

# **Einsatz der ereignisdiskreten Materialflusssimulation bei Methoden aus der kontinuierlichen Verbesserung im Produktionsumfeld: Erfolg und Auswirkungen der Speedweek 4.0**

***Use of discrete-event material flow simulation in continuous  
improvement methods in the production environment: success and  
impact of Speedweek 4.0***

Sarah Sitz, Maximilian Zerreis, Robert Bosch GmbH, Nürnberg (Germany),  
sarah.sitz@de.bosch.com

Tobias Lechler, Jörg Franke, Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und  
Produktionssystematik (FAPS), FAU Erlangen-Nürnberg, Erlangen (Germany),  
tobias.lechler@faps.fau.de, joerg.franke@faps.fau.de

**Abstract:** Derived from Kaizen, there are various approaches to improvement work, such as Lean or the Toyota Production System (Chiarini 2012; Alukal 2006). The further development of improvement systems is subject to constant challenges, currently by the challenge of the digital transformation. A method of continuous improvement work, known as Kaizen Event or also Speedweek, focuses very strongly on the on-site improvement work in production. The method is also timely and thematically limited and thus only allows a limited scope of improvements. Based on this method, it is made evident how the use of event-discrete material flow simulation can increase efficiency as well as raise potentials. Application examples from Robert Bosch GmbH are used to demonstrate effects. Subsequently, success criteria and risk factors from the adaptation of the improvement method with event-discrete material flow simulation are classified and evaluated.

## **1 Einleitung**

Mit der Entwicklung der industriellen Massenproduktion hat sich auch die Systematik der Produktionssteuerung und -verbesserung kontinuierlich entwickelt. Im Zuge zunehmender Digitalisierung ergeben sich neue Herausforderungen für die Produktion von heute. Die „Digitale Fabrik“ und „Digitale Zwillinge“ sind in aller Munde, weshalb sich die Frage stellt, wie dies die bestehenden Methoden der Verbesserungsarbeit beeinflusst und zur Weiterentwicklung beiträgt. Insbesondere

der Einsatz simulativer Methoden wie der ereignisdiskreten Materialflusssimulation nimmt in der Produktion und Logistik stark zu, ist aber aktuell noch wenig in den systematischen Ansätzen aus der kontinuierlichen Verbesserungsarbeit verankert (Lechler et al. 2020). Dieser Beitrag beleuchtet daher den Einsatz der ereignisdiskreten Materialflusssimulation in fokussierter, produktionsnaher Verbesserungsarbeit in der Produktion der Automobilzuliefererindustrie.

## 2 Stand der Technik

Die Grundlage der systematischen und kontinuierlichen Verbesserungsarbeit in der Produktion (auch engl. Continuous improvement (CIP)) stellt die aus dem Japanischen übernommene Idee des Kaizen dar. Hosono et al. (2020) definieren Kaizen als einen inklusiven Ansatz für die kontinuierliche Verbesserungsarbeit mit einem Set an Methoden, das auf einer japanischen Grundphilosophie aufbaut. Verschiedene Managementsystematiken in der Produktion beinhalten einen Kaizen-Ansatz oder bauen direkt auf der Grundsystematik auf. Hierzu zählen: Japanese Total Quality Control (JTQC), Total Quality Management (TQM), Business Process Reengineering (BPR), Lean Thinking und Six Sigma sowie das Toyota Production System (TPS) (Hosono et al. 2020; Hodge et al. 2011; Chiarini 2012). Letzteres ist nach der Entwicklung in Japan in abgeleiteter und angepasster Form in vielen Ländern im Einsatz (Hosono et al. 2020). So baut auch die in der Robert Bosch GmbH eingesetzte Systematik, das Bosch Production System (BPS), auf dem TPS auf und beinhaltet viele Aspekte aus dem Lean.

Die verschiedenen Ansätze unterscheiden sich durchaus in Bezug auf die Verbesserungsarbeit. Ein detaillierter Vergleich findet sich in (Chiarini 2012). Die grundlegenden Erfolgsfaktoren sind neben der starken Kundenorientierung bei der Verbesserungsarbeit die Eingebundenheit der Mitarbeiter sowie der Stil des Managements (Chiarini 2012). Kulturelle Faktoren, vor allem des Kulturraums an dem sich das Unternehmen orientiert, spielen eine große Rolle bei der erfolgreichen und langfristigen Auswirkung (Chiarini 2012). So ist Six Sigma ein Ansatz mit starker hierarchischer Ausrichtung und einem Fokus auf externe Motivation der Mitarbeiter im Kontrast zu den ursprünglichen Ansätzen aus dem asiatischen Kulturraum. Der Aspekt der konzentrierten, schnellen Verbesserungsarbeit („Speed“) ist ebenfalls stark mit den Ansätzen des Lean Managements sowie Six Sigma aufgekommen. Im kombinatorischen Ansatz Lean Six Sigma ist zusätzlich die Eingebundenheit der Mitarbeiter betont (Chiarini 2012; George 2002).

In allen Ansätzen der kontinuierlichen Verbesserungsarbeit haben sich verschiedene Vorgehensweisen entwickelt, wie die Verbesserungsarbeit kontrolliert methodisch ablaufen kann. In diesem Aspekt ähneln sich viele der systematischen Ansätze. Alle setzen auf Problemlösungsmethoden, sind dabei jedoch unterschiedlich stark formalistisch in den Vorgaben zu Einsatz und verwendeten Methoden.

Sowohl in stark vorstrukturierten als auch in eher freieren Ansätzen der kontinuierlichen Verbesserung findet sich ein wiederkehrendes Vorgehen. So gibt es immer zeitlich begrenzte Projekte oder Vorhaben, die meist eine Woche andauern und die Mitarbeiter einbinden. Diese sind je nach zugrundeliegender Systematik als Kaizen Event, Kaizen Week, Kaizen Blitz bekannt und unterscheiden sich leicht im Einsatz und in der Darstellung in der Literatur (Chiarini 2012; Alukal und Manos

2006; Manos 2007; Coffey and Thornley 2006). Aus diesen leitet sich auch die Speedweek ab, deren Umfang weiter unten detailliert beschrieben wird.

Neben der zeitlichen Eingrenzung auf zwei bis fünf Tage beinhalten Kaizen Events einen thematischen Fokus, an dem teambasiert gearbeitet wird. Die Teams sind in der Regel funktionsübergreifend und für die Dauer des Projektes nur diesem zugeordnet. Grob werden drei Schritte unterschieden: Planung des Events, Durchführung und Follow-ups (Gan et al. 2014). Diese Schritte können weiter ausdetailliert werden, Beispiele hierzu finden sich etwa in (Gan et al. 2014; King 2019).

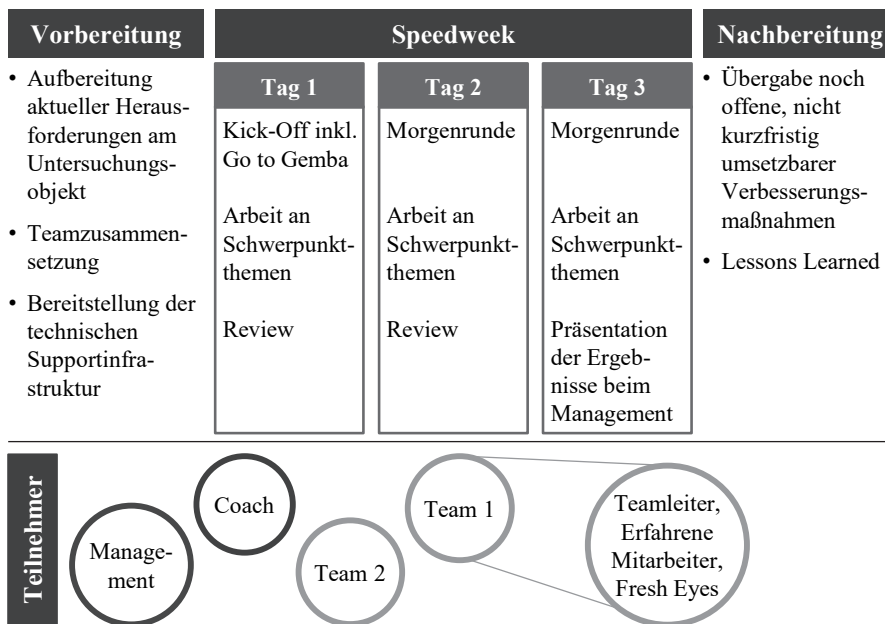
In der Literatur gibt es verschiedene Einsatzbeispiele. Neben der Anwendung in der Automobilindustrie zeigt der Einsatz von Lean im britischen Gesundheitssystem NHS (National health system), dass mit Einsatz eines Tools wie Kaizen Blitz Verbesserungen erzielt werden können (Radnor et al. 2012). Viele Studien beschäftigen sich mit den Erfolgsfaktoren. So ist das Bekenntnis (engl. commitment) des Managements ein elementarerer Faktor (García et al. 2014). Ebenso wird die Eingebundenheit der Mitarbeiter genannt, so sei es wichtig neben der methodischen Vorgehensweise auch einen Sinn zu vermitteln, um eine längerfristige Auswirkung zu erzielen. (Radnor et al. 2012) Die langfristige Wirksamkeit von Verbesserungsmaßnahmen ist allgemein als kritischer Faktor bekannt und wirkt sich bei zeitlich begrenzten Vorhaben besonders aus (Radnor et al. 2012; Hines et al. 2004).

Simulationen finden zunehmend in der kontinuierlichen Verbesserungssystematik ihren Einsatz, mit einem starken Anstieg seit 2005. Neben klassischen Nachstellungen über sogenannte Mock Ups können auch digitale Lösungen wie mathematische Modelle oder die ereignisdiskrete Materialflusssimulation zum Einsatz kommen. Einen Überblick bietet u.a. Goienetxea Uriarte et al. (2020). Die Schwerpunkte beim Einsatz sind vor allem Verbesserungsmethoden wie das Value Stream Mapping (VSM), aber auch die Kanbanmethodik oder die Taktzeitsimulation. Erste Veröffentlichungen zeigen, dass auch in einer begrenzten, kurzen Zeit mit ereignisdiskreter Simulation gearbeitet werden kann sowie deren positive Effekte (Baril et al. 2016; Robinson et al. 2012). So wird in Studien im Gesundheitssektor eine Steigerung der Performance von 15% mit Unterstützung der ereignisdiskreten Materialflusssimulation erzielt (Robinson et al. 2012). Auch in anderen Industrien gibt es entsprechende Studien, insbesondere dort, wo die Simulation stark verbreitet ist, wie im Gesundheitswesen oder in der Verpackungsindustrie. Stand der Technik ist der strukturierte Einsatz allerdings bisher keineswegs (Goienetxea Uriarte et al. 2020).

### **3 Beschreibung der Methodik „Speedweek“ als angepasste Systematik in der kontinuierlichen Verbesserung innerhalb des Bosch Production Systems (BPS)**

Die Methode „Speedweek“ ist eine konzentrierte Verbesserungsmethode, bei der ein Team aus erfahrenen Mitarbeitern ohne oder nur mit geringem Bezug zum Thema (Fresh Eyes) innerhalb einer Woche an einem Fokusthema arbeitet. Ähnliche Methoden sind in der Literatur bekannt als Speed Kaizen, Kaizen Blitz oder auch Kaizen Event (Chiarini 2012).

Elemente wie die direkte Beteiligung von Mitarbeitern aus verschiedenen Hierarchieebenen an den Verbesserungsmaßnahmen und die Arbeit vor Ort als Go to Gemba sind als weitere Kernpunkte der Speedweek enthalten. Go to Gemba oder auch Gemba Walk bezeichnet die Beobachtung von Arbeit, wie diese von den Mitarbeitern an ihrem Arbeitsort stattfindet und leitet sich ab aus dem japanischen Wort “gembutsu”, “echter Ort” ab (Dalton 2019). Eine Speedweek hat einen festen Ablauf und eine begrenzte Dauer von fünf Arbeitstagen. Innerhalb dieser Zeit arbeiten einzelne Teams an einem oder zwei Schwerpunktthemen. Die Zusammensetzung der Teams ist anhand von Rollen festgelegt. Neben einem Coach, der durch die Methodik führt, moderiert und sich um die Beseitigung organisatorischer Hindernisse kümmert, gibt es einen oder mehrere Teamleiter. Diese sind verantwortlich für den inhaltlichen Fortschritt der Arbeiten und leiten die Teams an. Innerhalb der Teams gibt es einen möglichst hierarchieübergreifenden Mix aus verschiedenen technischen Disziplinen. Ebenso muss ein Teil der Teilnehmer als sogenannte Fresh Eyes ohne oder nur mit geringen Fach- und Vorkenntnissen teilnehmen, um neue Perspektiven einzubringen. Außerdem empfiehlt es sich, eine entsprechende technische Supportstruktur zu schaffen, etwa um kurzfristig technische Daten einzusehen oder um Änderungen vornehmen zu können. Die Zusammensetzung der Teilnehmer sowie der grundlegende Ablauf einer Speedweek inklusive der Vor- und Nacharbeiten ist in Abbildung 1 dargestellt und wird im Folgenden kurz beschrieben.



**Abbildung 1:** Systematischer Ablauf und Teilnehmer einer Speedweek

Nach einer Einführung, etwa in die Problemstellung, die Fertigungslinie, aber auch das gefertigte Produkt oder die Methodik allgemein, beginnt zunächst eine Aufnahme. Anschließend gehen die Teams in die Analyse und/oder in die direkte Umsetzung von Maßnahmen. Dabei können auch Fehleranalysemethoden wie 8D oder DMAIC

(Akronym für Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Chiarini 2012)) eingesetzt werden. Der Fokus liegt jedoch auf Sofortmaßnahmen und schneller Umsetzung dieser. Es gibt tägliche Berichtsrunden, etwa am Ende oder Anfang eines jeden Tages, um den Arbeitsfortschritt zu verfolgen. Zum Ende der Woche werden die Resultate dem Management vorgestellt und nicht kurzfristig umsetzbare oder noch offene Aufgaben werden systematisch an die Auftraggeber übergeben.

Die wesentlichen Erfolgsfaktoren im Rahmen dieser Methode sind ein klarer Fokus auf umsetzbare, relevante Fragestellungen, die Arbeit unmittelbar an der Fertigungslinie und ein diverses Team mit einer strukturierten Teamleitung. Die Fragestellung muss in der Vorbereitung der Speedweek festgelegt werden, ebenso wie das Team-Staffing. Ohne die Möglichkeit, vor Ort in der Fertigungslinie aktiv zu werden, ist der Einsatz der Methode „Speedweek“ sehr genau zu prüfen. Ist das nicht gegeben, sollten andere Methoden in Betracht gezogen werden. Der Aspekt der langfristigen Wirksamkeit der Methode ist ebenfalls ein wichtiger Punkt. Durch nachträgliche und regelmäßige Erfolgskontrollen wird sichergestellt, dass alle Maßnahmen umgesetzt und deren Wirksamkeiten gemessen werden.

Die Speedweek kann gegenüber den in der Literatur beschriebenen Methoden Kaizen Event oder Kaizen Blitz wie folgt eingeordnet werden: Alle wesentlichen Elemente sind sich ähnlich oder gleich, so dass die Speedweek ebenfalls als Kaizen Event bezeichnet werden könnte. Kleinere Unterschiede liegen in der starken Betonung der Arbeit vor Ort sowie in der thematischen Fokussierung und Strukturierung der Woche sowie in der klar definierten funktions- und hierarchieübergreifenden Teamstruktur. In der Literatur finden sich ähnliche Ausprägungen, jedoch keine so umfassende und eindeutige Definierung des Vorgehens, der Teamrollen und des Ablaufs (Chiarini 2012; García et al. 2014; Gan et al. 2014; King 2019).

#### **4 Einsatz der ereignisdiskreten Materialflusssimulation als Erweiterung der Grundmethodik**

Die oben beschriebene Methode der Speedweek ist innerhalb der Robert Bosch GmbH um den Einsatz der ereignisdiskreten Materialflusssimulation erweitert worden. Eine ereignisdiskrete Materialflusssimulation wird im Produktionsumfeld normalerweise zur Lösung von bestimmten Fragestellungen eingesetzt, etwa zur Layoutplanung oder um die optimale Entkopplung eines Produktionssystems zu finden. Der Simulationseinsatz findet in der Regel mit direktem Projektbezug über einen längeren Zeitraum statt. In der kontinuierlichen Verbesserung kann das etwa ein System CIP Projekt sein (Chiarini 2012).

Beim Einsatz der Simulationssoftware für die ereignisdiskrete Materialflusssimulation im Kontext der kontinuierlichen Verbesserungsarbeit ergeben sich Herausforderungen.

So ist etwa einer der Schüsselfaktoren in der kontinuierlichen Verbesserungsarbeit die Einbindung der Mitarbeiter. Auf Simulationsmethoden kann das jedoch nur begrenzt übertragen werden. Meist werden Simulationsmodelle nur von Experten aufgebaut und bedient, da entsprechende Fachkompetenzen nötig sind. Ebenso benötigt die Software entsprechende Hardware, dies widerspricht sich scheinbar mit dem Fokus auf Verbesserungsarbeit vor Ort in der Produktion. Zu diesen Aspekten wird es in Abschnitt 5 eine Einordnung geben.

Grundsätzlich ist Verbesserungsarbeit aus eigener Kraft und nicht durch einen Invest in neue, bessere Maschinen zu leisten (Hosono et al. 2020). Ebenso liegt ein Fokus auf die Vermeidung oder Reduzierung von Verschwendung (engl. Waste). Eine Simulation verursacht jedoch in der Regel initial Mehrkosten, ebenso bietet eine digitale Arbeit meist nur indirekte Wertschöpfung. Diese vermeintlichen Widersprüche sind exemplarisch in der Literatur untersucht worden. So zeigt eine Gegenüberstellung von Innovationen und Verbesserungsarbeit nach der Philosophie des Kaizens, dass es einen gegenseitigen positiven Einfluss gibt. So kostet eine Simulation zwar Geld, reduziert nur indirekt Verschwendung, hebt aber gleichzeitig ein hohes Potential durch Effizienzsteigerung und wirkt so inkrementell (Hosono et al. 2020). Ein gewichtiges Argument ist auch, dass bei Einsatz einer ereignisdiskreten Materialflusssimulation die Verbesserungsansätze am digitalen Modell erprobt werden können und somit Stillstände in der Produktion vermieden oder zumindest deutlich verringert werden können.

Dass der Einsatz von ereignisdiskreter Simulation zur Steigerung der Effizienz von Verbesserungsmaßnahmen beiträgt, wird auch in der Literatur bestätigt (Robinson et al. 2012).

## 5 Entwicklung zur Speedweek 4.0

Für die Weiterentwicklung zur Speedweek 4.0 ist die Integration zweier etablierter Methodiken erforderlich. Dabei steht auf der einen Seite der klassische Ablauf der Speedweek, auf der anderen Seite die Durchführung von Simulationsstudien nach der VDI 3633 (Verein Deutscher Ingenieure 2014). Dies bedeutet Eingriffe sowohl in die Vor- und Nachbereitung als auch in die eigentliche Durchführung der Verbesserungsarbeit.

In einer Speedweek 4.0 sind vor allem Anpassungen in der Teamzusammensetzung vorzunehmen. So ist ein Teammitglied zu ergänzen, das die Simulationssoftware bedienen kann und über ausreichende Problemlösekompetenz innerhalb der Simulation verfügt. Der Ablauf einer Speedweek 4.0 bleibt grundsätzlich unverändert gegenüber einer Speedweek, ebenso der Aspekt der Arbeit vor Ort.

Die Vorgehensweise bei der Speedweek 4.0 kann mit Vorgehen für Simulationsstudien wie folgt abgeglichen werden: Simulationsstudien beginnen mit einer Zielbeschreibung gefolgt von der Aufgabendefinition. Dies deckt sich mit der Vorbereitungsphase einer klassischen Speedweek. Während die Aufgaben und Ziele für das gesamte Projektteam festgelegt werden, gilt es aus Sicht der Simulation relevante Problemstellungen zu extrahieren. Das übergeordnete Ziel einer Speedweek basiert auf der Verbesserungsarbeit an einem Produktionssystem und richtet sich damit an dessen Leistungskennzahlen. Dazu gehören beispielsweise die Gesamtanlageneffektivität oder der Kundentakt einer Serienproduktion. Verbesserungen einzelner Abläufe oder Komponenten der ausgewählten Produktion in der klassischen Speedweek sollen eine Optimierung dieser Kennzahlen bewirken. Dieser Wirkzusammenhang, stellt das grundlegende Anwendungsfeld der Simulation in einer Speedweek 4.0 dar. Die Materialflusssimulation ermöglicht die quantifizierte Evaluierung von Optimierungsmaßnahmen hinsichtlich dieser Kennzahlen. Zusammen mit dem geschätzten Aufwand lässt sich eine Priorisierung der Optimierungsmaßnahmen vornehmen, was die Verbesserungsarbeit beschleunigt und somit das Produktionssystem bei definiertem Aufwand schneller optimiert. Die

Simulation liefert die notwendige Entscheidungsgrundlage für das Projektteam und hilft bei der Sicherstellung, dass an den richtigen Themen gearbeitet wird. Um während der Durchführung möglichst schnell Aussagen zu treffen, ist es notwendig den Aufbau des Simulationsmodells in der Vorbereitungsphase abzuschließen. Die Phasen einer Simulationsstudie bis einschließlich zur Implementierung nach der VDI 3633 finden somit in der Vorbereitung der Speedweek 4.0 statt. Für eine reibungslose Integration der Simulationsergebnisse in die Verbesserungsarbeit im Projektteam ist in der Vorbereitung auf ein vorhandenes Grundverständnis der Beteiligten mit Blick auf die Materialflusssimulation zu achten. Dieses kann mit einem Einführungskurs aufgebaut werden.

Während der Durchführung der Speedweek 4.0 befindet sich die Simulationsstudie somit in der Phase der „Experimente und Analyse“. Der Simulationsexperte ist Teil des Projektteams und in ständigem Austausch mit dem Teamleiter sowie den anderen Teilnehmern. Zu Beginn der Speedweek 4.0 erfolgt das Go to Gemba. Hierbei entstehen Ideen, wo die Verbesserungsarbeit ansetzen kann. Diese Ideen können durch das Team priorisiert und in der Simulation getestet und bewertet werden. Die Ansätze mit der optimalen Auswirkung werden umgesetzt. Diese Zusammenarbeit zwischen Team und Simulationsexperte bedeutet kurze Zyklen zur Bewertung und Entscheidung über das weitere Vorgehen. Neben der Priorisierung von aussichtsreichen Optimierungsmaßnahmen trägt der Einsatz der Simulation auf diesem Weg zudem zur Vermeidung von Verschwendung durch nicht effektive Maßnahmen bei. Auf Basis der bewerteten Optimierung werden Ressourcen optimal eingesetzt und Zeit eingespart. Die Simulation erlaubt außerdem die Rechtfertigung von Aufwand oder Investitionen durch die quantitative Bewertung des Nutzens. Außerdem muss erwähnt werden, dass die dreidimensionale Visualisierung von dynamischen Abläufen, welche heutige Simulationsprogramme bieten, den Mitarbeitern den Zugang zur Simulation ermöglicht. Sie können die Vorgänge am Modell gut mit dem vergleichen, was an der realen Linie zu sehen ist und lernen die Einsatzmöglichkeiten (und Grenzen) kennen.

Nach Abschluss der Speedweek 4.0 folgt in der Nachbereitung die Übergabe noch offener Maßnahmen an die Verantwortlichen, ebenso wie die dokumentierten Ergebnisse aus der Simulation. Diese ergänzen den Maßnahmenplan um bewertete Potentiale und sorgen somit auch über die Speedweek 4.0 hinaus für den nachhaltigen Einsatz der Ressourcen. Die organisatorischen Randbedingungen sowie die diskutierten inhaltlichen Ergänzungen sind in Abbildung 2 zusammengefasst dargestellt.

Vorbereitung	Speedweek			Nachbereitung
	Tag 1	Tag 2	Tag 3	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufbereitung aktueller Herausforderungen am Untersuchungsobjekt</li> <li>• Teamzusammensetzung</li> <li>• Bereitstellung der technischen Supportinfrastruktur</li> <li>• <b>Aufbau des Simulationsmodells anhand definierter Aufgabenstellung</b></li> </ul>	Kick-Off inkl. Go to Gemba	Morgenrunde	Morgenrunde	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übergabe noch offene, nicht kurzfristig umsetzbarer Verbesserungsmaßnahmen</li> <li>• Lessons Learned</li> <li>• <b>Übergabe des Simulationsmodells an Fachbereich</b></li> </ul>
	Arbeit an Schwerpunktthemen	Arbeit an Schwerpunktthemen	Arbeit an Schwerpunktthemen	
	Modellvalidierung und -verifikation	Simulative Evaluierung von Verbesserungsmaßnahmen	Simulative Evaluierung von Verbesserungsmaßnahmen	
	Review	Review	Präsentation der Ergebnisse beim Management	

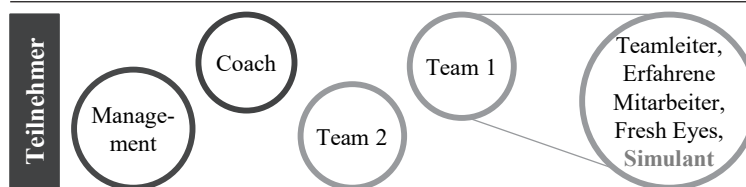


Abbildung 2: Anpassungen bei der Speedweek 4.0

## 6 Anwendung der Methodik in der Produktion: Anwendungsbeispiele aus dem Fertigungswerk Nürnberg der Robert Bosch GmbH

Im Folgenden wird die Durchführung einer Speedweek 4.0 anhand von vier Anwendungsbeispielen beschrieben. Alle Speedweeks 4.0 haben eine Performancesteigerung zum Ziel, zeichnen sich aber durch unterschiedliche Problemstellungen aus. Die Use Cases haben gemein, dass ein Simulationsmodell, welches den aktuellen Status der Produktionssysteme vereinfacht abbildet, in der Vorbereitungsphase aufgebaut wird. Das Modell stellt für einen geplanten Produktionszeitraum den Materialfluss des jeweiligen Produktionssystems auf Prozessebene dar. Als Parameter werden hierfür die gemittelten Taktzeiten und Verfügbarkeiten der Prozesse mit einbezogen. Damit ist die schnelle Bewertung von grundlegenden Optimierungsmaßnahmen sichergestellt.

### Use Case A: Hauptmontagelinie

Gegenstand dieses Use Case ist ein Produktionssystem bestehend aus einem Montage- und Prüfbereich. Zwei Teams arbeiten während der Speedweek unter dem Gesamtziel der Performancesteigerung an zuvor konkretisierten Fokusthemen. Dazu gehört zum einen die Steigerung der Gesamtanlagenperformance, insbesondere die Reduzierung



der Anlaufprobleme nach den Rüstvorgängen im Montagebereich. Zum anderen steht der Prüfbereich im Fokus. Dieser unterteilt sich in mehrere parallel arbeitende Prüfstände, die durch unterschiedliche Performance aufgefallen sind. Es werden Ursachen analysiert und mittels Maßnahmen Ausschuss und Störungen reduziert. Der Prüfbereich stellt ein komplexes System dar, welches einen hohen Analyseaufwand zur Ableitung von Optimierungsmaßnahmen benötigt. Die Simulation unterstützt diese Analyse mit dem Aufzeigen wesentlicher Ursache-Wirk-Zusammenhänge. Auf Basis des Simulationsmodells wird der Einfluss unterschiedlicher Performance-Niveaus analysiert sowie die Auswirkungen beim Abschalten einzelner Prüfstände bewertet. Während einzelne Prüfstände bisher unter Einbezug der aktuellen Ausschussrate abgeschaltet wurden, können jetzt auch die Auswirkungen auf die Produktionskennzahlen in die Entscheidung mit integriert werden. Dies ermöglicht die Erstellung eines zielgerichteten Reaktionsplans und damit die Optimierung der operativen Produktionssteuerung, was sich über die Speedweek 4.0 hinaus positiv auf die Performance auswirkt.

#### **Use Case B: Vormontage**

In Use Case B wird eine Speedweek 4.0 an einer hochautomatisierten Vormontagelinie mit sieben über Fördersysteme verbundenen Stationen durchgeführt. Da der Linientakt gegenüber der zugehörigen Hauptmontagelinie abweicht, fokussieren sich die Teams auf eine Taktzeitoptimierung sowie auf eine Reduzierung von technischen Störungen, um den Linientakt der Vormontage anzugleichen. Das Simulationsmodell ist im Voraus aufgebaut worden und spiegelt auf Basis von aufbereiteten Parametern den aktuellen Status der Linie. Ideen aus den beiden Teams zur Optimierung einzelner Prozesse werden innerhalb der ersten beiden Tage der Speedweek 4.0 am Modell getestet. Diese umfassen neben Reduktionen der Taktzeiten auch verbesserte Verfügbarkeiten. Die Simulation wird zur Bewertung und zum Nachweis der Nachhaltigkeit der Optimierungen genutzt. Im Fokus dieser Speedweek 4.0 stehen zudem Mitarbeiteraufgaben, die Störungsbehebung, Materialversorgung und Teileverpackung umfassen. Eine vereinfachte Umsetzung der Aufgabensteuerung in der Simulation zeigt einen hohen Einfluss der Mitarbeiterauslastung auf die Gesamtanlageneffektivität. Auf Basis dieser Erkenntnis werden Optimierungsmaßnahmen abgeleitet. Im konkreten Fall kann eine wesentliche Entlastung des Mitarbeiters durch ein zusätzliches Puffersystem beim Verpacken erzeugt werden. Die wirkt sich gleichzeitig reduzierend auf den Linientakt aus. Auf Basis der quantitativen Bewertung des Potentials von 4 - 6 % wird diese Investition vom Management bewertet und unterstützt und führt zu einer nachhaltig verbesserten Performance. Das Beispiel zeigt den sinnvollen Einsatz von Investitionen und wirkt sich nachhaltig aus. Das Simulationsmodell wird auch nach der Speedweek 4.0 für die Bewertung weiterer Ideen genutzt.

#### **Use Case C: Hauptmontagelinie**

Dieser Use Case fokussiert auf eine Performancesteigerung beim Rüsten. Gegenstand der Verbesserungsarbeit ist ein hochautomatisiertes Produktionssystem mit starr verketteten Prozessen. Die beiden Teams arbeiten an der Reduzierung der Rüstlücke, sowie an der Beseitigung der Anlaufstörungen nach dem Rüsten. Der Großteil der Rüstvorgänge wird manuell von drei Mitarbeitern durchgeführt. Im Simulationsmodell werden die Aufgaben systematisch zugeteilt. Potentiale zur Reduzierung einzelner Aufgaben aus einer Neubewertung durch die Arbeitsplanung

und Zeitwirtschaft werden direkt in der Simulation implementiert und hinsichtlich der Rüstlücke bewertet. Fortlaufend wird die Aufgabenverteilung überprüft und neue Szenarien getestet. Die Simulationsergebnisse werden kurzzyklisch in die Verbesserungsarbeit des Rüstablaufs einbezogen. Die 3D-Visualisierung ermöglicht es zudem, den abschließend optimierten Rüstablauf grafisch verständlich darzustellen. Hierdurch können die betroffenen Mitarbeiter anhand der Simulation in den neuen Ablauf eingeführt werden und diesen nachvollziehen. Außerdem werden kurze Videosequenzen erstellt, die auch nach der Speedweek 4.0 zur Weiternutzung zur Verfügung stehen. Das Simulationsmodell der Linie steht außerdem zur Weiternutzung zur Verfügung. Insgesamt konnte durch die Verbesserungsmaßnahme in Kombination mit der Simulation die Rüstlücke um etwa 30 - 40 % reduziert werden.

#### **Use Case D: Zentrenfertigung Zerspanung**

Im Use Case D wird eine Speedweek 4.0 in einer Zentrenfertigung mit Zerspanungsmaschinen durchgeführt. Im Fokus stehen die Reduzierung der Ausschussrate sowie ein Angleichen des Nutzungsgrads einzelner Maschinen auf den aktuellen Benchmark mit dem Ziel einer Performancesteigerung der Produktion. Die Simulation wird zur Bewertung der Ausschussrate und der Störungen hinsichtlich der relevanten Produktionskennzahlen, vor allem dem Nutzungsgrad eingesetzt. Mit der Simulation wird der Einfluss der Mitarbeiterauslastung auf den Nutzungsgrad analysiert. Zusammen mit dem Team werden Optimierungsmaßnahmen diskutiert und abschließend bewertet. Es konnte ein negativer Einfluss durch weite Laufwege bei den Mitarbeitern aufgedeckt werden, der wesentlich den Nutzungsgrade beeinträchtigt. Entsprechende Optimierungen durch neue Positionen verschiedener Elemente und Arbeitsplätze konnten mithilfe der Simulation evaluiert und durch das Team umgesetzt werden. Daneben machen sich die Anpassungen auch direkt beim Mitarbeiter bemerkbar, da die Laufwege pro Mitarbeiter und Schicht um etwa 2 bis 4 km reduziert werden konnten.

#### **Evaluierung der Use Cases**

Die beschriebenen Use Cases werden anhand von vier Kriterien eingeordnet und evaluiert. Diese Kriterien orientieren sich an den in der Literatur genannten Erfolgsfaktoren (Chiarini 2012). Mit Inklusion wird die Einbindung von Mitarbeitern beschrieben. Diese sollte funktions- und hierarchieübergreifend sein, mit einem möglichst klaren Bekenntnis des Managements. Qualifizierung beschreibt den Umstand, dass bei einem Verbesserungsvorhaben nicht nur das Produktionssystem im Vordergrund steht, sondern dass auch die Mitarbeiter mit neuen Tools und Kenntnissen in Berührung kommen und sich so direkt oder indirekt weiterentwickeln können (Hosono et al. 2020). Dieser Aspekt wird gesondert aufgeführt, da er im Kontext des aktuellen Wandels in der Automobilindustrie als elementar angesehen wird. Potentiale bezieht sich auf die Wirksamkeit der Verbesserungsmaßnahmen auf das Produktionssystem und dessen Peripherie, während Nachhaltigkeit diese Wirksamkeit in einer mittelfristigen Zeitspanne nach der Speedweek 4.0 beschreibt. Die Einordnung ist in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1:** Bewertung der Anwendungsbeispiele

Use Case	Inklusion	Qualifizierung	Potentiale	Nachhaltigkeit
A	<b>Begrenzt</b> (Fokus eng, nur Kontakt mit wenigen Mitarbeitern)	<b>Niedrig</b>	<b>Hoch</b> (Ausbringungssteigerung und Lösung komplexer technischer Probleme)	<b>Hoch</b> (Reaktionsplan und weitere Maßnahmen)
B	<b>Hoch</b> (Beide Teams und direkte Kommunikation von Ideen von allen Teilnehmern)	<b>Mittel</b> (Erster Kontakt mit Software und deren Möglichkeiten)	<b>Hoch</b> (Ausbringungssteigerung)	<b>Hoch</b> (weitere Nutzung des Simulationsmodells, weitere Folgemaßnahmen identifiziert)
C	<b>Hoch</b> (direkte Auswirkung, Test und Einbringung von Ideen im Team)	<b>Hoch</b> (Ablaufsimulation unterstützt Schulungsmaßnahmen)	<b>Hoch</b> (Ausbringungssteigerung)	<b>Hoch</b> (weitere Nutzung des Simulationsmodells)
D	<b>Hoch</b> (direkte Auswirkung, Tests und Einbringung von Ideen im Team)	<b>Mittel</b> (Erster Kontakt mit Software und deren Möglichkeiten)	<b>Hoch</b> (Ausbringungssteigerung sowie reduzierte Laufwege für Mitarbeiter)	<b>Hoch</b> (weitere Verfolgung von Maßnahmen)

Zusammenfassend kann herausgestellt werden, dass der Fokus einer Speedweek 4.0 sich auch auf den Erfolg für den Simulationseinsatz auswirkt. Handelt es sich um eine eng gefasste, technisch komplexe Fragestellung, so erreicht dies nur einen Teil des Teams mit entsprechenden (Fach-)Kenntnissen. Die Reichweite der Simulation ist dann ebenfalls begrenzt, was die Zielerreichung einer Speedweek 4.0 nicht grundsätzlich verhindert. Ist es jedoch aufgrund der Fragestellung möglich, die Simulation in einem oder beiden Teams vorzustellen und mit den Ideen aller Teilnehmer zu befüllen, steigt die Effizienz deutlich. Neben den Auswirkungen auf die Ausbringungssteigerung entwickeln sich „Added Value Benefits“, wie die Beispiele zeigen. So entstehen zusätzliche Qualifizierungsmaßnahmen für die Mitarbeiter oder es entwickeln sich zusätzliche Potentiale wie die Reduktion der gelaufenen Kilometer pro Mitarbeiter und pro Schicht im Beispiel D. Diese Verbesserung könnte ohne Simulation nur sehr aufwendig bewertet und erprobt werden, jedoch nicht innerhalb von einem Zeitrahmen von 5 Tagen. Allein der erste Kontakt mit der Software stellt ebenfalls einen Erfolgsfaktor dar, da diese Software und ihre Möglichkeiten in der täglichen Arbeit für die Mitarbeiter direkt erfahrbar

gemacht werden und nicht nur anhand von (Management-)Präsentationen. Auch hier ist ein Kontakt zu möglichst allen Teammitgliedern unabhängig von der Hierarchie ideal und die Akzeptanz vor allem dann hoch, wenn ein direkter visueller Vergleich zwischen realer Produktion und 3D-Modell möglich ist.

Ebenfalls positiv beeinflusst wird die Nachhaltigkeit. Dieser Aspekt wird sehr oft kritisch bewertet. In der Regel findet eine Weiternutzung der Simulationsmodelle statt, dies bedingt auch gleichzeitig eine deutlich vereinfachte Nachverfolgung von Maßnahmen und erleichtert eine Erfolgskontrolle. Die Modelle werden für andere Fragestellungen weitergenutzt, so dass sich auch Folge-Speedweeks 4.0 mit verändertem Fokus anschließen können.

Ein Transfer der Erkenntnisse ist möglich, da die wesentlichen Punkte gut umsetzbar sind. Die Kernaspekte der Speedweek 4.0 sind ein klarer Fokus mit umsetzbaren, relevanten Fragestellungen, die Arbeit unmittelbar an der Fertigungslinie und vor Ort mittels Go to Gemba und ein diverses Team mit einer strukturierten Teamleitung sowie eine klare und enge Strukturierung des Vorgehens, der Teamrollen und des Ablaufs. Eine Teamrolle ist mit einem Simulationsexperten besetzt, dieser sollte bereits bei der Vorbereitung mit eingebunden werden. Die Fragestellung ist idealerweise so zu wählen, dass eine Simulation von allen Teammitgliedern aktiv mit Ideen befüllt werden kann.

Während der Fokus in den beschriebenen Anwendungsbeispielen im Rest dieses Beitrags vor allem auf der ereignisdiskreten Materialflusssimulation liegt, schließt es sich nicht aus, dass auch weitere Simulationstools je nach Fragestellung zum Einsatz kommen können. Liegt etwa ein digitales Verhaltensmodell einer Maschine vor, so kann dies auch für steuerungstechnische Fragestellungen eingesetzt werden. Allerdings ist vermutlich hier die Reichweite durch den Teilnehmerkreis entsprechend begrenzt. Auch sind Simulationsmodelle etwa von Montageanlagen aufwändig zu erstellen, so dass auch der Zeitfaktor limitierend sein könnte. In ersten Tests konnte jedoch kein Ausschluss für den Einsatz von digitalen Maschinenmodellen in Speedweeks 4.0 gefunden werden.

## **7 Fazit und Ausblick**

Die digitale Transformation bringt neue Werkzeuge und Herausforderungen für die Produktion mit sich. Eines der Werkzeuge, die ereignisdiskrete Materialflusssimulation, ist bereits begleitend zu längerfristigen Projekten im Einsatz und gut untersucht.

Gleichzeitig entwickeln sich die systematischen Grundmethoden der kontinuierlichen Verbesserungsarbeit weiter. In der Literatur vermehrt zu findend ist eine Methode, die als Kaizen Blitz, Kaizen Event oder in diesem Beitrag als Speedweek bezeichnet wird. Die Grundkriterien einer Speedweek sind dabei neben einem definierten Fokus der Einsatz am realen Arbeitsort mittels Go to Gemba und organisatorische Rahmenbedingungen wie ein diverses Team mit klaren Rollen.

Ein Einsatz von simulativen Methoden in einer Speedweek 4.0 bringt verschiedene Herausforderungen mit sich, etwa die Sicherstellung der Eingebundenheit möglichst vieler Mitarbeiter auf verschiedenen Ebenen und Funktionen mit einem Tool, dass per se eine hohe Expertise zur Bedienung benötigt. Diese Herausforderungen sind gleichzeitig auch die größten Erfolgspotentiale, wie anhand von Anwendungs-

beispielen gezeigt werden kann. So wird über ein Heranführen der interdisziplinären Speedweekteams an ein Simulationsmodell eine hohe Dichte an Verbesserungsideen eingeholt, während die Mitarbeiter gleichzeitig in Kontakt mit der Software kommen und sich so (in kleinen Schritten) weiterentwickeln können. In den vorgestellten Anwendungsbeispielen aus der Produktion der Robert Bosch GmbH ist dies mehrfach positiv bestätigt worden, indem neben einer Performancesteigerung weitere Potentiale gehoben wurden. Grundlegende Voraussetzungen sind die Notwendigkeit einer Passung der Fragestellung zur Simulation, aber auch zur Teamstruktur der Speedweek 4.0. Eine hohe Reichweite kann erzielt werden, indem möglichst viele Teammitglieder eingebunden werden können. Dies wirkt sich auf die Effizienz bei der Erzielung einer Performancesteigerung aus, steigert aber auch die zusätzlichen Potentiale. Die Nachhaltigkeit einer Speedweek kann durch Simulationseinsatz verbessert werden, da die Weiterarbeit mit den erstellten Simulationsmodellen auch die Nachverfolgung von offenen Punkten und Potentialen insgesamt erleichtert.

Dabei ist ein Transfer in andere Unternehmen und Industrien theoretisch gesehen einfach umsetzbar. In der Praxis sind jedoch einige grundlegende Punkte zu beachten. Neben der Fähigkeit in der Bedienung der Simulationssoftware sollte die kontinuierliche Verbesserungsarbeit nach Lean oder anderen Ansätzen bekannt und im Einsatz sein. Außerdem wird eine Organisationsstruktur benötigt, die Speedweeks vorbereiten, durchführen und abschließen kann. Dies könnte ebenso wie die Simulation jedoch auch als Dienstleistung erfolgen, wenn ein Unternehmen diese Strukturen nicht selbst leisten kann.

## Literaturverzeichnis

- Alukal, G.; Manos, A.: *Lean Kaizen: a simplified approach to process improvements*. Milwaukee: ASQ Quality Press 2006.
- Baril, C.; Gascon, V.; Miller, J.; Côté, N.: Use of a discrete-event simulation in a Kaizen event: A case study in healthcare. *European Journal of Operational Research* 249 (2016) 1, S. 327-339.
- Chiarini, A.: *From Total Quality Control to Lean Six Sigma: Evolution of the Most Important Management Systems for the Excellence*. Milan: Springer 2012.
- Coffey, D.; Thornley, C.: Automation, motivation and lean production reconsidered. *Assembly Automation*, 26 (2006) 2, S. 98–103.
- Dalton J.: *Gemba Walks*. In: *Great Big Agile*. Berkeley, CA: Apress 2019, S. 173-174.
- Gan, C. W.; Toh, M.H.; Lim, R.Y.; Ma, B.; Tan, P.S.; Bhullar, A.S.: Development of QuicKaizen™ technique for productivity execution management for Singapore SMEs. In: *2014 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2014, S. 448-452.
- García, J. L.; Maldonado, A.A.; Alvarado, A.; Rivera, D.G.: Human critical success factors for kaizen and its impacts in industrial performance. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 70 (2014) 9-12, S. 2187-2198.
- George, M.: *Lean six sigma: Combining six sigma quality with lean production speed*. New York: McGraw-Hill 2002.

- Goienetxea Uriarte, A.; Ng, A.H.; Urenda Moris, M.: Bringing together Lean and simulation: a comprehensive review. *International Journal of Production Research*, 58 (2020) 1, S. 87-117.
- Hines, P.; Holweg, M.; Rich, N.: Learning to evolve: a review of contemporary lean thinking. *International journal of Operations & Production Management* 24 (2004) 10, S. 994-1011.
- Hodge, G.L.; Goforth Ross, K.; Joines, J.A.; Thoney, K.: Adapting lean manufacturing principles to the textile industry. *Production Planning & Control*, 22 (2011) 3, S. 237-247.
- Hosono, A.; Page, J.; Shimada, G.: *Workers, managers, productivity: Kaizen in developing countries*. Singapore: Springer Nature 2020.
- King, P.L.: *Lean for the process industries: dealing with complexity*. New York: Productivity Press 2019.
- Lechler, T.; Zerreis, M.; Sitz, S.; Reinhard, M.; Franke, J.: (2020). Simulation hochautomatisierter Serienproduktion. *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 115 (2020) 3, S. 123-126.
- Manos, A.: The benefits of Kaizen and Kaizen events. *Quality progress* 40 (2007) 2, S. 47.
- Radnor, Z. J.; Holweg, M.; Waring, J.: Lean in healthcare: the unfilled promise?. *Social science & medicine*, 74 (2012) 3, S. 364-371.
- Robinson, S.; Radnor, Z.J.; Burgess, N.; Worthington, C; SimLean: Utilising simulation in the implementation of lean in healthcare. *European Journal of Operational Research*, 219 (2012) 1, S. 188-197.
- Verein Deutscher Ingenieure: VDI 3633, Blatt 1: *Simulation von Logistik-, Materialfluss und Produktionssystemen – Grundlagen*. Düsseldorf: Beuth 2014.