



K4D WHITEPAPER | DIGITALISIERUNG & INDUSTRIE 4.0

MES-Mehrwert sichtbar machen

Produktionssimulation trifft intelligente Disposition – wie eine virtuelle Referenzfabrik zeigt, welchen Beitrag MES, Simulation und digitaler Zwilling zur Produktionssteuerung leisten können

Die Leitidee

Am Beispiel der K4D SmartLine, einer kompakten virtuellen Referenzfabrik, zeigen wir, wie sich eine Produktionsentscheidung zuerst gefahrlos simulieren, anschließend anhand von Kennzahlen bewerten und schließlich in konkrete MES-Anforderungen übersetzen lässt – als Grundlage für den Weg zum digitalen Zwilling.

Das Wichtigste in Kürze

Wie lässt sich der Mehrwert eines MES (Manufacturing Execution System) zeigen, bevor es in der realen Produktion eingeführt ist? K4D nutzt dafür die K4D SmartLine: eine virtuelle Referenzfabrik mit drei unterschiedlich schnellen CNC-Maschinen. Im ersten Test werden die Teile bewusst einfach reihum verteilt. Das Ergebnis: Gleiche Stückzahlen bedeuten nicht automatisch gleiche Arbeitslast – die langsamere Maschine wird deutlich stärker belastet als die beiden schnelleren.

Im zweiten Test kommt eine kapazitätsorientierte Disposition zum Einsatz. Sie prüft den Maschinenstatus und die bereits anstehende Arbeit und weist das nächste Teil der verfügbaren Maschine mit der geringsten erwarteten Arbeitslast zu. Im Referenzmodell verteilt sich die Last dadurch deutlich gleichmäßiger: Die Auslastung von CNC1 sinkt von 88 % auf 68 %, die von CNC2 steigt von 60 % auf 62 % und die von CNC3 von 48 % auf 60 %.

Diese Entscheidungslogik ist kein vollständiges MES. Sie bildet eine einzelne MES-nahe Funktion ab: die Auswahl einer geeigneten Maschine anhand von Status und erwarteter Arbeitslast. Der Showcase zeigt, wie sich Produktionsregeln virtuell prüfen, Kennzahlen vergleichbar machen und Anforderungen an MES, Analytics und digitalen Zwilling strukturiert ableiten lassen – Digitalisierung mit klarem Nutzen, nicht als Selbstzweck.

Element	Ausprägung
Referenzlinie	K4D SmartLine
Simulationskern	Siemens Plant Simulation
Maschinen	3 parallele CNC-Stationen
Bearbeitungszeiten	CNC1: 10 min CNC2: 5 min CNC3: 5 min
Zielgruppe	Geschäftsführung, Produktionsleitung, Operational Excellence, Digitalisierungsverantwortliche
Datenbasis	Simulierte Daten aus dem K4D-Referenzmodell – kein Kunden-Benchmark

Wichtig für die Einordnung

Alle Zahlen in diesem Whitepaper sind Ergebnisse eines K4D-Referenzmodells mit simulierten Daten. Sie sind kein Benchmark für reale Kundenanlagen und lassen sich nicht ohne Weiteres auf eine konkrete Produktion übertragen. Ein belastbarer Leistungsnachweis – etwa zum Durchsatz – erfordert den Vergleich beider Szenarien unter identischen Bedingungen, mit gleicher Simulationsdauer und gleicher Auftragszufuhr.

Inhalt

1. Warum das Thema relevant ist	4
2. Kurz erklärt: Was ist ein MES?	4
3. Warum eine Produktionssimulation?	5
4. Die virtuelle Produktion: K4D SmartLine	5
5. Erster Test: Teile reihum verteilen	6
6. Das Problem: Gleiche Stückzahl ist nicht gleiche Arbeit	7
7. Zweiter Test: kapazitätsorientierte Disposition	8
8. Ergebnis: deutlich ausgeglichene Last	8
9. Was davon ist MES – und was Simulation?	11
10. Vom virtuellen Produktionsmodell zum digitalen Zwilling	12
11. Was bedeutet das für Ihre Produktion?	13
12. Grenzen des Referenzmodells	14
13. Nächste Schritte und Ausbaustufen	14
Anhang: Begriffe kurz erklärt	16

1. Warum das Thema relevant ist

In kaum einer Produktion arbeiten parallele Maschinen gleich schnell. Unterschiedliche Bearbeitungszeiten, Störungen und volle Puffer sorgen dafür, dass eine einfache Auftragsverteilung schnell an ihre Grenzen stößt. Die mögliche Folge: Eine Maschine wird zum Engpass, Teile warten, Durchlaufzeiten steigen – obwohl auf dem Papier alle Maschinen gleich viele Aufträge bekommen.

Welche Maschine bekommt das nächste Teil? Solche Entscheidungen fallen in der Produktion täglich – oft nach festen Gewohnheiten, einfachen Regeln oder Erfahrung. Ob eine andere Regel besser wäre, lässt sich im laufenden Betrieb nur schwer prüfen: Jede Änderung kostet Zeit, birgt Risiken und kann Lieferfähigkeit und Ausbringung beeinflussen.

Gleichzeitig beschäftigen sich viele Industrieunternehmen mit der Frage, ob und wie ein MES ihre Produktion transparenter und besser steuerbar machen kann. Vor der Einführung bleibt der Nutzen jedoch oft abstrakt: Was bedeutet „datenbasierte Produktionssteuerung“ konkret für Auslastung, Engpässe und Entscheidungen auf dem Shopfloor?

Hier setzt dieses Whitepaper an. Es vertieft den K4D-Fachbeitrag „MES-Mehrwert sichtbar machen: Produktionssimulation trifft intelligente Disposition“ und zeigt an einem bewusst einfachen Beispiel, wie Produktionssimulation, MES-Logik, Analytics und digitaler Zwilling zusammenhängen. Der Ansatz folgt dem K4D-Leitgedanken für Digitalisierung & Industrie 4.0: Digitalisierung mit klarem Nutzen – nicht als Selbstzweck.

2. Kurz erklärt: Was ist ein MES?

MES steht für „Manufacturing Execution System“. Vereinfacht gesagt ist ein MES die Software für die laufende Produktion. Es erfasst Produktionsaufträge, Arbeitsgänge, Maschinenzustände, Mengen, Störungen und Qualitätsdaten an einem Ort und macht sie für die Steuerung der Produktion nutzbar – zum Beispiel für die Frage, welcher Auftrag als Nächstes auf welcher Maschine bearbeitet wird.

Ein MES schließt damit die Lücke zwischen der Unternehmensplanung im ERP-System und dem tatsächlichen Geschehen in der Fertigung. Kennzahlen wie Auslastung, Durchsatz oder OEE werden auf Basis realer Produktionsdaten sichtbar.

Ein MES muss nicht mit einer Simulation eingeführt werden. In einem realen Projekt wird zuerst die bestehende Produktion analysiert: Welche Produkte werden hergestellt? Welche Arbeitsgänge gibt es? Welche Maschinen und Ressourcen stehen zur Verfügung? Welche Regeln und Kennzahlen sind wichtig? Diese Informationen werden anschließend im MES abgebildet.

Merksatz: Das ERP-System beantwortet vereinfacht die Frage „Was soll produziert werden?“. Das MES beantwortet „Was passiert aktuell in der realen Produktion?“. Die Simulation beantwortet „Was passiert, wenn wir etwas verändern?“.

3. Warum eine Produktionssimulation?

Eine Produktionssimulation ist ein virtuelles Testfeld. Sie bildet Maschinen, Puffer, Materialfluss und Steuerungsregeln am Rechner nach und spielt den Produktionsablauf im Zeitraffer durch. So lässt sich prüfen, wie sich eine geänderte Regel auswirkt – ohne in die laufende Produktion einzugreifen.

Für den Showcase nutzt K4D Siemens Plant Simulation, eine Software zur Simulation von Produktions- und Logistiksystemen. Der Vorteil: Zwei Regeln lassen sich unter kontrollierten Bedingungen miteinander vergleichen. Im realen Betrieb wäre das deutlich aufwendiger, weil sich Auftragslage, Störungen und Personalverfügbarkeit ständig ändern.

Die Simulation ersetzt dabei weder die Analyse der realen Produktion noch ein MES. Sie hilft, Fragen zu beantworten, bevor Entscheidungen in der realen Fertigung umgesetzt werden. Für diesen Showcase lautet die zentrale Frage:

Leitfrage des Showcases

Wie verändert sich die Lastverteilung in der Produktion, wenn Teile nicht mehr nur nach fester Reihenfolge, sondern unter Berücksichtigung von Maschinenstatus und erwarteter Arbeitslast verteilt werden?

4. Die virtuelle Produktion: K4D SmartLine

Für den Showcase hat K4D eine kleine, bewusst leicht verständliche Produktionslinie modelliert: die K4D SmartLine. Teile kommen aus einer Quelle, werden in Puffern zwischengespeichert und anschließend von einer von drei parallelen CNC-Bearbeitungsmaschinen übernommen. Danach durchlaufen sie eine nachgelagerte Station und die Endmontage, bevor sie die Linie über den Ausgang verlassen (in der Simulation „Senke“ genannt).

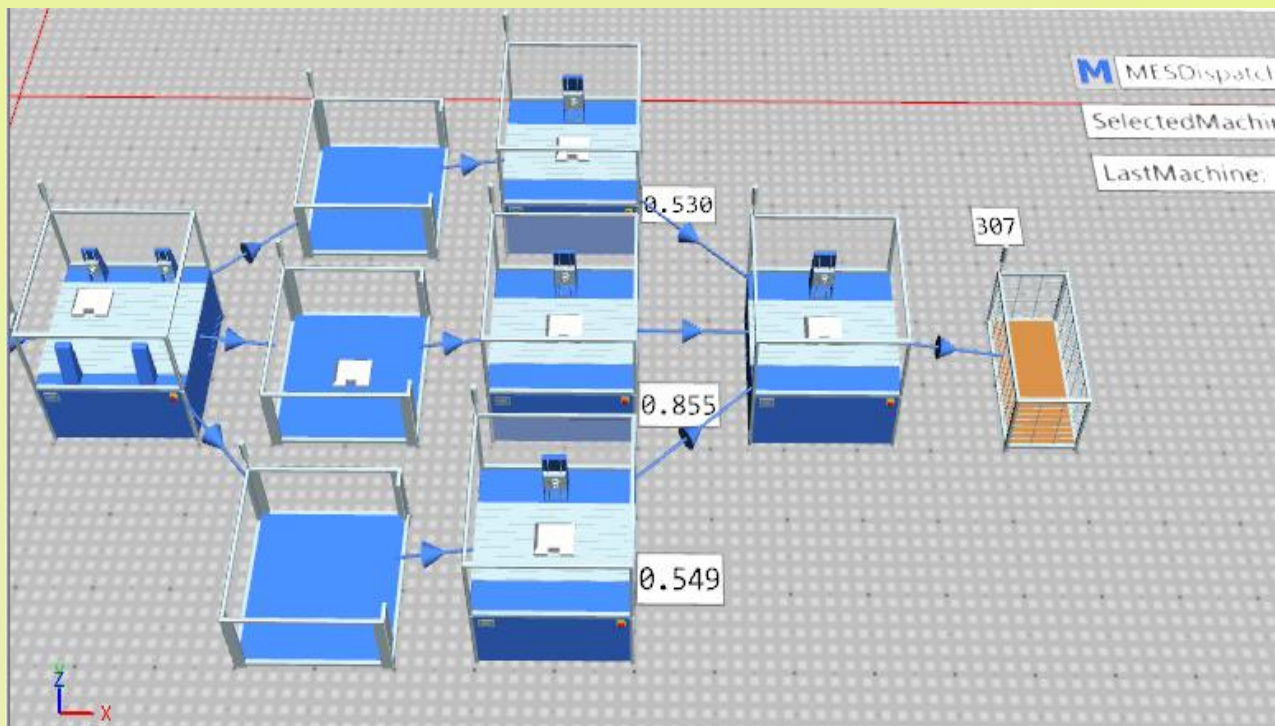


Abbildung 1: K4D SmartLine in Siemens Plant Simulation – virtuelle Referenzfabrik mit Puffern und drei parallelen CNC-Stationen.

Ressource	Zyklus-/Bearbeitungszeit	Technische Verfügbarkeit	MTTR
CNC1	10 min	98 %	1 min
CNC2	5 min	95 %	1 min
CNC3	5 min	99 %	1 min

CNC1 benötigt 10 Minuten pro Teil, CNC2 und CNC3 jeweils 5 Minuten. CNC1 ist also nur halb so schnell wie die beiden anderen Maschinen. Im Showcase entspricht die Bearbeitungszeit der Zykluszeit – also der Zeit, nach der eine Maschine das nächste Teil aufnehmen kann. Das ist bewusst einfach gehalten. In einer realen Produktion kommen häufig Lade-, Entlade-, Handling- oder Rüstzeiten hinzu, sodass Zyklus- und Bearbeitungszeit voneinander abweichen.

Wie in der Realität treten an den Maschinen zufällige Störungen auf. Die technische Verfügbarkeit gibt an, welchen Anteil der Zeit eine Maschine nicht durch Störungen ausfällt. Die MTTR (Mean Time to Repair) beschreibt die mittlere Dauer, bis eine Störung behoben ist. Beide Werte sind Parameter des Referenzmodells und keine Messwerte realer Anlagen.

5. Erster Test: Teile reihum verteilen

Als Vergleichsbasis (Baseline) verwenden wir eine sehr einfache Regel: „Reihum“, in der Fachsprache Round Robin genannt. Round Robin bedeutet hier schlicht: Das nächste Teil geht nacheinander an CNC1,

CNC2, CNC3 und dann wieder von vorne. Jede Maschine erhält also ungefähr gleich viele Teile – unabhängig davon, wie schnell sie diese bearbeiten kann.

Reihum / Round Robin

Teil 1 → CNC1, Teil 2 → CNC2, Teil 3 → CNC3, dann wieder von vorn. Die Verteilung ist gleichmäßig nach Stückzahl, berücksichtigt aber nicht die unterschiedliche Geschwindigkeit der Maschinen.

Ein Bild aus dem Alltag: An drei Supermarktkassen werden die Kunden strikt abwechselnd verteilt. Das ist gleichmäßig – aber nicht effizient, wenn eine Kasse doppelt so lange pro Kunde braucht wie die beiden anderen. Vor der langsamen Kasse bildet sich eine Schlange, während die schnelleren Kassen immer wieder leer stehen.

Kennzahl (Reihum-Baseline)	Ergebnis im Referenzmodell
Durchsatz (fertige Teile am Linienausgang)	82 Teile
Auslastung CNC1	88 %
Auslastung CNC2	60 %
Auslastung CNC3	48 %

Unter der Reihum-Regel verlassen im betrachteten Simulationslauf 82 fertige Teile die Linie. CNC1 ist zu 88 % ausgelastet, CNC2 zu 60 % und CNC3 nur zu 48 %. Dass CNC2 und CNC3 trotz gleicher Geschwindigkeit unterschiedlich ausgelastet sind, liegt an den zufälligen Störungen im Modell.

6. Das Problem: Gleiche Stückzahl ist nicht gleiche Arbeit

Die Ursache liegt in der Verteillogik: CNC1 benötigt für jedes Teil doppelt so lange wie CNC2 und CNC3, bekommt aber ungefähr genauso viele Teile. Die gleiche Anzahl an Aufträgen bedeutet deshalb nicht die gleiche Arbeitslast.

Die Folge: CNC1 entwickelt sich zum Engpass, also zu der Station, die das Tempo der Linie begrenzt. Gleichzeitig lassen die beiden schnelleren Maschinen mit 60 % bzw. 48 % Auslastung einen erheblichen Teil ihrer Kapazität ungenutzt.

Dieses Muster ist nicht auf das Modell beschränkt: Wo Maschinen mit unterschiedlicher Leistungsfähigkeit parallel arbeiten, kann eine starre Verteilregel zu ungleicher Belastung und vermeidbaren Engpässen führen. Wie stark der Effekt in einer realen Produktion ausfällt, hängt von den konkreten Rahmenbedingungen ab und muss dort jeweils analysiert werden.

7. Zweiter Test: kapazitätsorientierte Disposition

Im zweiten Test ersetzen wir die feste Reihenfolge durch eine kapazitätsorientierte Disposition.

„Disposition“ bedeutet hier: die Entscheidung, welche Maschine das nächste Teil bearbeitet.

„Kapazitätsorientiert“ heißt, dass diese Entscheidung nicht nach Reihenfolge fällt, sondern danach, welche Maschine verfügbar ist und wie viel Arbeit dort bereits ansteht.

Umgesetzt ist die Logik als sogenannter Dispatcher – eine kleine Entscheidungsroutine, die in SimTalk, der Programmiersprache von Plant Simulation, geschrieben ist. Jedes Mal, wenn ein neues Teil verteilt werden muss, beantwortet der Dispatcher drei Fragen.

Die Entscheidung in drei Fragen

- Ist die Maschine verfügbar oder gerade gestört?
- Wie viel Arbeit liegt bereits vor der Maschine oder läuft gerade? Im Modell zählt der Dispatcher die Teile im vorgelagerten Puffer sowie ein eventuell bereits laufendes Teil und multipliziert diese Anzahl mit der Bearbeitungszeit der Maschine. Das Ergebnis ist die erwartete Arbeitslast in Minuten.
- Welche verfügbare Maschine hat die geringste erwartete Arbeitslast? Dorthin geht das neue Teil. Bei Gleichstand sorgt eine einfache Wechselregel dafür, dass nicht immer dieselbe Maschine ausgewählt wird.

Einfaches Beispiel

CNC1: 1 Teil $\times$ 10 min = 10 min | CNC2: 1 Teil $\times$ 5 min = 5 min | CNC3: 0 Teile = 0 min | Entscheidung: nächstes Teil $\rightarrow$ CNC3

Der Grundgedanke: Die Auswahl richtet sich nach der erwarteten Arbeitszeit, nicht allein nach der Anzahl wartender Teile. Eine Maschine mit zwei wartenden Teilen à 5 Minuten ist genauso belastet wie eine Maschine mit einem Teil à 10 Minuten.

Wichtig für die Einordnung: Der Dispatcher ist kein vollständiges MES. Er bildet im Simulationsmodell eine einzelne MES-nahe Entscheidungsfunktion ab – die Auswahl einer geeigneten Maschine anhand von Status und erwarteter Arbeitslast. Ein echtes MES übernimmt darüber hinaus viele weitere Aufgaben, etwa Auftragsverwaltung, Rückmeldungen aus der Fertigung, Qualitätsdaten und Kennzahlenauswertung.

8. Ergebnis: deutlich ausgeglichene Last

Mit kapazitätsorientierter Disposition verteilt sich die Last im Referenzmodell deutlich gleichmäßiger auf die drei Maschinen. Die langsamere CNC1 übernimmt weniger Teile, die beiden schnelleren Maschinen CNC2 und CNC3 entsprechend mehr.

Maschine	Reihum / Round Robin	Kapazitätsorientierte Disposition	Veränderung
CNC1	88 %	68 %	–20 Prozentpunkte
CNC2	60 %	62 %	+2 Prozentpunkte
CNC3	48 %	60 %	+12 Prozentpunkte

Die Zahlen zeigen den Kern des Showcases: Wird jede Maschine nach ihrer verfügbaren Kapazität betrachtet statt nur nach Stückzahl, entsteht eine ausgewogenere Lastverteilung. CNC1 ist nicht mehr die mit Abstand am stärksten belastete Maschine, und die Kapazität der schnelleren Maschinen wird stärker genutzt – vor allem bei CNC3 (+12 Prozentpunkte).

Das spiegeln auch die Stückzahlen im optimierten Lauf wider: CNC1 hat 103 Teile bearbeitet, CNC2 153 und CNC3 156 Teile. Die schnelleren Maschinen übernehmen also den größeren Teil der Arbeit. Diese Stückzahlen sind nicht direkt mit dem Durchsatz der Reihum-Baseline (82 Teile) vergleichbar, da die beiden Läufe nicht unter identischen Randbedingungen – gleiche Simulationsdauer und gleiche Auftragszufuhr – durchgeführt wurden.

Was wir bewusst noch nicht behaupten

Aus den vorliegenden Läufen lassen sich weder ein belastbarer Durchsatzgewinn noch eine OEE-Verbesserung oder ein wirtschaftlicher Nutzen (ROI) ableiten. Dafür müssen beide Szenarien unter identischen Bedingungen wiederholt und die OEE-Berechnung im Modell sauber definiert werden – insbesondere, welche Zeit als geplante Produktionszeit gilt und wie Warten und Blockieren behandelt werden. Ebenso wenig lassen sich die Ergebnisse direkt auf reale Kundenproduktionen übertragen.

Zustandsstatistik des optimierten Laufs

Plant Simulation erfasst für jede Maschine, welchen Anteil der Zeit sie in welchem Zustand verbringt: arbeitend (bearbeitet ein Teil), wartend (hat kein Teil zur Bearbeitung), blockiert (ein fertiges Teil kann nicht weitergegeben werden, weil der Nachfolger belegt ist) oder gestört (technischer Ausfall).

Zustand	CNC1	CNC2	CNC3
Arbeitend	49,54 %	36,80 %	37,52 %
Wartend	32,24 %	35,58 %	39,57 %
Blockiert	16,03 %	22,85 %	21,90 %
Gestört	2,19 %	4,77 %	1,00 %

Die Zustandsverteilung zeigt: Nicht jeder Stillstand ist eine technische Störung. Störungen machen im optimierten Lauf nur 1,00 % bis 4,77 % der Zeit aus. Deutlich größer sind die Anteile für Warten (rund 32 % bis 40 %) und Blockieren (rund 16 % bis 23 %). Sie geben Hinweise auf die Materialversorgung, die Auftragszufuhr und mögliche Engpässe in nachgelagerten Stationen – und müssen in einer späteren MES- bzw. OEE-Auswertung getrennt betrachtet werden.

Hinweis zur Lesart: Die Auslastungswerte im Szenariovergleich und der Zustandsanteil „Arbeitend“ sind nicht identisch abgegrenzt und deshalb nicht direkt ineinander umrechenbar. Eine einheitliche Kennzahldefinition ist Teil der nächsten Ausbaustufe (siehe Kapitel 13).

9. Was davon ist MES – und was Simulation?

Simulation und MES haben unterschiedliche Rollen. Plant Simulation bildet die Produktion virtuell ab: Materialfluss, Maschinen, Puffer und Regeln lassen sich dort nachvollziehbar durchspielen. Ein MES arbeitet dagegen mit der realen Produktion. Es verwaltet und verfolgt Produktionsaufträge, Arbeitsgänge, Maschinenzustände, Mengen, Qualität, Material und Störungen. Analytics und KI (künstliche Intelligenz) bauen auf diesen Daten auf und richten den Blick nach vorn.

Ebene	Einfach erklärt	Beispiel im Showcase
Simulation	Was passiert, wenn wir etwas verändern?	Vergleich Reihum vs. kapazitätsorientierte Disposition
MES	Was passiert aktuell in der realen Produktion?	Im Showcase nur eine MES-nahe Funktion abgebildet: Maschinenauswahl nach Status und Arbeitslast. In der Praxis: Aufträge, Maschinenstatus, Mengen, Störungen, Qualität, Kennzahlen
Analytics/KI	Was könnte als Nächstes passieren – und was wäre eine sinnvolle Handlung?	Nicht Teil des aktuellen Showcases; mögliche Ausbaustufe: Kapazitäts- und Störungsprognosen, Handlungsempfehlungen

Der entscheidende Punkt: Die Simulation ersetzt das MES nicht – und der Dispatcher im Modell ist kein MES. Die Simulation ist ein Testfeld, auf dem sich eine Produktionsregel ausprobieren und ihre Wirkung messen lässt. Anschließend kann fundiert entschieden werden, ob und wie eine vergleichbare Logik in einem realen MES konfiguriert werden soll – und welche Daten das MES dafür benötigt: aktuelle Maschinenzustände, Auftrags- und Pufferbestände sowie verlässliche Bearbeitungszeiten.

Warum die Regel in der Praxis Daten aus einem MES braucht

Die Dispositionsregel selbst ist einfach. Sie braucht aber Daten, die in vielen Fabriken nicht in Echtzeit vorliegen: Ist die Maschine verfügbar? Wie viele Teile warten im Puffer? Welches Teil läuft gerade – und wie lange noch?

In der Simulation kennt das Modell diese Werte automatisch. In der realen Produktion liefert sie ein MES: Es erfasst Maschinenstatus, Aufträge, Mengen und Störungen laufend und macht sie für Entscheidungen nutzbar.

Genau hier entsteht der MES-Mehrwert: Nicht die Regel selbst ist das Besondere, sondern dass sie mit aktuellen Daten aus der Produktion überhaupt angewendet werden kann.

Noch deutlicher wird das bei Störungen: Fällt eine Maschine aus, kann eine datenbasierte Regel die nächsten Teile sofort auf die verfügbaren Maschinen umlenken. Eine starre Reihenfolge schickt dagegen weiter Teile an die stehende Maschine. Ein entsprechendes Störungsszenario ist im aktuellen Showcase noch nicht ausgewertet; es ist als nächste Ausbaustufe vorgesehen (siehe Kapitel 13).

10. Vom virtuellen Produktionsmodell zum digitalen Zwilling

Der Begriff digitaler Zwilling (englisch: Digital Twin) wird häufig verwendet – und oft unterschiedlich verstanden. Ein digitaler Zwilling ist mehr als eine Simulation oder ein 3D-Modell. Vereinfacht gesagt: Ein digitaler Zwilling entsteht schrittweise – wenn das virtuelle Modell mit realen Produktionsdaten, Historie und Entscheidungslogik verbunden wird und dadurch den Zustand der Produktion laufend widerspiegelt.

Eine reine Simulation wie die K4D SmartLine ist deshalb noch kein vollständiger digitaler Zwilling. Sie arbeitet mit angenommenen bzw. simulierten Daten. Ein Vergleich: Ein Architekturmodell zeigt, wie ein Gebäude aussehen und funktionieren könnte. Ein digitaler Zwilling wäre dagegen ein Modell, das laufend weiß, welche Räume belegt sind, wo die Heizung läuft und wo gerade etwas ausfällt – und das auf dieser Grundlage Varianten durchspielen kann.

Der Weg vom Modell zum entscheidungsunterstützenden digitalen Zwilling lässt sich in fünf Stufen beschreiben. Die K4D SmartLine zeigt Stufe 1 und gibt einen Ausblick auf Stufe 4: Szenarien werden bereits verglichen – allerdings ausschließlich mit simulierten Daten. In der realen Produktion liefert ein MES die Datenbasis für die Stufen 2 und 3 und damit für alle weiteren Schritte. Viele Produktionen stehen heute zwischen Stufe 2 und 3.

Stufe	Bezeichnung	Was das bedeutet
1	Virtuelles Produktionsmodell	Prozess und Materialfluss werden in einer Simulation abgebildet, z. B. in Plant Simulation. Im Showcase umgesetzt.
2	Digitales Abbild	Maschinen, Aufträge, Qualität und Störungen werden als strukturierte Datenobjekte beschrieben – die Grundlage eines Datenmodells.
3	Datenbasierte Transparenz	Ereignisse aus der Produktion – zunächst simuliert, später real, z. B. aus dem MES – speisen Dashboards und Analysen.
4	Simulationsgestützter Zwilling	Das Modell wird mit realen Daten abgeglichen; Ist-Zustand und What-if-Szenarien („Was wäre, wenn ...?“) werden vergleichbar.
5	Entscheidungsunterstützung	Analytics und KI liefern Prognosen und Handlungsempfehlungen; die Entscheidung trifft weiterhin der Mensch.

Typische Fragen an einen digitalen Zwilling: „Was würde in unserer Produktion passieren, wenn ...?“

- Was passiert, wenn eine Maschine ausfällt?
- Welche Dispositionsregel reduziert WIP (Work in Process, also Teile, die sich noch in Bearbeitung oder in Puffern befinden) und Wartezeiten?
- Wie verändert sich die Kapazität, wenn eine Maschine schneller oder langsamer wird?
- Wie viele Maschinen oder Schichten werden für ein Zielvolumen benötigt?
- Welche Produktionsregel wäre für die reale Fertigung sinnvoll?

Solche Fragen lassen sich mit einem Simulationsmodell bereits heute durchspielen. Belastbare Antworten für eine reale Produktion entstehen jedoch erst, wenn das Modell mit realen Daten – etwa aus einem MES – abgeglichen und regelmäßig aktualisiert wird.

11. Was bedeutet das für Ihre Produktion?

Der Showcase macht ein komplexes Digitalisierungsthema an einem einfachen Produktionsproblem greifbar. Für Unternehmen, die sich mit MES, Produktionssimulation oder digitalen Zwillingen beschäftigen, lassen sich daraus folgende Erkenntnisse ableiten:

Erkenntnis	Was der Showcase sichtbar macht
Problem verstehen	Unterschiedliche Maschinenkapazitäten können ohne passende Disposition einen Engpass erzeugen.
MES-Mehrwert verstehen	Teile lassen sich anhand von Maschinenstatus und Arbeitslast dynamisch verteilen – vorausgesetzt, die nötigen Daten liegen vor.
KPI-Effekt verstehen	Die Auslastungsverteilung verändert sich im Referenzmodell messbar.
Nutzen des digitalen Zwillings verstehen	Regeln und Szenarien können virtuell bewertet werden, bevor sie in der realen Produktion umgesetzt werden.
Ganzheitlich denken	Produktion, IT, MES, Analytics und Optimierung müssen gemeinsam betrachtet werden.

Fazit: Erst simulieren, dann steuern. Die SmartLine zeigt: Eine einfache, datenbasierte Dispositionsregel verteilt die Last deutlich besser als eine starre Reihenfolge. Ihr Wert entsteht aber erst in der realen Produktion – mit Echtzeitdaten aus einem MES. Simulation macht diesen Mehrwert vorab sichtbar und risikofrei testbar.

So geht K4D vor

- **Verstehen:** Wir analysieren Ihre Produktion – Produkte, Arbeitsgänge, Maschinen, Engpässe und bestehende Entscheidungsregeln.
- **Modellieren:** Wir bilden relevante Produktionslogiken in einem virtuellen Modell ab und machen Probleme sichtbar.
- **Validieren:** Wir testen alternative Regeln in der Simulation und bewerten sie anhand gemeinsam festgelegter Kennzahlen.
- **Strukturieren:** Wir leiten ab, welche Daten und Funktionen ein MES für die gewünschten Entscheidungen benötigt.
- **Umsetzen und weiterentwickeln:** Wir begleiten die Umsetzung und erweitern den Ansatz schrittweise um Analytics, KI und digitalen Zwilling.

Dieses Vorgehen folgt dem K4D-Ansatz: von der fundierten Analyse über die Validierung bis zur nachhaltigen Umsetzung.

12. Grenzen des Referenzmodells

Das Referenzmodell ist bewusst einfach gehalten. Es ist kein Abbild einer konkreten Kundenfabrik, kein fertiges MES und kein vollständiger digitaler Zwilling. Es dient dazu, ein Grundprinzip verständlich und reproduzierbar zu zeigen. Für die Einordnung der Ergebnisse sind folgende Grenzen wichtig:

- Die Ergebnisse beruhen auf simulierten Daten und sind kein Benchmark für reale Anlagen.
- Baseline und optimierter Lauf wurden nicht unter vollständig identischen Randbedingungen verglichen; ein Durchsatzgewinn ist daher nicht belegt.
- Die OEE wird noch nicht ausgewiesen, weil die geplante Produktionszeit sowie der Umgang mit Warten und Blockieren im Modell noch festzulegen sind.
- Ausschuss und Qualitätsverluste sind im Modell bisher nicht abgebildet.
- Rüst-, Handling- und Nebenzeiten sind nicht berücksichtigt; Zyklus- und Bearbeitungszeit sind identisch.

13. Nächste Schritte und Ausbaustufen

Für die Weiterentwicklung des Showcases sind folgende Ausbaustufen vorgesehen:

- Baseline und kapazitätsorientierte Disposition unter identischen Bedingungen mehrfach simulieren und statistisch absichern.
- Durchsatz, WIP, Wartezeit und Durchlaufzeit als feste Vergleichsgrößen ergänzen und Auslastungskennzahlen einheitlich definieren.
- OEE im Modell sauber definieren – insbesondere, welche Zeit als geplante Produktionszeit gilt und wie Warten und Blockieren behandelt werden.
- Ausschuss und Qualitätsverluste ergänzen, damit auch die Qualitätskomponente der OEE realistisch gezeigt werden kann.

- Standard-Szenarien für Maschinenausfall (z. B. Ausfall von CNC2: Reihum vs. kapazitätsorientierte Disposition), Materialengpass, hohe Auftragspriorität und Kapazitätsengpass vorbereiten.
- Ein MES-Dashboard ergänzen: Auftrag, Maschinenstatus, Mengen, Störungen, WIP und – nach sauberer Definition – OEE/KPIs.
- Analytics und KI ergänzen, zum Beispiel für Kapazitätsprognosen, Störungsprognosen oder Handlungsempfehlungen.

Weiterlesen: der K4D-Fachbeitrag

Eine kompakte Einführung in das Thema bietet der K4D-Fachbeitrag „MES-Mehrwert sichtbar machen: Produktionssimulation trifft intelligente Disposition“ auf k4d.de. Dieses Whitepaper vertieft den Beitrag um Methodik, Annahmen, Ergebnisse und Grenzen des Referenzmodells.

Onlineartikel

MES-Mehrwert sichtbar machen: Produktionssimulation trifft intelligente Disposition

Der Fachbeitrag auf k4d.de bietet den kompakten Einstieg in das Thema.

Online lesen – MES-Mehrwert sichtbar machen: Produktionssimulation trifft intelligente Disposition

Potenziale Ihrer Produktion besprechen

Sie möchten wissen, welche Entscheidungsregeln in Ihrer Produktion Kapazität binden – oder welche Anforderungen ein MES in Ihrem Unternehmen erfüllen müsste? Gemeinsam analysieren wir Ihre Produktionsprozesse, identifizieren Potenziale für Digitalisierung und Produktionssteuerung und validieren Lösungsansätze mit geeigneten Methoden – von Prozessanalyse und MES über Simulation und Analytics bis zum digitalen Zwilling.

Nutzen Sie unser Kontaktformular auf k4d.de und vereinbaren Sie ein unverbindliches Erstgespräch. Wir melden uns zeitnah bei Ihnen.

K4D GmbH | www.k4d.de | info@k4d.de

Anhang: Begriffe kurz erklärt

Begriff	Kurz erklärt
Analytics/KI	Datenanalyse und künstliche Intelligenz: Methoden, die aus Produktionsdaten Muster erkennen, Prognosen erstellen und Handlungsempfehlungen ableiten.
Auslastung	Anteil der betrachteten Zeit, in dem eine Maschine für die Produktion genutzt wird. Im Showcase eine Kennzahl des Referenzmodells; die Abgrenzung zu den Zuständen Arbeitend, Wartend, Blockiert und Gestört wird in der nächsten Ausbaustufe vereinheitlicht.
Digitaler Zwilling	Englisch: Digital Twin. Virtuelles Modell, das mit realen Produktionsdaten verbunden ist und deren Zustand laufend widerspiegelt – je nach Reifegrad bis hin zu Prognosen und Entscheidungsunterstützung. Eine reine Simulation ist noch kein vollständiger digitaler Zwilling.
Dispatcher / Dispositionslogik	Regel, die entscheidet, welche verfügbare Maschine das nächste Teil erhält. Im Showcase in SimTalk umgesetzt; sie bildet eine einzelne MES-nahe Funktion ab, kein vollständiges MES.
Durchsatz	Anzahl fertiger Teile, die die Linie in einem bestimmten Zeitraum verlassen.
Engpass	Station mit der geringsten verfügbaren Kapazität; sie begrenzt die Leistung der gesamten Linie.
MES	Manufacturing Execution System: Software für die laufende Produktion – Aufträge, Arbeitsgänge, Maschinenstatus, Mengen, Qualität, Störungen und Kennzahlen.
OEE	Overall Equipment Effectiveness (Gesamtanlageneffektivität): Kennzahl aus Verfügbarkeit, Leistung und Qualität. Im Showcase noch nicht ausgewiesen, da die Zeitdefinition und die Behandlung von Warten und Blockieren noch festzulegen sind.
Produktionssimulation / Plant Simulation	Virtuelles Modell einer Produktion, in dem Abläufe im Zeitraffer durchgespielt werden. Siemens Plant Simulation ist die im Showcase verwendete Software.
Round Robin / Reihum	„Reihum“: Das nächste Teil geht nacheinander an CNC1, CNC2, CNC3 und wieder von vorne. Verteilt wird nach Reihenfolge, nicht nach Arbeitslast.
WIP	Work in Process: Teile, die sich bereits in Bearbeitung oder in Puffern befinden, aber noch nicht fertig sind.
Zyklus- und Bearbeitungszeit	Bearbeitungszeit: Zeit, in der eine Maschine ein Teil bearbeitet. Zykluszeit: Zeit, nach der die Maschine das nächste Teil aufnehmen kann. Im Showcase sind beide gleich: 10 min (CNC1), 5 min (CNC2, CNC3).
Hinweis zur Nutzung	<i>K4D-Referenz- und Demonstrationsaufbau auf Basis simulierter Daten; kein Benchmark für eine konkrete Kundenfabrik.</i>