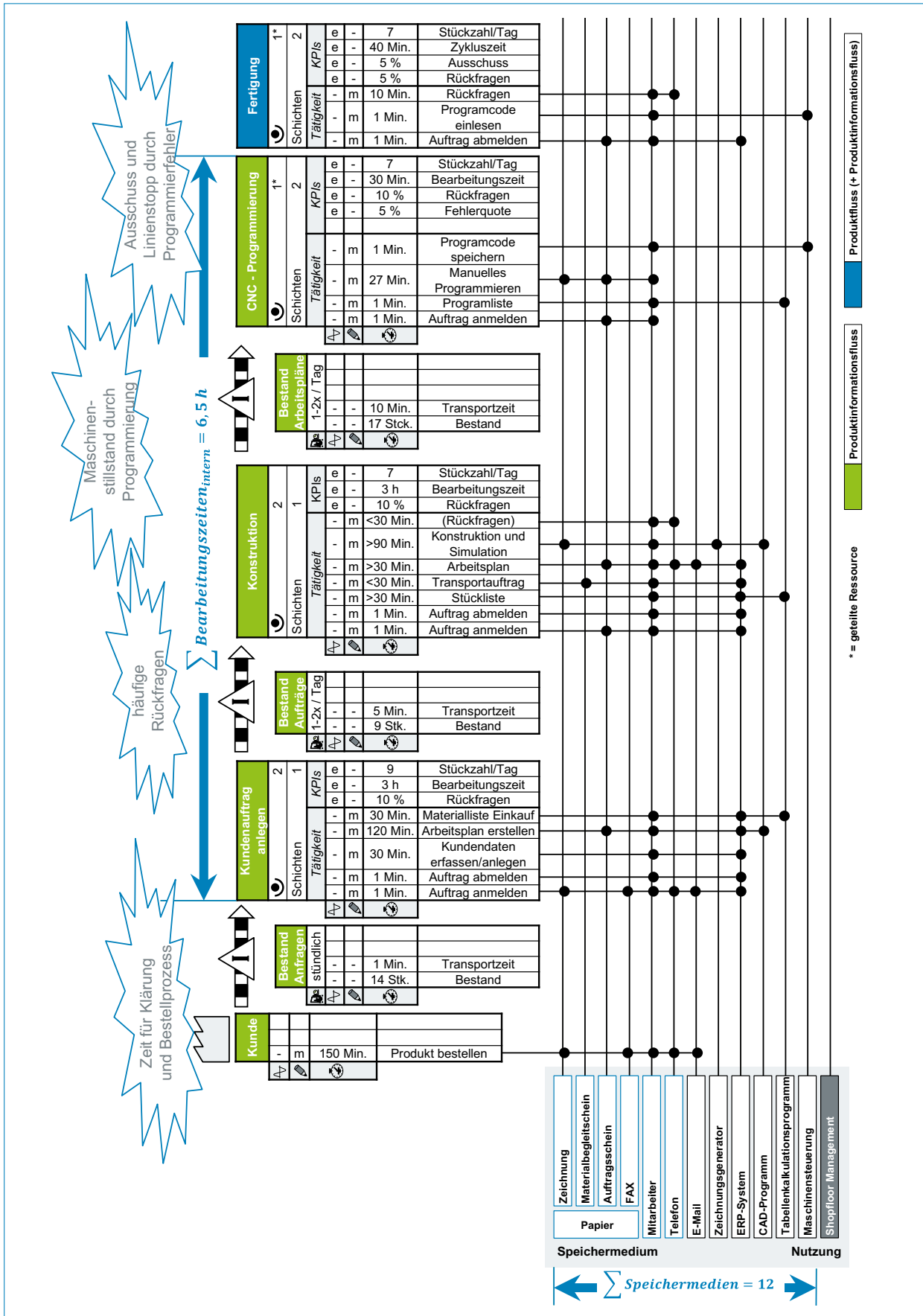


Abbildung 17: Wertstromkarte als Ergebnis der WSA 4.0

Aus der klassischen Wertstromanalyse ergeben sich folgende Verschwendungen:

- Häufige Rückfragen von der Konstruktion an den Vertrieb
- Maschinenstillstände während der Programmierung
- Ausschuss durch Programmierfehler

Die Anwendung der WSA 4.0 liefert weitere Einsichten:

- Zum Daten- und Informationsaustausch sind insgesamt zwölf verschiedene Speichermedien notwendig (Anzahl horizontaler Linien).
- Die hohe Anzahl an Knotenpunkten auf den vertikalen Linien des Datenaustauschs weist darauf hin, dass Prozessschritte für gleiche Information mehrere Speichermedien nutzen.

Daraus ergeben sich weitere Verschwendungen:

- Die Mitarbeiter müssen Informationen aus unterschiedlichen Systemen und mit verschiedenen Formaten von Hand übertragen.
- Medienbrüche verhindern einen reibungslosen Informationsfluss und verlängern die Bearbeitungszeit.

Die Kennzahlen bestätigen die Erkenntnisse und zeigen weitere Verbesserungspotenziale:

- Die Datenverfügbarkeit der vom Management gewünschten Key Performance Indicators (KPI) wie Bearbeitungszeit und Stückzahl liegt bei allen Prozessen bei 0 %.
- Keine der erfassten Informationen wird genutzt, um Verbesserung am Wertstrom voranzutreiben (unterste horizontale Linie). Die Kennzahl Datennutzung liegt bei 0 %.
- Die Digitalisierungsrate im Wertstrom liegt bei 0 %, da bei jedem Informationsaustausch das Speichermedium Papier in unterschiedlichen Formen verwendet wird.

Schnelle Auftragsabwicklung durch Synchronisation von Informationsflüssen

Das WSD zielt darauf ab, die Durchlaufzeit eines Produkts zu reduzieren, indem nicht-wertschöpfende Tätigkeiten eliminiert werden. Informationen werden vor allem aus der Prozesssteuerungsperspektive betrachtet. Dies trägt den umfassenden neuen Möglichkeiten zur Nutzung von Information durch Digitalisierung und Vernetzung nicht mehr ausreichend Rechnung. Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus müssen neben den Informationen zur Prozesssteuerung weitere Informationsflüsse

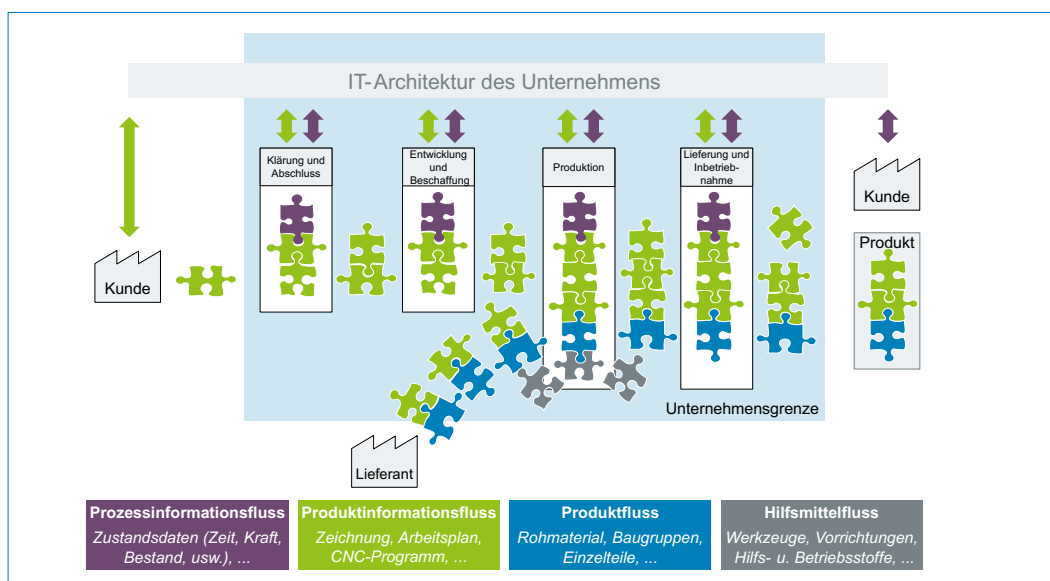


Abbildung 18: Denkmodell zur Synchronisation von Informationsflüssen

betrachten, um Kunden schnell und flexibel beliefern zu können, Prozesse zu verbessern und den Kundennutzen durch informationsbasierte Dienstleistungen zu steigern. Es lassen sich vier Informationsflüsse erkennen, die synchronisiert ineinandergreifen müssen (Abb. 18):

Der **Produktfluss** stellt den physischen Materialfluss des Kundenprodukts dar. In der Produktion trifft dieser, teils von Zulieferern kommende Fluss mit dem Produktinformationsfluss zusammen.

Der **Hilfsmittelfluss** steuert die Bereitstellung und den Transport der notwendigen Betriebsmittel und Hilfsstoffe zur Durchführung eines Auftrags.

Der **Prozessinformationsfluss** umfasst Informationen über den Zustand der Produktion und aller unterstützenden Prozesse (z. B. Bearbeitungszeit und -status, Temperatur, Druck).

Der **Produktinformationsfluss** umfasst alle Informationen zum Produkt. Er beginnt beim Kunden, führt über die Entwicklung (z. B. Zeichnungserstellung) und die Arbeitsvorbereitung (z. B. Programme, Arbeitspläne) bis in die Logistik, die Produktion und zum Kunden.

Gerät einer der vier Informationsflüsse ins Stocken oder ist nicht mit den anderen Informationsflüssen synchronisiert, kommt es zu Verzögerungen aufgrund von Wartezeiten. Um dies zu vermeiden, ist eine Synchronisation dieser Informationsflüsse sicherzustellen. Dies ist in der Produktion besonders anspruchsvoll, da sich hier alle vier Flüsse treffen. An einem Arbeitsplatz müssen mit dem physischen Produkt die zugehörigen Arbeits- und Prüfanweisungen verfügbar, Werkzeuge, Vorrichtungen und Messmittel vorhanden sowie die notwendigen Prozessparameter eingestellt sein. Zudem ist der Kunde als Informationsquelle an die innerbetrieblichen Informationsflüsse anzubinden, um Auftragsklärung, Anpassungsentwicklung und Arbeitsvorbereitung zu beschleunigen, aber auch um Produktinformationen aus der Nutzungsphase zu erhalten.

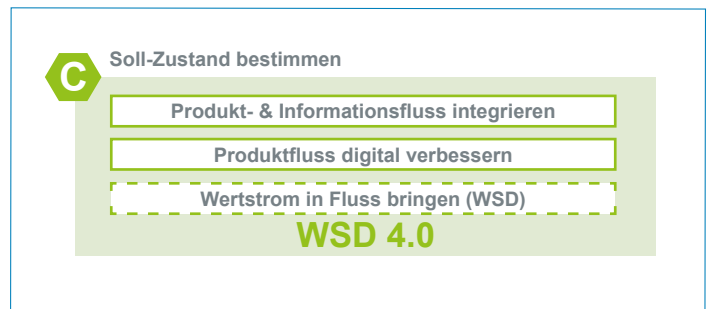


Abbildung 15c: Vom klassischen WSD zum WSD 4.0

Soll-Zustand bestimmen – Wertstromdesign 4.0

Das WSD 4.0 dient der Gestaltung des Zielzustands für den künftigen Auftragsabwicklungsprozess inklusive zugehöriger Informationsflüsse. Das Vorgehen umfasst im ersten Schritt das klassische WSD, welches darauf abzielt, Produkte ins Fließen zu bringen, um möglichst kurze Durchlaufzeiten zu erreichen. Im zweiten Schritt wird geprüft, welche Stationen durch Digitalisierung weiter stabilisiert und verschwendungsärmer gestaltet werden können, um den Produktfluss zu verbessern oder auszuweiten. Abschließend werden im dritten Schritt die Produkt- und die Informationsflüsse integriert und synchronisiert (Abb. 15c). Grundlegend gilt: Zunächst ist ein robuster Fluss anzustreben, bevor komplexe Prozesse digitalisiert werden.

Durchführen des klassischen WSD

Durch das WSD wird eine Wertstromvision erarbeitet, welche die vorab formulierten Zielvorgaben zu Durchlaufzeit, Fehlerfreiheit und Produktivität möglichst erfüllt. Etabliert hat sich dabei die Vorgehensweise nach Rother^[6], der hierfür Wertstromrichtlinien formuliert. Die Anwendung dieser Richtlinien führt dazu, dass Arbeitsplätze und Prozesse ihren Arbeitsumfang im Rahmen der Zeitvorgabe des Kundentakts erfüllen können. Anschließend werden angrenzende Prozesse so miteinander verbunden, dass möglichst große Fluss-Bereiche entstehen, in denen ein Produkt oder Auftrag ohne Wartezeiten weiterbearbeitet werden kann. Lassen sich Prozesse nicht direkt im Fluss verbinden (z. B. aufgrund von Rüstzeiten), werden sie durch Pull-Systeme (FIFO-Systeme oder Supermärkte) entkoppelt. Die Freigabe neuer Aufträge erfolgt möglichst nur an einer Stelle, dem sog. Schrittmacherprozess.

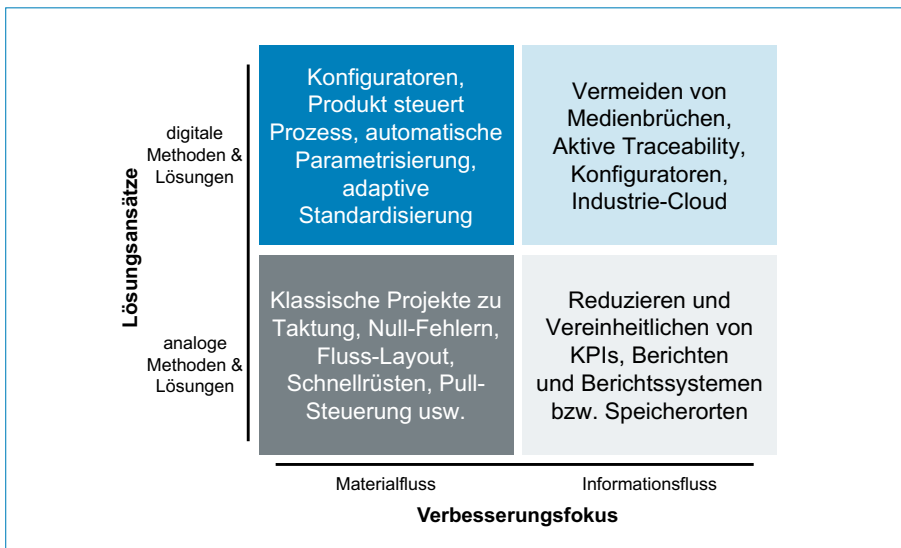


Abbildung 19: Lösungsraum für Material- und Informationsfluss

Produktfluss digital verbessern

Liegt die Wertstromvision vor, werden Umsetzungsprojekte definiert, die den aktuellen Wertstrom schrittweise weiter entwickeln. Typischerweise adressieren diese Projekte zunächst klassische Verschwendungen. Grundlagenprojekte sind das Einführen von Standardarbeit und das Stabilisieren von Qualität. Anschließend folgen Projekte, die das Verbessern des Materialflusses herbeiführen, beispielsweise das Abtakten von Fließlinien, das Erarbeiten von Fluss-Layouts oder die Organisation einer Pull-Materialversorgung.

Anschließend können digitale Verbesserungsmöglichkeiten durch folgende Fragen systematisch geprüft werden:

- Welche klassischen Verschwendungen lassen sich besser durch digitale Maßnahmen eliminieren?
Beispiel: Einsatz flexibler Pick-By-Technologien, wenn Materialtablets für die Null-Fehler-Kommissionierung zu unflexibel sind.
- Welche informationslogistischen Verschwendungen lassen sich durch eine bessere Organisation eliminieren?
Beispiel: Kennzahlen und ihre Erfassung werden für alle Maschinen einer Gruppe vereinheitlicht und in der Morgenbesprechung für den Soll-Ist-Vergleich genutzt.

- Welche informationslogistischen Verschwendungen sollten durch digitale Maßnahmen eliminiert werden? Beispiel: Die Daten zur Maschinenverfügbarkeit werden direkt in der Maschinensteuerung erfasst, statt sie manuell ins MES zu übertragen.

Abschließend ist zu prüfen, wie Leistungsmerkmale des Geschäftsmodells durch die Digitalisierung der Auftragsabwicklung gezielt gestützt werden können. Beispielhafte Fragen sind:

- Wie kann der Fluss weiter verbessert werden, indem manuelle Planungsschritte, die sich bei jedem Auftrag wiederholen, automatisiert werden?
- An welcher Stelle helfen Konfiguratoren, Kundenwünsche automatisch in Prozessparameter zu übersetzen?
- Wie kann das Produkt als Informationsträger Arbeitsplätze automatisch parametrisieren, um Rüstzeiten weiter zu senken und Standardarbeit zu unterstützen?
- Wo ist es sinnvoll, Prozessdaten dem Produkt zuzuordnen und sie dem Kunden zur Verfügung zu stellen?

Produkt- & Prozessinformationsfluss integrieren

Im letzten Schritt des WSD 4.0 wird definiert, welche Informationen (Produkt-, Prozess- und Hilfsmittelinformationen) an den Stationen des neuen Wertstroms benötigt werden, um die Vision einer Auftragsbearbeitung ohne Wartezeiten umzusetzen. Um Prozesse ohne Verzögerung starten zu können, müssen alle benötigten Informationen bei Auftragsstart zur Verfügung stehen. Mit diesem Ziel werden die Informationsbedarfe aller Prozesse erhoben und unter „Tätigkeiten“ in den Prozessboxen erfasst. Gleiches gilt für Unterstützungsprozesse wie die Arbeitsvorbereitung, die Intralogistik und die Instandhaltung.

Verknüpfung von Informationsquellen und Speichermedien

Ausgehend vom definierten künftigen Informationsbedarf werden in Zusammenarbeit mit der produktionsnahen IT geeignete Speichermedien definiert und in die Wertstromkarte mit entsprechenden horizontalen Linien eingetragen. Durch vertikale Linien und das Setzen von Punkten erfolgt eine eindeutige, künftig standardisierte Zuordnung von Informationsquellen zu Speichermedien. Zum Beispiel kann in diesem Schritt festgelegt werden, dass künftig alle Stückzahlmeldungen automatisiert im MES gesammelt werden. Um dies darzustellen, wird vom Datenpunkt „Stückzahl“ eine vertikale Linie zur Linie des Speichermediums MES gezogen und mit dieser durch einen Punkt verbunden.

In diesem abschließenden Schritt werden alle Aktivitäten, welche verfügbare Informationen nutzen, durch gestrichelte Linien angebinden. Beispielsweise wird festgelegt, dass die im MES verfügbare Stückzahl jeder Anlage täglich im Shopfloor Management besprochen wird, um Abweichungen zu erkennen und Verbesserungen anzustoßen. Hierfür wird vom Datenpunkt „Stückzahl“ eine gestrichelte Linie zur horizontalen Linie des Shopfloor Managements gezogen und ebenso mit einem Punkt verbunden.

Beispielanwendung des WSD 4.0

Für den bereits beispielhaft betrachteten Wertstrom des Sondermaschinenherstellers liegt die Zielsetzung des Wertstromdesigns auf einer deutlichen Durchlaufzeitreduzierung bei einer gleichzeitig hohen Flexibilität in der Konfiguration für den Kunden und den Vertrieb. Dies wird im Wesentlichen erreicht durch

- eine durchgängige Digitalisierung der Informationsweitergabe vom Kunden bis hin zu den Maschinen,
- eine drastische Reduzierung manueller Prozessschritte und der zugehörigen Bearbeitungszeit (von 6,5 h auf 15min) und
- eine Reduzierung der Speichermedien (von zwölf auf sieben) und der Medienbrüche.

Der neue Prozess im Detail

Der Sondermaschinenhersteller hat kundenseitig einen Online-Konfigurator implementiert, der den in der Produktion möglichen Lösungsraum in den Dimensionen Kategorie, Material und Maße abbildet. So ist es dem Kunden möglich, ohne weitere Kommunikation mit Vertrieb oder Entwicklung das Produkt zu konfigurieren und zu bestellen. Die durch den Konfigurator erzeugten Produktdaten werden automatisch in ein parametrisierbares CNC-Programm übertragen. Das neue CNC-Programm gelangt über die Distributed Numerical Control (DNC) direkt an die Maschine. Bisher erfolgte die Auftragsfreigabe durch ein Push-Prinzip. Der Vorarbeiter plante die Reihenfolge der Aufträge nach Bedarf und eigenem Ermessen neu (Go-and-See-Planung). Im Zuge des WSD 4.0 erfolgt nun eine strikte FIFO-Bearbeitung (Abb. 20).

Um den neuen Prozess zu stabilisieren und weiter zu verbessern, werden künftig in der täglichen Werkstattbesprechung die Kennzahlen Lieferleistung und Auslastung besprochen. Bei Abweichungen wird ein neuer PDCA-Zyklus angestoßen.

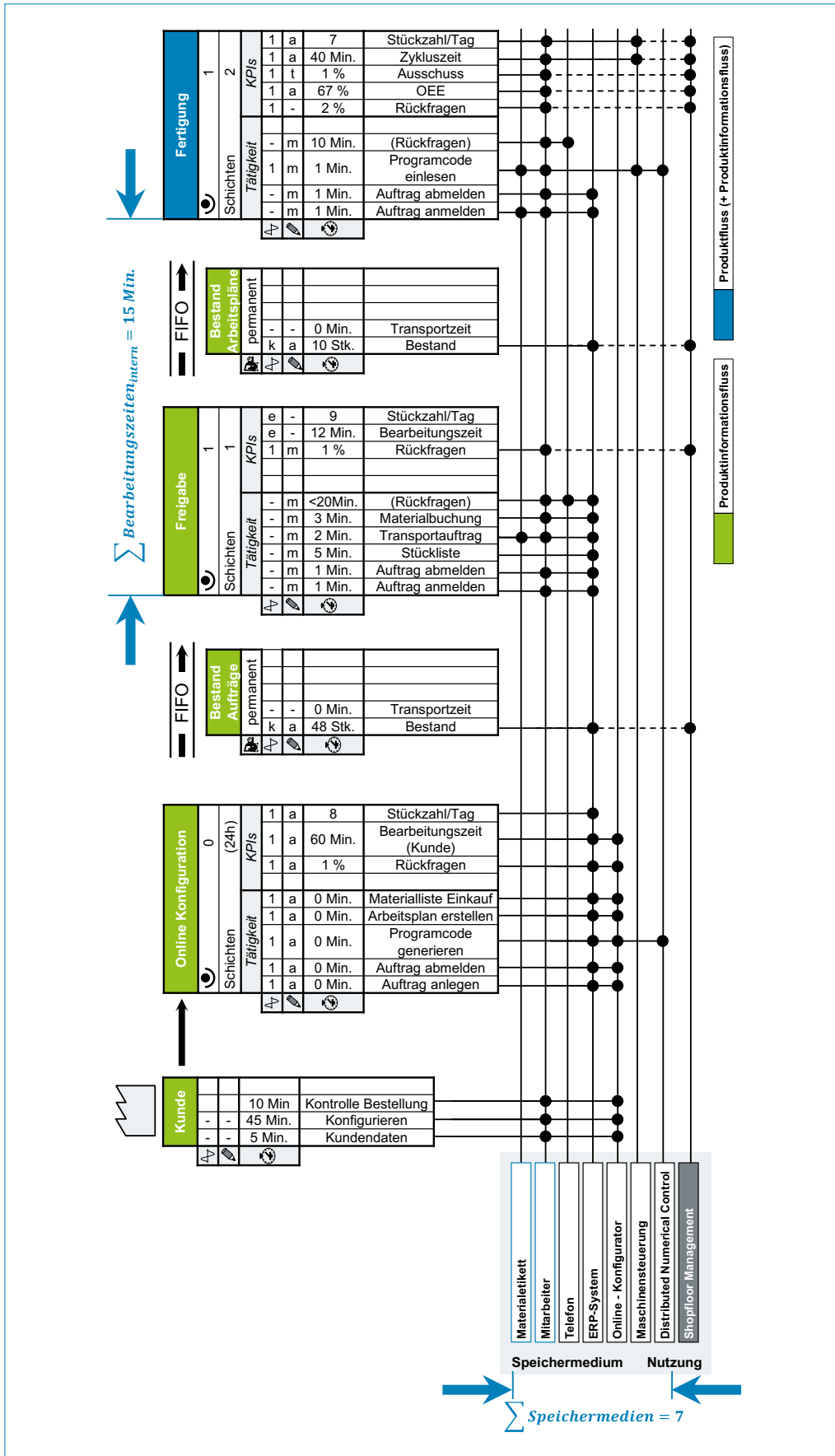


Abbildung 20: Wertstromkarte als Ergebnis des WSD 4.0

Best Practice aus der Industrie

Informationsfluss bis auf die Werkzeugmaschine

Carsten Schaede und Stefan Munsch, MUNSCH Chemie-Pumpen GmbH, Ransbach-Baumbach

Grenzen herkömmlicher CNC-Programmierung

In der Produktion kundenindividueller Produkte ist die Stabilität der Fertigungs- und Montageprozesse Grundlage zur Erreichung kurzer Durchlauf- und Lieferzeiten. Von großer Bedeutung ist hierbei die Minimierung möglicher Fehlerquellen, welche zu Ausschuss und Nacharbeit führen können. Eine Fehlerquelle bei der Fertigung kundenindividueller Produkte ist dabei häufig die manuelle CNC-Programmierung an der Werkzeugmaschine. Im Fall der Munsch Chemie-pumpen GmbH wurde die CNC-Programmierung von kundenindividuellen Bohrbildern der Pumpengrundplatten analysiert. Das manuelle Übertragen der Bohrungspositionen von der Zeichnung in das CNC-Programm auf der Werkzeugmaschine war eine der Ursachen für Instabilität im Fertigungsprozess. Ein Programmierfehler führte schnell zum Stillstand der Montagelinie, weil Pumpe, Motor und Zubehörteile nicht wie konfiguriert auf der Grundplatte montiert werden konnten.

Verbindung von Konfigurationsdaten und Werkzeugmaschine

In einem Projekt der Munsch Chemie-pumpen GmbH mit dem Mittelstand 4.0-Kompetenzzentrum Darmstadt wurde eine Software entwickelt, die aus den Konfigurationsdaten direkt das individuelle CNC-Programm erstellt. Zu den über 500.000 möglichen Kombinationen aus Grundplattengröße und -material sowie den konfigurierbaren Bohrungspositionen wird nun nach Abschluss der Produktkonfiguration das entsprechende CNC-Programm generiert und auf der Werkzeugmaschine bereitgestellt. Dies wird dadurch ermöglicht, dass das Unternehmen seit über einem Jahrzehnt einen Produktkonfigurator mit einem umfangreichen Konfigurationsregelwerk nutzt, um die Konfigurationsmöglichkeiten und -restriktionen der hohen Produktvielfalt standardisiert zu dokumentieren. Aufbauend auf dieser Standardisierung der Produktvarianz,



Foto: Munsch Chemie-pumpen

Durch die Standardisierung und anschließende Digitalisierung der CNC-Programmerstellung wurden Übertragungsfehler eliminiert.

konnte auch der variantenreiche Fertigungsprozess standardisiert und die entsprechende Programmerstellung automatisiert werden.

Nutzen

Durch die Standardisierung und anschließende Digitalisierung der CNC-Programmerstellung konnten die aus dem Medienbruch resultierenden Übertragungsfehler eliminiert werden. Die gefertigten Grundplatten stimmen nun immer exakt mit der Produktkonfiguration überein. Montagestillstände infolge fehlerhafter Bohrbilder gehören der Vergangenheit an. Da das fehlerfreie CNC-Programm ab Fertigstellung der Konfiguration bereitsteht, entfällt die zeitaufwändige Übertragung der Zeichnungsdaten in das CNC-Programm und auf die Maschinensteuerung. Insgesamt konnte die Durchlaufzeit für die Grundplatte von mehreren Tagen auf eine Schicht reduziert werden.

Getreu dem Motto „Wer die Produktvarianz standardisiert, kann Losgröße 1 fertigen wie in Serie“ zeigt die Lösung zur CNC-Programmerstellung der Munsch Chemie-pumpen GmbH, wie der Lean-Grundsatz der Standardisierung durch Digitalisierung auch in der kundenindividuellen Fertigung erfolgreich angewendet werden kann.

Best Practice aus der Industrie

Kommunizieren – schnell und visuell

Norbert Dunker, technotrans AG, Sassenberg

Die technotrans AG produziert unter anderem Kühlungen für Batterien, Ladestationen und Ladekabel im wachsenden Feld der E-Mobilität. Schnelle und unkompliziert gestaltete Kommunikationsabläufe zwischen verschiedenen Bereichen wie Produktion, Entwicklung, Konstruktion und Logistik sind elementar.

Eine einfache Idee

Auf vorhandenen PC-Terminals in der Produktion sollte ein Programm die verschiedenen Abteilungen über einen Kommunikationsbedarf informieren. Nach dem Ampel-Prinzip plante technotrans die Darstellung der Dringlichkeit. Das Konzept sah ein rotes Signal für hohe Dringlichkeit und ein gelbes Signal für einen weniger drängenden Kommunikationswunsch vor. Als erwartete Antwortzeiten legte das Unternehmen für Rot 15 Minuten und für Gelb 45 Minuten fest. Der Status Grün sollte die beiden anderen Zustände zurücksetzen und anzeigen, dass am jeweiligen Arbeitsplatz alles in Ordnung ist.

Drei Visualisierungsformen ergänzen die Anzeige der Dringlichkeit:

- Zur unmittelbaren Ansprache der benötigten Fachabteilung sollte ein Pop-up-Fenster auf dem PC eines Mitarbeiters oder einer definierten Gruppe von mehreren Kollegen erscheinen. Klickt eine Person auf das Pop-up-Fenster, übernimmt sie die Anfrage. Dabei erlischt das Pop-up auf allen anderen Computern.
- Auf einem zentral einsehbaren großen Monitor sollten in einem schematischen Produktionslayout die aktuellen Ampelfarben je Arbeitsplatz dargestellt werden. Dadurch werden auch weitere Kollegen, über den direkten Kontakt hinaus, informiert.
- Um den aktuellen Zustand vor Ort zu signalisieren, wurde ein mehrfarbiges LED-Licht oberhalb der jeweiligen Produktionslinie geplant. Der zuständige Teamleiter kann sich hierdurch einen schnellen Überblick verschaffen. Kollegen aus anderen Bereichen leiten die Signale direkt an die richtige Stelle.

Das Potenzial der eigenen Mitarbeiter

Auf der Suche nach einer kostengünstigen Umsetzung dieses Kommunikationskonzepts stieß die technotrans AG auf bisher unbekannte Potenziale ihrer Mitarbeiter: Es zeigte sich, dass gleich mehrere den Raspberry Pi, einen Mini-Computer für rund 35 Euro, privat für verschiedene Anwendungen nutzen. Für einen IT-Mitarbeiter mit besonders ausgeprägten Kenntnissen wurde so aus dem leidenschaftlich betriebenen Hobby ein erfolgreiches Projekt am Arbeitsplatz.

Die notwendige Hardware erstellten die Auszubildenden der Ausbildungsgänge „Mechatronik“ sowie „Technischer Systemplaner elektrotechnische Systeme“. Die auf anderen Gebieten gesammelten Erfahrungen der Mitarbeiter halfen dabei, Hard- und Software erfolgreich zu installieren. Die Bereitschaft der technotrans-Mitarbeiter, ihre dem Arbeitgeber bis dato nicht bekannten Fähigkeiten im Sinne des Unternehmens einzusetzen, führte zur schnellen Umsetzung einer robusten und auf die individuellen Bedürfnisse zugeschnittenen Lösung – bei zugleich geringem Investitionsaufwand.



Foto: technotrans

Ein Kommunikationskonzept nach dem Ampelprinzip erleichtert die Arbeit in der Produktionslinie.

Best Practice aus der Industrie

Mobile Instandhaltung mit Tablets

Marius Christian, Festo Didactic SE, Denkendorf

Grenzen herkömmlicher Instandhaltung

Für die Arbeit der Instandhalter sind kurze Reaktionszeiten und eine schnelle Störungsbehebung von zentraler Bedeutung. In der Vergangenheit gehörten lange Laufwege, umständliches Beschaffen von Informationen aus Dokumenten und aufwendiges Suchen von Ersatzteilen zur Tagesordnung. So kam es trotz eines funktionierenden TPM (Total Productive Maintenance) Systems immer wieder zu Verschwendung in den Instandhaltungsaktivitäten.

Verbindung von Instandhaltung und Digitalisierung

In einem gemeinsamen Projekt von Instandhaltung und IT wurde eine App für die Technologiefabrik Scharnhausen entwickelt, welche die Instandhaltungs-Prozesse stark vereinfacht und effizienter gestaltet. Jeder Instandhalter ist nun mit einem Tablet sowie der dazugehörigen App ausgestattet und somit direkt an das zentrale Instandhaltungssystem angebunden.

Die Instandhalter werden regelmäßig über aktuelle Störungen und ihre entsprechende Priorität informiert und können die Aufträge direkt außerhalb ihres Büros annehmen – sämtliche Information über den Ort, die Art der Störung sowie Anmerkungen des Maschinenbedieners werden direkt auf dem Tablet angezeigt. Dies spart lange Wege zu einem lokalen Rechner sowie interne Abstimmungen.

Das mobile Erfassen von Zeit- und Statusrückmeldungen und Maßnahmen zur Störungsbehebung sind ebenso möglich wie die Anzeige von Dokumentationen und Fotos zu einzelnen Maschinen. Mithilfe der Kamera können Störungen und Schwachstellen direkt vor Ort dokumentiert werden. Darüber hinaus kann überprüft werden, ob und wo die benötigten Ersatzteile gelagert werden. Sofern eine Bestellung von Ersatzteilen notwendig ist, erfolgt dies unmittelbar per Tablet. Für sämtliche Maschinen und Anlagen lassen sich die Ersatzteillisten und Reparaturanleitungen mobil abrufen. Bei etwai-

Foto: Festo



Über ein Tablet mit dazugehöriger App werden die Instandhalter über aktuelle Störungen und ihre entsprechende Priorität informiert.

gen Rückfragen oder Problembhebungen kann über die Tablets auch der direkte Kontakt zu den Maschinenherstellern aufgenommen werden.

Nutzen

Mit der mobilen Lösung können im Durchschnitt etwa 10 Minuten Zeit pro Instandhaltungsvorgang eingespart werden. Bei ca. 19.000 Störmeldungen und 2.000 geplanten Wartungsaufträgen führt dies zu einer Einsparung von 3.500 Mann- und Maschinenstunden pro Jahr. Die Instandhalter selbst sind von der mobilen Lösung begeistert, da es ihren Arbeitsalltag erleichtert und sie sich auf ihre eigentliche Arbeitsaufgabe voll und ganz konzentrieren können: nämlich die Anlagen instand zu halten und zu optimieren.

Durch die direkte digitale Erfassung der Rückmeldedaten werden zudem die Datenschnittstellen reduziert und die Datenqualität insgesamt verbessert. Dies ermöglicht letztendlich auch eine einfachere Datenauswertung typischer Instandhaltungskennzahlen wie beispielsweise MTBF (Mean Time Between Failure) und MTTR (Mean Time To Repair).

Best Practice aus der Industrie

Lean-Kultur im digitalen Wandel

Matthias Schorr, Festool GmbH, Neidlingen

Seit Mitte der 90er Jahre befindet sich das Produktionswerk der Festool GmbH in Neidlingen mit seinen gut 450 Mitarbeitern auf einer Lernreise durch die Lean-Welt und hat sich dabei über die Jahre eine Lean-Kultur erarbeitet, die mit dem Streben nach permanenter Verbesserung einherging.

Transformation in kleinen Schritten

Während in den vergangenen Jahren das Shopfloor Management aus Whiteboards und Papier bestand, arbeitet die Montage momentan mit starkem Fokus daran, alle relevanten Informationen in digitaler Form bereitzustellen. Dadurch entstehen Fragen, die mit einer Permanentlösung und damit mit einer Standardisierung zu beantworten sind: Welche Information ist wirklich relevant? Wer benötigt die Information für eine schnelle Verwertung und in welcher Form? Wie hängen alle nun digital zur Verfügung stehenden Informationen zusammen? Wie kommen die Mitarbeiter damit zurecht? Wie schafft man den Spagat zwischen Transparenz und Reizüberflutung?

Um sich dem langfristigen Ziel der digitalen Produktion zu nähern, geht Festool in kleinen Schritten vor: Im ersten Schritt werden alle relevanten Prozesse detailliert digital aufgezeichnet und der Informationsfluss analysiert. Dies übernehmen die unmittelbaren Prozessbetreiber selbst. Hierauf aufbauend werden alle analogen Medien (Whiteboards, Papier, etc.) durch digitale Informationsträger ersetzt. Bis Mitte des Jahres 2017 wurde die morgendliche Abstimmung (Pull-Runde) noch am Whiteboard abgehalten. Nun findet diese in einem Zusammenspiel aus Microsoft Excel, SAP und BDE statt. Dies hat die Dauer des Termins auf ein Drittel der bisher benötigten Zeit reduziert und bietet gleichzeitig die permanente Verfügbarkeit aller relevanten Informationen für die Beteiligten. Auch langfristig können alle darauf zugreifen, beispielsweise für Auswertungen und Statistiken.

Im zweiten Schritt wird dann die schnelle Erstlösung der verschiedenen Digitalisierungen durch standardisierte Software ersetzt.

Im dritten Schritt gilt es, die passende Plattform durch ein geeignetes MES zu erstellen, um damit den Vorteil der schnellen und verknüpften Informationen voll auszuschöpfen. Das Ergebnis ist folglich eine schnelle Reaktionszeit, eine Steigerung der Produktivität durch das Reduzieren von Informationstransportzeiten und die Einbindung aller Mitarbeiter. Obwohl sich die drei Schritte gegenseitig bedingen und aufeinander aufbauen, startete Festool alle drei Schritte gleichzeitig und damit parallel zueinander. Dies war aufgrund der unterschiedlich langen Umsetzungszeiträume notwendig.

Zielsetzung

Ziel ist es, die zur (Lean-)Unternehmenskultur passenden digitalen Möglichkeiten zu nutzen, sie abzuwägen, zu testen und zu standardisieren, um auch in Zukunft ein wirtschaftliches Produktionssystem zu betreiben, das Wert für die Kunden schöpft und so das Unternehmen und den Standort weiterhin nachhaltig erfolgreich macht.

Foto: Festool



„Mit dieser digitalen Übersicht sehen wir die aktuellen Zustände der Montage-Inseln in Echtzeit“, so Matthias Schorr von Festool.

Projektpartner

VDMA

Forum Industrie 4.0

Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 6603-1939
E-Mail industrie40@vdma.org
Internet industrie40.vdma.org

Technische Universität Darmstadt Institut für Produktionsmanagement, Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)

Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
Internet www.ptw.tu-darmstadt.de

Projektleitung

Dr. Christian Mosch, VDMA-Forum Industrie 4.0
Felix Prumbohm, VDMA Business Advisory

Mitarbeit

Dr. Thomas Kinkeldei, VDMA Bayern

Inhaltliche Beiträge

Technische Universität Darmstadt
Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Dipl.-Wirtsch.-Ing. Tobias Meudt
Lukas Hartmann, M. Sc.

Grafiken

PTW Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen

Beteiligte Firmen

Armaturenfabrik Franz Schneider
ATLANTA Antriebssysteme
AZO
Balluff
BridgingIT
ebm-papst Mulfingen
Festo
Festo Didactic
GEBHARDT Fördertechnik
HAWE Hydraulik
HOSOKAWA ALPINE
iwis antriebssysteme
Karl Mayer Textilmaschinenfabrik
KOMET Deutschland
KraussMaffei Technologies
KURTZ Holding
Maschinenfabrik Lauffer

Mosca

Perfect Production
Robert Bosch Packaging Technology
ROI Management Consulting AG
SALT Solutions
Sesotec
SMS group
Unicomp
Voith Turbo
WAFIOS

Quellenverzeichnis

- [1] Liker, J.K., Meier, D., 2013. Toyota way fieldbook: A practical guide for implementing Toyota's 4Ps. McGraw-Hill, New York, 475 pp.
- [2] Ōno, T., 1988. Toyota production system: Beyond large-scale production. Productivity Press, Cambridge, Mass., 157 pp.
- [3] Bauernhansl, T., 2014. Die Vierte Industrielle Revolution – Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma, in: Bauernhansl, T., Hompel, M. ten, Vogel-Heuser, B. (Eds.), Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, pp. 5–35.
- [4] Bauernhansl, T., 2016. Richtlinien für den Erfolg im Rahmen von Industrie 4.0, in: Bauernhansl, T., Dombrowski, U. (Eds.), Einfluss von Industrie 4.0 auf unsere Fabriken und die Fabrikplanung. Eine Broschüre des Fachbeirats Deutscher Fachkongress Fabrikplanung. Technische Universität Braunschweig Institut für Fabrikbetriebslehre und Unternehmensforschung, Braunschweig, p. 10.
- [5] Metternich, J., Müller, M., Meudt, T., Schaede, C., 2017. Lean 4.0 – zwischen Widerspruch und Vision. ZWF 112 (5), 346–348.
- [6] Rother, M., Shook, J., 2015. Sehen lernen: Mit Wertstromdesign die Wertschöpfung erhöhen und Verschwendung beseitigen, Deutsche Ausgabe, Version 1.4 ed. Lean Management Institut, Mühlheim an der Ruhr, 12 pp.
- [7] Meudt, T., Leipoldt, C., Metternich, J., 2016. Der neue Blick auf Verschwendungen im Kontext von Industrie 4.0. ZWF 111 (11), 754–758.
- [8] Erlach, K., 2010. Wertstromdesign: Der Weg zur schlanken Fabrik, 1 Online-Ressource (XVI, 390 S. Mit Beilage mit Symbolen des Wertstromdesigns).
- [9] Meudt, T., Metternich Joachim, Abele Eberhard, 2017. Value stream mapping 4.0: Holistic examination of value stream and information logistics in production. CIRP Annals 66 (1), 413–416.
- [10] Meudt, T., Rößler, M.P., Böllhoff, J., Metternich, J., 2016. Wertstromanalyse 4.0. ZWF 111 (6), 319–323.

Impressum

Herausgeber

VDMA
Forum Industrie 4.0
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 6603-1939
E-Mail industrie40@vdma.org
Internet industrie40.vdma.org

FKM Forschungskuratorium
Maschinenbau e.V.
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 66 03-16 81
E-Mail info@fkm-net.de
Internet www.fkm-net.de

Technische Universität Darmstadt
Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen (PTW)
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt
Internet: www.ptw.tu-darmstadt.de

Verantwortlich

Dr. Christian Mosch, VDMA-Forum Industrie 4.0
Felix Prumbohm, VDMA Business Advisory

Redaktion

Dr. Beate Metten, VDMA-Forum Industrie 4.0

Design und Layout

VDMA DesignStudio / VDMA Verlag GmbH

Verlag

VDMA Verlag GmbH
Lyoner Straße 18
60528 Frankfurt am Main
Telefon +49 69 6603-1231
E-Mail: industrie40@vdma.org
Internet: www.vdma-verlag.com

ISBN

978-3-8163-0721-1

Erscheinungsjahr

2018

Druck

h. reuffurth gmbh, Mühlheim am Main

Copyright

VDMA und Partner

Bildnachweise

Titelbild: iStock / Olivier Le Moal
Seite 1: VDMA
Seite 3: Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen
Seite 32: Munsch Chemiepumpen
Seite 33: technotrans
Seite 34: Festo
Seite 35: Festool

Hinweis

Die Verbreitung, Vervielfältigung und öffentliche Wiedergabe dieser Publikation bedarf der Zustimmung des VDMA und seiner Partner. Auszüge der Publikation können im Rahmen des Zitatrechts (§ 51 Urheberrechtsgesetz) unter Beachtung des Quellenhinweises verwendet werden.

VDMA

Forum Industrie 4.0

Lyoner Str. 18

60528 Frankfurt am Main

Telefon +49 69 6603-1939

E-Mail industrie40@vdma.org

Internet industrie40.vdma.org

**PTW Institut für Produktionsmanagement,
Technologie und Werkzeugmaschinen**

Otto-Berndt-Straße 2

64287 Darmstadt

Telefon +49 6151 16-20080

E-Mail info@ptw.tu-darmstadt.de

Internet ptw.tu-darmstadt.de