

MES-Software für additive Fertigung: Der unverzichtbare Leitfaden

Wie Sie additive MES nutzen können, um Ihre additiven
Fertigungsprozesse zu skalieren

Februar 2020 Whitepaper

Zusammenfassung

Wie viele andere Unternehmen hat auch Ihre Organisation beschlossen, in das Potenzial der additiven Fertigung (AM) zu investieren. Nun stehen Sie jedoch vor einer großen Herausforderung: Wie können Sie Ihre additiven Fertigungsprozesse so steuern, dass Sie Ihre Produktivität maximieren und eine Rendite für Ihre Investition erzielen?

Die überwiegende Mehrheit der Hersteller muss sich mit diesen und weiteren Fragen auseinandersetzen, wenn sie additive Fertigung für die Produktion einführen.

Glücklicherweise gibt es jedoch eine Lösung: Additive Manufacturing Execution Systems.

Diese Kategorie von Spezialsoftware, auch als Additive MES oder AMES bezeichnet, ermöglicht es Herstellern, ihre AM-Workflows erfolgreich zu verwalten, ihre Abläufe zu skalieren und letztendlich das volle Potenzial der Technologie auszuschöpfen.

Dieses Whitepaper soll Ihnen dabei helfen, die richtige Additive MES-Software für Ihre Anforderungen zu finden und auszuwählen. Es befasst sich mit der Rolle von Additive MES als Teil Ihrer umfassenderen AM-Strategie und zeigt Ihnen, wie Sie dessen Funktionen zur Optimierung Ihrer Betriebsabläufe nutzen können – und damit Ihre Bemühungen um Innovation mit AM unterstützen.

Wir hoffen, dass Sie diesen Leitfaden informativ finden.

Victoria Akinsowon

Victoria Akinsowon
Senior Marketing Manager AMFG

Inhaltsverzeichnis

Additive Fertigung: Auf dem Weg zur Serienproduktion	04-05
1. Was ist ein Additive Manufacturing Execution System?	06-07
2. Was sind die Vorteile eines additiven MES?	08-09
3. Wesentliche Merkmale eines additiven MES	10-13
4. Fragen Sie den Experten: Timm Kragl, Senior Consultant	14-15
5. So finden Sie den richtigen Anbieter für additives MES	16
Additive MES: Das volle Potenzial von AM ausschöpfen	19
Über AMFG	20



Additive Fertigung: Auf dem Weg zur Serienproduktion

Die additive Fertigung hat in den letzten Jahren enorme Fortschritte in Richtung Industrialisierung gemacht.

Ein aktueller Bericht von EY zeigt, dass 46 % der Unternehmen davon ausgehen, bis 2022 additive Fertigung für Endverbrauchsteile und Serienproduktion einzusetzen¹. Um zu verstehen, warum dies so ist, müssen wir uns die wichtigen Faktoren ansehen, die die heutige Fertigungslandschaft verändern.

Im Zeitalter von Industrie 4.0 trägt die additive Fertigung dazu bei, wichtige geschäftliche Herausforderungen für Hersteller zu lösen. Da Kunden eine stärkere Personalisierung und Produktinnovation verlangen, ermöglicht die additive Fertigung eine größere Produktkomplexität, Massenanpassung und wirtschaftliche Kleinserienfertigung.

Infolgedessen setzen Hersteller AM ein, um auf die immer komplexer werdenden Verbraucheranforderungen zu reagieren, Innovationen voranzutreiben und ihren Wettbewerbsvorteil zu erhalten.

Da sich die additive Fertigung weiter industrialisiert, müssen Unternehmen über die richtigen Prozesse verfügen, um diesen Wandel zu unterstützen.

Die meisten Hersteller stehen jedoch vor erheblichen Herausforderungen, wenn es darum geht, AM für die Produktion einzusetzen. Eines der größten Hindernisse ist das Fehlen einer End-to-End-Plattform, die alle Daten, Prozesse und Abläufe miteinander verbinden kann. Auch Probleme im Zusammenhang mit Rückverfolgbarkeit, Standardisierung und Konnektivität stellen echte Hindernisse für den Aufbau eines skalierbaren Betriebs für die Massenproduktion dar.

Darüber hinaus wird die Verwaltung der Betriebsprozesse immer komplexer. So verfügen globale Hersteller in der Regel über mehrere Produktionsstandorte, die jeweils unterschiedliche Anlagen und Prozesse haben können. Es ist auch nicht ungewöhnlich, dass diese

Standorte über unterschiedliche Unternehmenssoftware verfügen, die nicht vollständig in das Gesamtgeschäft oder andere Fertigungssysteme integriert ist.

Unter Berücksichtigung dieser Faktoren sind die derzeitigen Ansätze zur Verwaltung des AM-Workflows stark eingeschränkt. Herkömmliche MES-Software, die für traditionelle Fertigungsprozesse entwickelt wurde, verfügt nicht über die erforderlichen Funktionen, um die Besonderheiten des additiven Fertigungsprozesses angemessen zu verwalten. Ebenso reichen traditionelle ERP- und PLM-Systeme für die Anforderungen von AM nicht aus.

Additive MES-Software spielt eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung dieser Herausforderungen, indem sie Herstellern die Nutzung von Daten ermöglicht, um eine größere Transparenz zu erreichen, bessere Entscheidungen zu treffen und Best-Practice-Prozesse im gesamten Unternehmen zu etablieren.

Der Zweck dieses Whitepapers:

Dieses Whitepaper wurde als Leitfaden verfasst, um Ihnen bei der Suche nach einem Anbieter für additive MES-Lösungen zu helfen. Wir werden folgende Themen behandeln:

- Was ein additives Fertigungsausführungssystem ist,
- Die Vorteile von Additive MES und die wichtigsten Funktionen, auf die Sie achten sollten
- Wie Sie die richtige additive MES-Lösung für Ihre Anforderungen auswählen.

Wenn Sie mit uns ausführlicher darüber sprechen möchten, wie Sie additive MES-Lösungen einsetzen können, um Ihre Betriebsabläufe zu skalieren, wenden Sie sich bitte an das AMFG-Team unter info@amfg.ai.

¹ „3D-Druck: Hype oder bahnbrechende Neuerung?: Ein globaler EY-Bericht 2019“, EY.

Ein aktueller Bericht von EY zeigt, dass 46 % der Unternehmen davon ausgehen, bis 2022 additive Fertigung für Endverbrauchsteile und Serienproduktion einzusetzen.

1. Was ist ein Exekutionssystem für additive Fertigung?

Grundsätzlich unterstützt ein Additive Manufacturing Execution System die **Verwaltung, Überwachung und Automatisierung aller Echtzeitprozesse im Zusammenhang mit der AM-Produktion**. Dies umfasst alle Phasen des Produktionsworkflows, wie z. B. die Auftragsabwicklung, die Terminplanung und das Qualitätssicherungsmanagement.

Eine robuste additive MES-Lösung ist in der Lage, alle AM-Produktionsdaten in Echtzeit zu verfolgen und zu dokumentieren. Dazu können beispielsweise Produktionskosten, Materialverbrauch und Auftragsdurchlaufzeiten gehören, um eine bessere Prozesskontrolle zu ermöglichen, die Entscheidungsfindung zu erleichtern und die Effizienz zu maximieren.

Da Hersteller nach Möglichkeiten suchen, ihre AM-Prozesse zu optimieren, spielt Additive MES eine strategische Rolle, indem es ihnen ermöglicht, ihre AM-Produktion zu steuern und zu verwalten.

In Verbindung mit anderen Unternehmenssystemen bietet Additive MES außerdem die nötige Flexibilität, um sich an eine sich ständig verändernde Fertigungslandschaft anzupassen und Geschäftsziele zu erreichen.

Während jedes Unternehmen, das AM für Produktionsanwendungen einsetzen möchte, davon profitieren kann, Additive MES frühzeitig in Betracht zu ziehen, können insbesondere die folgenden Branchen von der Software profitieren:

- Automobil
- Luft- und Raumfahrt sowie Verteidigung
- Konsumgüter
- Industriegüter
- Medizin

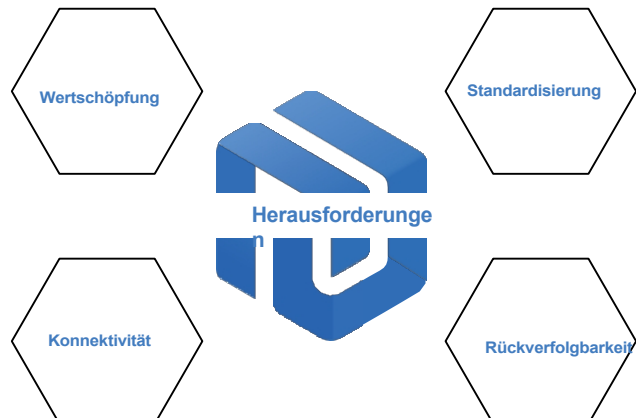
Der Aufstieg von MES für die additive Fertigung

Manufacturing Execution Systems sind seit langem ein fester Bestandteil traditioneller Fertigungsprozesse.

Das globale Forschungsunternehmen Gartner definiert traditionelle MES als Software, die „die Ausführung von physischen Echtzeitprozessen, die bei der Umwandlung von Rohstoffen in Zwischen- und/oder Fertigprodukte ablaufen, verwaltet, überwacht und synchronisiert.“²

Die additive Fertigung ist zwar eine eigenständige Fertigungstechnologie, erfordert jedoch einen radikal neuen Ansatz, sowohl beim Design als auch bei der erforderlichen Managementprozesse. Infolgedessen ist herkömmliche MES-Software in ihrer Fähigkeit, die besonderen Anforderungen der additiven Fertigung zu bewältigen, stark eingeschränkt. Dies hat zum Aufkommen spezieller MES-Systeme geführt, die speziell für die additive Fertigung entwickelt wurden

Im Großen und Ganzen zielt Additive MES darauf ab, vier zentrale Herausforderungen anzugehen:



Wertschöpfung

Die Wertschöpfung aus Ihren Investitionen in den 3D-Druck ist für Hersteller eine wichtige Priorität. Bei der Einführung dieser Technologie in die Produktion kann Wert auf zwei Arten geschaffen werden: a) durch Kostensenkung und b) Steigerung der Produktivität.

² „Gartner Glossary: Manufacturing Execution System“, <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/mes-manufacturing-execution-system>, Gartner

Ohne additive MES-Software ist es schwierig, den Erfolg dieser beiden Ziele zu messen. Tabellenkalkulationen, Papier oder unterschiedliche Softwareplattformen sind für die Aufgabe der Nachverfolgung und Messung des ROI ungeeignet.

Additive MES ermöglicht es Herstellern, ihre Fertigungskosten zu senken, indem sie Möglichkeiten zur Prozessoptimierung und Produktivitätssteigerung identifizieren. Die Automatisierung in Verbindung mit der Leistungsüberwachung in Echtzeit liefert die Daten und Echtzeitanalysen, die erforderlich sind, um bei Bedarf sofortige Anpassungen vornehmen zu können und so die Arbeitskosten zu senken.

Darüber hinaus stellt AMES sicher, dass die Unternehmensziele und Erwartungen hinsichtlich der Vorlaufzeiten erfüllt werden. Fortschrittliche Plattformen sind in der Lage, Produktionssteigerungen zu unterstützen und helfen so einem Unternehmen, seine Wachstumsziele und KPIs zu erreichen.

Standardisierung

Die Standardisierung von Fertigungs- und Betriebsprozessen ist für den Erfolg von entscheidender Bedeutung.

Eine mangelnde Standardisierung führt zu Ineffizienzen im gesamten Arbeitsablauf. Ohne eine standardisierte Methode für interne Teams, um Bestellungen aus anderen Bereichen des Unternehmens entgegenzunehmen, wird der Bestellprozess beispielsweise unglaublich zeitaufwändig, wobei endlose E-Mails in der Regel zur Norm werden.

Für Hersteller, die an mehreren Standorten und an mehreren Orten tätig sind, bieten standardisierte Prozesse Skaleneffekte und erhebliche Kosteneinsparungen. Die erfolgreiche Standardisierung von AM-Prozessen auf globaler Ebene ist jedoch oft leichter gesagt als getan.

Additive MES-Software löst dieses Problem, indem sie eine zentralisierte Möglichkeit zur Verwaltung von Vorgängen an mehreren Standorten bietet. Sie etabliert einen standardisierten Verwaltungsprozess, der multinational eingesetzt werden kann. Im obigen Beispiel optimiert eine standardisierte Schnittstelle für Bestellungen den Bestellverwaltungsprozess und erleichtert die Kommunikation zwischen den Beteiligten.

Konnektivität

Die meisten Unternehmen erleben ihren AM-Prozess als einen stark fragmentierten Prozess, da

separaten, unterschiedlichen Systemen, die zur Verwaltung des gesamten Workflows eingesetzt werden. Konnektivität, manchmal auch als „digitaler Faden“ bezeichnet, bezieht sich auf das Konzept der Einrichtung eines Workflows, der aus integrierten Hardware- und Softwaresystemen besteht, die miteinander kommunizieren können, um maximale Effizienz zu erzielen.

Es werden zunehmend Anstrengungen unternommen, um die Konnektivität für die additive Fertigung sowohl auf der Hardware- als auch auf der Softwareseite herzustellen.

Additive MES spielen dabei eine entscheidende Rolle, indem sie zunächst die Integration mit bestehender geschäftskritischer Software wie ERP- und PLM-Systemen ermöglichen. MES-Anbieter streben zunehmend auch eine direkte Integration mit AM-Maschinen und anderen physischen Systemen an, wodurch Hersteller tiefere Einblicke in die Gesamtleistung ihrer Betriebsabläufe gewinnen und den Entscheidungsprozess verbessern können.

Rückverfolgbarkeit

Die mangelnde Rückverfolgbarkeit im gesamten additiven Fertigungsprozess ist ein wesentliches Hindernis für die Skalierbarkeit der Abläufe.

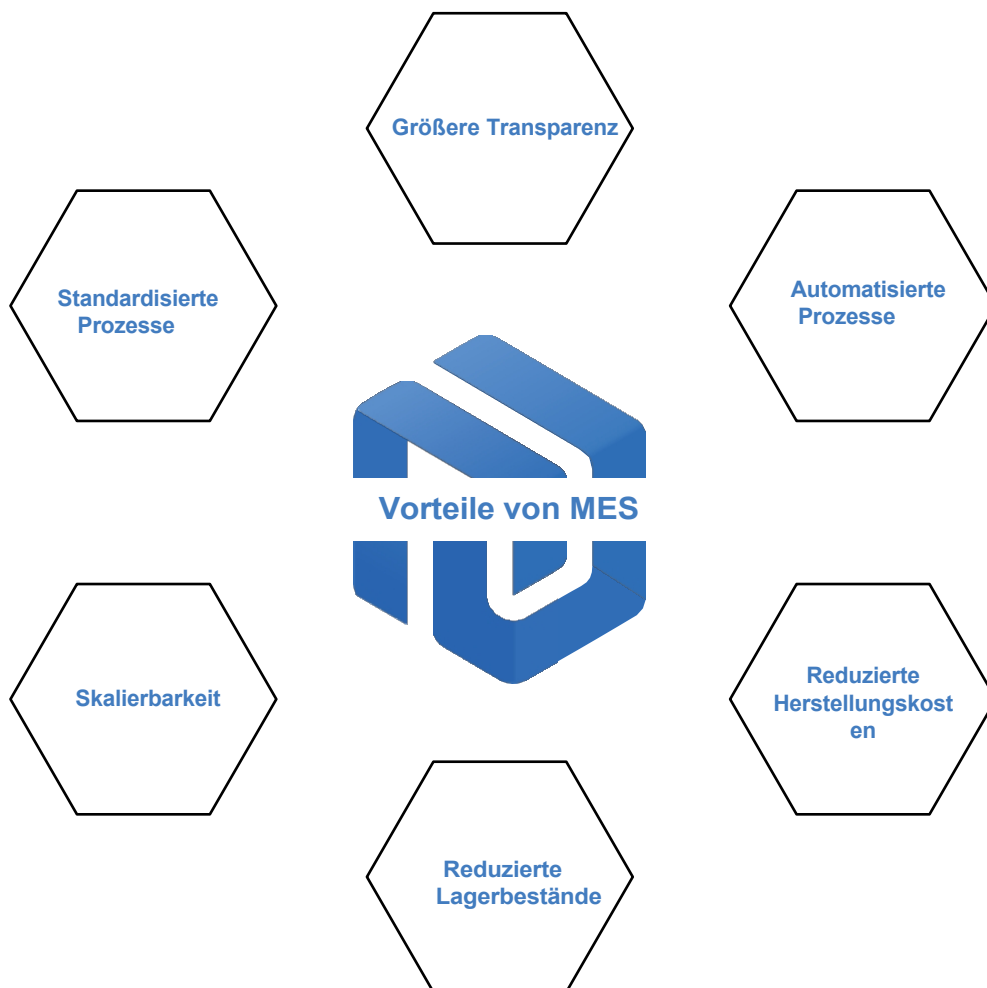
Für Hersteller ist die Rückverfolgbarkeit von entscheidender Bedeutung, um wichtige Engpässe zu identifizieren und den Betrieb zu optimieren. Wenn beispielsweise ein Teil ausfällt, ist es wichtig, die Ursache des Ausfalls genau zu lokalisieren, bevor das Problem kritisch wird. Mangelnde Transparenz wird zu einem noch größeren Problem, wenn an mehreren Standorten gearbeitet wird. In diesem Fall ist einen klaren Überblick über die Abläufe an jedem Standort entscheidend für die Maximierung von Effizienz und Produktivität.

Additive MES löst diese Probleme, indem es Daten während des gesamten Produktionsablaufs verfolgt und dokumentiert, sodass die Beteiligten in jeder Phase des Prozesses auf wichtige Informationen zugreifen können. Außerdem können Teams den Status von Aufträgen in Echtzeit verfolgen, was wiederum die Optimierung der Produktionsplanung und letztlich eine höhere Produktivität ermöglicht.

2. Was sind die Vorteile von Additive MES?

Heutzutage müssen Hersteller ihre Lieferketten verwalten, automatisieren und abwickeln. Dies erfordert hochintegrierte, durchgängige Managementprozesse, die Echtzeitanforderungen berücksichtigen können, unabhängig davon, wo sich die Anlagen und Betriebe befinden.

Additive MES ermöglicht Herstellern die Optimierung ihrer Management- und Betriebsprozesse und bildet die wesentliche Grundlage für die Skalierung ihrer Aktivitäten.



6 wesentliche Vorteile der Additive MES-Software

1. GRÖßERE TRANSPARENZ

Additive MES-Software bietet eine zentralisierte Plattform, mit der alle Beteiligten einen vollständigen Überblick über die AM-Abläufe des Unternehmens erhalten. Sie bietet eine „einzige Version der Wahrheit“, die die Zusammenarbeit zwischen den Beteiligten unabhängig von ihrer Funktion erleichtert, um die Abläufe zu optimieren und Kosten zu senken. Durch die Beseitigung von Datensilos sind die Beteiligten besser in der Lage, fundierte, datengestützte Entscheidungen zu treffen.

Ein weiterer Vorteil ist der Zugriff auf historische Produktionsdaten und Statistiken, die von der Software erfasst werden. Durch KPI-Tracking, Berichterstellung und Analysen können Unternehmen einen tieferen Einblick in die Schlüsselfaktoren gewinnen, die die Produktivität beeinflussen.

2. AUTOMATISIERTE PROZESSE

Manuelle Prozesse sind zeitaufwändig und anfällig für menschliche Fehler. Da Hersteller sich darauf vorbereiten, AM für die Produktion einzusetzen, reichen Tools wie Tabellenkalkulationen, Papier und E-Mail-Verkehr nicht mehr aus, um den Anstieg der Produktionsmengen und Anforderungen zu bewältigen.

Additive MES-Software ersetzt diese fragmentierten Systeme, um die Fertigung mit dem Rest des Unternehmens zu verbinden und einen digitalen Faden über den gesamten AM-Workflow hinweg sicherzustellen. Wichtige Phasen des Workflows, die häufig manuell durchgeführt werden, wie z. B. Auftragsverwaltung und Produktionsplanung, können automatisiert werden, um Zeit zu sparen und das Risiko menschlicher Fehler zu verringern.

3. REDUZIERUNG DER FERTIGUNGSKOSTEN

Die Fertigungskosten können durch den Einsatz von Additive MES zur Rationalisierung und Optimierung der Abläufe gesenkt werden. Es kann zur automatischen Überwachung des Auftragsstatus verwendet werden, wodurch Arbeitskosten eingespart werden und die Bediener, sich anderen Aufgaben zu widmen. Ein weiteres Beispiel ist die Verwendung von Additive MES zur Verfolgung des Materialverbrauchs und damit zur Reduzierung von Verschwendung.

4. REDUZIERUNG DER LAGERKOSTEN

Die additive Fertigung hat die Aussicht auf digitale Lagerbestände Wirklichkeit werden lassen. Die Möglichkeit, Teile aus digitalen Dateien herzustellen, eröffnet neue Möglichkeiten für die dezentrale Fertigung. Dies ist besonders interessant für die Produktion von Ersatzteilen, bei denen Teile mit typischerweise geringerer Nachfrage auf Abruf und kostengünstiger hergestellt werden können.

Damit dies jedoch effektiv ist, benötigen Hersteller detaillierte und genaue Bestandsdaten, die dem richtigen Benutzer zur richtigen Zeit zur Verfügung gestellt werden können. Eine Additive MES-Plattform mit digitalen Bestandsfunktionen ist unerlässlich, um Herstellern zu helfen, ihre Ersatzteilproduktion effektiver zu verwalten und letztendlich die Lagerkosten zu senken.

5. SKALIERBARKEIT

Da sich die AM-Strategie und die Abläufe eines Unternehmens weiterentwickeln, sind skalierbare Additive MES-Lösungen flexibel genug, um sich an die Anforderungen des Unternehmens anzupassen und darauf zu reagieren. Daher bietet das richtige Additive MES eine skalierbare Plattform, auf der ein Unternehmen seine AM-Abläufe ausbauen kann.

6. STANDARDISIERTE PROZESSE EINFÜHREN

Wie wir gesehen haben, ist additive MES-Software die Grundlage für die Einrichtung eines standardisierten additiven Fertigungsprozesses. Eine robuste additive MES-Plattform lässt sich leicht im gesamten Unternehmen einführen und etabliert eine Reihe von Verfahren und Best-Practice-Prozesse etabliert werden, um die betriebliche Effizienz und kontinuierliche Verbesserung sicherzustellen.



3. Wesentliche Merkmale von Additive MES

Wenn Sie nach Möglichkeiten suchen, Ihre additiven Fertigungsprozesse besser zu verwalten, ist es hilfreich, die Kernfunktionen von Additive MES zu verstehen.

Die folgende Tabelle ist zwar bei weitem nicht vollständig, bietet jedoch einen praktischen Leitfaden dafür, was Sie von einer Additive MES-Lösung erwarten können.

BETRIEBBSBEREICH	ZWECK	VORTEIL	BEISPIELFUNKTION
Bestellung	Standardisierung der Auftragsabwicklung zwischen Abteilungen, Geschäftsbereichen und/oder externen Lieferanten.	Einrichtung eines automatisierten Bestellprozesses und Vereinfachung der Kommunikation zwischen der AM-Abteilung und anderen Geschäftsbereichen und/oder externen Lieferanten.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Standardschnittstelle für die Auftragserfassung, einschließlich Empfehlungen für Technologie, Material und Nachbearbeitung ➤ Analyse der 3D-Druckbarkeit zur Vermeidung von Fehldrucken. ➤ Voraussichtliche Lieferzeiten. ➤ Zugriff auf Statusaktualisierungen in Echtzeit.
Auftragskalkulation	Bereitstellung genauer Kosten für bestimmte Aufträge basierend auf der Grundlage festgelegter Parameter, z. B. geschätzte Bauzeiten und historische Daten.	Verfolgung der Produktionskosten für Berichtszwecke, wodurch die manuelle Preisgestaltung entfällt.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Genaue Preisgestaltung. ➤ Integration mit ERP- und/oder Buchhaltungssoftware für die Finanzberichterstattung ➤ Berichterstattung.
Produktionsplanung und -terminierung	Verwaltung des Produktionsprozesses, einschließlich Bauvorbereitung, Terminplanung, Maschineneinsatz und Erstellung von Arbeitsaufträgen.	Ermöglicht vollständige Rückverfolgbarkeit bis hin zu einzelnen Prozessschritten. Möglichkeit für Bediener in der Fertigung, die Maschinenauslastung zu optimieren und schnell auf Echtzeitentwicklungen wie Änderungen im Zeitplan zu reagieren.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dynamische Planung (und Umanplanung) von Arbeitsaufträgen auf Basis der Echtzeit-Maschinenverfügbarkeit oder Teile-Priorisierung. ➤ Klare Produktionsübersicht und Visualisierung der Planung.

Nachbearbeitung und Qualitätsmanagement (QMS)	Verwaltung aller Nachbearbeitungsschritte Produktionsschritte, einschließlich Teileidentifikation, Nachbearbeitungsaufgaben und Dokumentation der Qualitätskontrolle.	Einfache Nachverfolgung der Teilehistorie, z. B. Verhältnis von fehlerhaften zu erfolgreichen Teilen, und Sicherstellung, dass die Teile den erforderlichen Standards entsprechen.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Möglichkeit zur Festlegung der Reihenfolge der Nachbearbeitungsvorgänge. ➤ Konfigurieren und überprüfen Sie Inspektionsanforderungen und führen Sie Qualitätssicherungsprüfungen durch. ➤ Die fortschrittliche AMES-Software ermöglicht die Erfassung und Modellierung von Daten, sodass die Das System lernt, welche Parameter zu den besten Ergebnissen führen – eine Form von Empfehlungen auf Basis maschinellen Lernens.
Logistik	Sicherstellung der erfolgreichen Lieferung von Teilen an interne Kunden und/oder externe Lieferanten.	Vereinfacht komplexe logistische Prozesse und sorgt für Transparenz.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sendungsverfolgungsnummer/ID für Teile. ➤ Automatisierte Statusbenachrichtigungen und -aktualisierungen.
Lieferkettenmanagement	Verwalten Sie die Beziehung zwischen einem OEM und seinen bestehenden Lieferanten und Subunternehmern.	Höhere Effizienz durch stärkere Automatisierung des Prozesses und Gewährleistung der Rückverfolgbarkeit entlang der gesamten Lieferkette.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Möglichkeit für OEMs, Angebote bevorzugter Lieferanten zu vergleichen ➤ Möglichkeit, bestimmte Aufträge automatisch oder manuell an ausgewählte Lieferanten weiterzuleiten.
Digitales Inventar	Erstellen und verwalten Sie ein digitales Inventar für Ersatzteile und andere Anwendungen.	Erhebliche Kosteneinsparungen durch ein digitales Inventar für Teile mit geringerer Nachfrage im Vergleich zur Unterhaltung physischer Lagerhäuser. Macht die On-Demand-Produktion wirtschaftlich rentabel, da Lagerbestände unternehmensweit für autorisiertes Personal gemeinsam genutzt werden können.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Digitaler Katalog für qualifizierte Teile, die für die wiederholte On-Demand-AM-Produktion gespeichert werden können ➤ Dateirevisionen und -aktualisierungen, Versionskontrolle.
Analysen und KPI-Tracking	Verfolgen Sie alle Produktions- und Maschinendaten während des gesamten Produktionsprozess.	Hilft dabei, Engpässe zu identifizieren und Prozesse zu optimieren, um die Effizienz zu verbessern. Die Daten können genutzt werden, um Möglichkeiten zur Implementierung agiler Fertigungsprozesse zu implementieren und operative Exzellenz zu erreichen.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Dashboard-Funktion zur Verfolgung und Dokumentation von KPIs im Zusammenhang mit der Gesamtanlageneffektivität (OEE), wie Maschinennutzung, Produktionsleistung und Reparaturzeit. ➤ Kann die Materialverfolgung zur Kontrolle des Maschinenmaterialverbrauchs, Analysen zum Materialbestand zu liefern und einen ausreichenden Materialvorrat für die Produktion sicherzustellen.

Integration von Additive MES mit anderer Unternehmenssoftware

Heutzutage nutzt die überwiegende Mehrheit der Hersteller eine Reihe verschiedener Softwareprogramme, um den erfolgreichen Ablauf ihrer Betriebsabläufe sicherzustellen. Aus diesem Grund ist die Integration zwischen geschäftskritischen Systemen von entscheidender Bedeutung, um einen nahtlosen Datenfluss zwischen verschiedenen Bereichen eines Unternehmens zu gewährleisten.

Additive MES-Software, die sich erfolgreich in die bestehende IT-Infrastruktur eines Unternehmens integrieren lässt, bietet ein beispielloses Maß an Transparenz, Synchronisation und Kontrolle über den gesamten additiven Fertigungsprozess.

Was ist der Unterschied zwischen additiver MES-, ERP- und PLM-Software?

Häufig herrscht Verwirrung über den Unterschied zwischen additiver MES-, ERP- und PLM-Software.

Wichtig ist, dass jedes System einen bestimmten Zweck erfüllt. Bei erfolgreicher Integration bilden sie jedoch eine leistungsstarke Grundlage für eine skalierbare additive Fertigung.

Die folgende Tabelle veranschaulicht die Beziehung zwischen additiver MES- und ERP- sowie PLM-Software.

SOFTWARE	ZWECK	BEISPIELFUNKTION
Produktlebenszyklusmanagement (PLM)	Verwaltet die Entwicklung und den Lebenszyklus eines Produkts.	<ul style="list-style-type: none"> > Stücklistenverwaltung > Computergestütztes Design (CAD) Management > Computergestütztes Engineering (CAE) > Computergestützte Fertigung (CAM) > Fertigungsprozessmanagement (MPM) > Produktdatenmanagement (PDM) > Produktkonformität
Unternehmensressourcenplanung (ERP)	Verwaltet wichtige Bereiche des gesamten Unternehmens, z. B. Personalwesen, Lieferkette, Logistik.	<ul style="list-style-type: none"> > Auftragsabwicklung und -erfassung > Bestandsverwaltung > Personalmanagementsystem > Finanzmanagement und Buchhaltung > Einkauf > Vertrieb und CRM
Additive Manufacturing Execution System (AMES)	Verwaltet und verfolgt speziell die Ausführung von additiven Fertigungsprozessen.	<ul style="list-style-type: none"> > Auftragsverwaltung > Kostenanalyse > Produktionsplanung und -terminierung > Bauvorbereitung > Digitale Bestandsverwaltung > Nachbearbeitungsmanagement > Qualitätsmanagementsystem (QMS) > Lieferkettenmanagement > Maschinenkonnektivität > Berichterstattung und Analyse

Additive MES und Maschinenkonnektivität

Eines der größten Hindernisse für die Einrichtung eines vollständig vernetzten additiven Fertigungsworkflows war bislang die mangelnde Maschinenkonnektivität.

Die Maschinenkonnektivität ermöglicht die nahtlose Übertragung von Daten zwischen der Hardware und der MES-Plattform und stellt sicher, dass Maschinen- und Produktionsdaten für eine bessere Entscheidungsfindung und Prozessoptimierung genutzt werden können.

Trotz der enormen Vorteile der Maschinenkonnektivität war die Integration in additive MES-Plattformen aufgrund geschlossener Systeme und anderer technischer Hürden bisher ein Engpass.

Glücklicherweise werden in diesem Bereich jedoch Fortschritte erzielt. Da Unternehmen weiterhin in eine Vielzahl von industriellen 3D-Druckern investieren, erkennen Hardwarehersteller zunehmend den Wert einer offenen Integration ihrer Systeme in additive MES-Software.

erkennen zunehmend den Wert einer offenen Integration ihrer Systeme in Additive MES-Software.

Aus diesem Grund sollte eine robuste MES-Software eine gewisse Integrationsfähigkeit mit Maschinen bieten. Derzeit ist das Branchenprotokoll OPC-UA eine der gängigsten Methoden zur Herstellung einer Maschinenkonnektivität, da es die schnelle Übertragung großer Datenmengen ermöglicht. Alternativ kann ein MES-Anbieter Plugin-Lösungen über offene APIs anbieten. Dies ist beispielsweise besonders häufig bei Herstellern mit einer Flotte von Desktop-Maschinen der Fall.

Da Unternehmen ein offenes Ökosystem zur Erleichterung ihrer Abläufe wünschen, ist die Maschinenkonnektivität nur der erste Schritt auf dem Weg zur Schaffung einer vernetzten AM-Fabrik. In den kommenden Jahren technologische Fortschritte die Einführung von Robotik und anderen automatisierten Lösungen zur Steigerung der Effizienz von Fertigungsprozessen mit sich bringen.



4. Fragen Sie den Experten: Timm Kragl, Senior Consultant

„Angesichts der Vielzahl unterschiedlicher Materialien und Nachbearbeitungsoptionen kann die additive Fertigung schnell komplex werden. Die Frage ist dann: Wie können wir diese komplexen Arbeitsabläufe und großen Datenmengen im Blick behalten?“

Timm Kragl ist Senior Consultant bei der Phanos GmbH, einer unabhängigen Beratungsfirma mit Sitz in München. Das Unternehmen ist darauf spezialisiert, Kunden aus verschiedenen Branchen in allen Aspekten ihrer Strategie für additive Fertigung zu beraten, einschließlich Hardware, Software und allen damit verbundenen Aspekten.

In diesem Interview spricht Timm über den besten Zeitpunkt für die Einführung einer additiven MES-Software, die optimale Herangehensweise man den Evaluierungsprozess angeht und welche Schlüsselkriterien man beim Vergleich von Lösungen berücksichtigen sollte.

Wie würden Sie die aktuelle Landschaft der Additive-MES-Lösungen beschreiben?

Der Markt wächst, und angesichts neuer Branchen und Anbieter kann es für Kunden verwirrend sein, wirklich zu verstehen, welches das richtige System ist – insbesondere wenn man noch keine Erfahrung mit verschiedenen Lösungen hat.

Im Allgemeinen lässt sich der Markt in drei Hauptgruppen unterteilen.

Erstens gibt es etablierte Anbieter, die bereits herkömmliche MES-Software für die traditionelle Fertigung anbieten. Da diese jedoch für andere Fertigungsprozesse entwickelt wurde, ist diese Art von MES-Software oft nicht für den 3D-Druck geeignet.

Dann gibt es Softwareunternehmen, die sich auf andere Bereiche konzentrieren, aber das Potenzial von AM erkannt haben und ihre Kunden in diese Richtung führen möchten.

Schließlich gibt es noch eine kleinere Gruppe spezialisierter Nischenanbieter, deren einzige Expertise im Bereich Additive MES liegt. Auch wenn der Pool kleiner ist, können ihre Workflows und Funktionen doch recht einzigartig sein.

Die Vielfalt potenzieller Anbieter macht es umso wichtiger, dass Unternehmen von Anfang an eine klare Vorstellung davon haben, was sie von einer Lösung erwarten.

Ab wann sollte ein Unternehmen über eine additive MES-Lösung nachdenken?

Hierbei sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen. Beispielsweise ist eine bewährte MES-Lösung wahrscheinlich die richtige Wahl, wenn Sie mehrere Standorte betreiben oder wenn Sie in Branchen tätig sind, die eigene Zertifizierungs- und Qualitätssicherungsanforderungen haben.

Die Größe des Unternehmens ist ein weiterer wichtiger Faktor, ebenso wie der Umfang, in dem ein Unternehmen seine Abläufe verfolgen muss.

Additive MES-Software ist jedoch vor allem dann wirklich notwendig, wenn Rückverfolgbarkeit und Transparenz zu den wichtigsten Prioritäten des Unternehmens werden.

Beispielsweise möchte ein Benutzer vielleicht sofortiges Feedback zum Status seiner Bestellung erhalten, oder es wird ein unternehmensweites Dashboard für mehr Transparenz benötigt – dies sind Szenarien, in denen Sie sich nach einem MES-System umsehen sollten.

Ein weiterer möglicher Anwendungsfall ist, wenn Sie einen stärker automatisierten Workflow einrichten und damit

die Arbeitsbelastung auf Ihrer Seite reduzieren möchten. In diesem Fall kann ein kundenorientiertes Frontend, das von einem spezialisierten MES bereitgestellt wird, dazu beitragen, Zeit und Kosten zu sparen.

Warum interessieren sich immer mehr Unternehmen für additive MES-Lösungen?

Wenn wir die zunehmende Bedeutung der Individualisierung berücksichtigen, muss jeder Hersteller, der die Kundeninteraktion optimieren und eine kundenorientierte Produkt- und Servicestrategie verfolgen möchte, die Arbeitsbelastung reduzieren und intern eine höhere Effizienz erreichen.

Und hier kommen Daten ins Spiel. Sie müssen einen Überblick über Informationen wie Bestellungen, Auftraggeber und Zeiträume sowie die verschiedenen Schritte, die für die Produktion erforderlich sind, die Terminplanung und so weiter. Dann gibt es noch Dinge, die nicht nur die Produktion betreffen, sondern auch die externe Kundennachfrage und interne Prozessanforderungen.

Dieses Bedürfnis nach Transparenz und Effizienz erfordert ein MES-System.

Was würden Sie einem Unternehmen raten, das gerade erst mit der Suche nach einer Additive-MES-Lösung beginnt, aber noch keinen soliden Prozess etabliert hat?

Mein Rat wäre, die Sache aus Prozess- und Kundenperspektive zu betrachten.

Damit meine ich: Definieren Sie die erforderlichen Verfahren und die Anforderungen, die eine Lösung erfüllen muss. Analysieren Sie gründlich, was Ihrem Prozess derzeit fehlt und wie Sie diese Lücke mit Software schließen können. Es ist auch sehr wichtig, verschiedene und möglicherweise neue Arbeitsabläufe und Szenarien zu berücksichtigen. Was sollte beispielsweise passieren, wenn ein Teil gedruckt wurde, aber fehlerhaft ist?

Von hier aus können Sie diese Szenarien weiter aufschlüsseln und zu verschiedenen Hauptthemen gruppieren. Beispielsweise können Sie Funktionen unter Hauptüberschriften wie „Qualitätssicherung“ oder „Prozessstabilität“ zusammenfassen.

Sobald Sie diese Bereiche abgegrenzt haben, sind Sie viel besser in der Lage, verschiedene Softwarelösungen miteinander zu vergleichen und zu bewerten, potenziellen Anbietern die richtigen Fragen zu stellen und letztendlich den am besten geeigneten Partner zu finden.

Was brauchen Unternehmen Ihrer Erfahrung nach, um den Übergang zur Produktion mit AM erfolgreich zu gestalten?

Auch wenn die einzelnen Prozesse von Unternehmen zu Unternehmen variieren, besteht der erste Schritt darin, die Rückverfolgbarkeit sicherzustellen, damit im Falle eines Problems die Ursache schnell ermittelt werden kann. Die gesammelten Daten können letztendlich dazu verwendet werden, das Angebot und die Gesamtqualität weiter zu verbessern.

Aus anderen konventionellen Fertigungstechnologien wissen wir, dass die Qualitätssicherung von entscheidender Bedeutung ist, und bei der additiven Fertigung ist das nicht anders.

Bei der Rückverfolgbarkeit geht es daher auch darum, die Qualität verfolgen und dokumentieren zu können. Bei AM umfasst dies nicht nur den Druck des Teils, sondern auch alle anderen Schritte, wie z. B. Nachbearbeitung, 3D-Datenerfassung oder -aufbereitung. Letztendlich zählen das fertige Produkt und das Kundenerlebnis und natürlich Ihre Gesamteffizienz, um dorthin zu gelangen.



5. So finden Sie den richtigen Anbieter für additive MES-Lösungen

Die Auswahl des richtigen Anbieters für additive MES-Lösungen ist entscheidend für den Aufbau einer skalierbaren und effizienten additiven Fertigungsanlage.

Im Vergleich zu anderen AM-Segmenten gibt es relativ wenige additive MES-Lösungen auf dem Markt. Da die Funktionen der einzelnen Lösungen jedoch sehr unterschiedlich sind, ist es wichtig, die Vorzüge jeder Lösung in der Recherchephase sorgfältig zu bewerten und zu validieren.

Keine Lösung wird Ihre Anforderungen zu 100 % erfüllen, aber die richtige MES-Lösung ist flexibel genug, um sich an Ihre Anforderungen anzupassen.

Bevor Sie mit der Recherche beginnen, sollten Sie daher zunächst Ihre aktuellen Prozesse und spezifischen Anforderungen dokumentieren. Auf diese Weise können Sie die „Must-have“-Funktionen von den „Nice-to-have“-Funktionen zu unterscheiden und so die Funktionen zu priorisieren, die Sie am dringendsten benötigen. Dadurch sind Sie besser in der Lage zu beurteilen, ob ein bestimmter Anbieter am besten zu Ihren Anforderungen passt.

Wichtige Kriterien, die Sie berücksichtigen sollten, sind unter anderem:

- Wie wird das additive MES Ihren gesamten additiven Fertigungsprozess verbessern?
- Wie trägt es zur Senkung der Herstellungskosten bei?
- Bietet es eine End-to-End-Plattform für den gesamten Produktionsprozess oder nur für einen Teil des Workflows?
- Ist es flexibel genug, um zukünftige Entwicklungen wie eine Erweiterung Ihrer Anlage oder eine Steigerung des Produktionsvolumens zu unterstützen?
- Wie einfach wird es für interne Teams sein, die Software zu übernehmen und zu nutzen?

Darüber hinaus sollten Sie auch Folgendes berücksichtigen:

- Ist der Anbieter bereit, eine Proof-of-Concept-Demo anzubieten, um zu zeigen, dass er Ihre spezifischen Anforderungen erfüllen kann?
- Ob der Anbieter Referenzen über die Zusammenarbeit mit Unternehmen in ähnlicher Funktion vorweisen kann.
- Welches Maß an Support und Schulung der Anbieter während des Onboarding- und Implementierungsprozesses bieten kann.

Darüber hinaus wird die Beziehung, die Sie zu Ihrem MES-Anbieter aufbauen, zu einer langfristigen Partnerschaft, da sich Ihre Anforderungen und deren Lösungen im Laufe der Zeit weiterentwickeln. Aus diesem Grund ist es wichtig, von Anfang an den richtigen Partner auszuwählen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Sie entscheiden müssen, wofür Sie ein Additive MES benötigen, und eine Lösung wählen sollten, die nicht nur Ihren aktuellen Anforderungen entspricht, sondern auch der beste Partner ist, der es Ihrem Team ermöglicht, Ihre AM-Aktivitäten im Laufe der Zeit zu skalieren.

13 Fragen, die Sie Ihrem potenziellen Additive-MES-Anbieter stellen sollten

Als Anbieter von Additive MES-Lösungen hilft AMFG seinen Kunden, ihre Optionen zu bewerten und zu beantworten, wenn sie die wichtige Entscheidung für eine MES-Plattform treffen.

Um Ihnen bei Ihrer Suche zu helfen, haben wir eine Checkliste mit den wichtigsten Fragen zusammengestellt, die Sie Ihrem zukünftigen MES-Partner stellen sollten.

Skalierbarkeit

1. Kann Ihre Software skaliert werden, wenn wir weitere 3D-Drucker hinzufügen und/oder unser Produktionsvolumen steigern?

Da Sie immer neue Anwendungsmöglichkeiten für den 3D-Druck finden, ist es wichtig, Ihre langfristige AM-Strategie zu berücksichtigen, insbesondere wenn diese Pläne für eine zukünftige Expansion beinhaltet. Ihr Additive-MES-Anbieter muss nachweisen können, dass seine Software problemlos alle Pläne zur Skalierung bewältigen kann, sei es in Form einer Aufstockung der Hardware oder einer Steigerung des Produktionsvolumens.

2. Kann die Software problemlos mehrere Produktionsstandorte an verschiedenen geografischen Standorten unterstützen?

Wenn Ihre AM-Aktivitäten mehrere Produktionsstandorte umfassen, benötigen Sie eine MES-Plattform, die Transparenz und Zusammenarbeit zwischen diesen Standorten gewährleistet. Je nach den Umständen kann dies auch mehrsprachige Schnittstellen umfassen.

Bereitstellung und Sicherheit

3. Bieten Sie Cloud-/On-Premises-/Hybrid-Lösungen an?

Je nach Ihren Anforderungen sollte Ihr MES-Anbieter in der Lage sein, entweder eine Cloud-, On-Premises- oder eine Hybrid-Lösung anzubieten.

Bei cloudbasierten Lösungen werden Daten über die Cloud ferngesteuert verwaltet, betrieben und gesichert. Dies wird von einem Cloud-Speicherdienstleister auf seinen Speicherservern verwaltet, sodass Benutzer von jedem Standort aus, in der Regel über einen Webbrowser, auf die Anwendung zugreifen können.

Cloud-Lösungen bieten ein hohes Maß an Flexibilität und Skalierbarkeit, da Funktionen und Upgrades relativ schnell bereitgestellt werden können. Sie können auch unglaublich kostengünstig sein, da alle Wartungs- und Upgrade-Arbeiten vom Softwareanbieter durchgeführt werden.

Trotz des Wachstums cloudbasierter additiver MES-Lösungen kann für einige Unternehmen eine lokale Lösung die einzig mögliche Option sein. Lokale Software wird vor Ort auf den Servern eines Unternehmens installiert, wobei die Daten auf Servern in einer privaten Cloud gespeichert werden. Da lokale (und hybride) Lösungen möglicherweise zusätzlichen Zeit- und Kostenaufwand für die Konfiguration und Einrichtung erfordern, sollten Sie zunächst prüfen, ob Ihr Anbieter in der Lage ist, eine lokale Bereitstellung anzubieten.

4. Wie stellen Sie Datensicherheit und Compliance sicher?

Aufgrund der oft sensiblen und vertraulichen Natur der verarbeiteten Daten ist Sicherheit ein entscheidendes Kriterium, insbesondere für kritische Branchen wie Luft- und Raumfahrt und Verteidigung.

Aus diesem Grund muss Ihre MES-Software sicherstellen, dass sie den Datensicherheitsstandards und behördlichen Zulassungen entspricht, wie z. B. der ITAR-Konformität und ISO-Zertifizierungen. Informieren Sie sich über den Ansatz Ihres Anbieters in dieser Hinsicht und fordern Sie gegebenenfalls die Datenschutzrichtlinie des Unternehmens an.

5. Können Benutzerzugriffsberechtigungen festgelegt werden?

Je nach Größe und Struktur Ihres Unternehmens müssen Sie möglicherweise bestimmte Benutzerzugriffsberechtigungen festlegen können, um den Zugriff unbefugter Benutzer auf bestimmte Bereiche der Plattform zu beschränken. Als grundlegende Funktion sollte die Additive MES-Software die Flexibilität bieten, verschiedene Benutzerzugriffsberechtigungen entsprechend Ihren Anforderungen festzulegen.

Integrationen

6. Kann Ihre Additive MES-Software in meine ERP-/PLM-/CAD-Software integriert werden?

Die Schaffung eines wirklich durchgängigen digitalen Threads erfordert eine nahtlose Integration zwischen Ihren Unternehmenssystemen. Daher müssen Sie feststellen, wie einfach sich Ihre Additive MES-Software in Ihre bestehende Software integrieren lässt und welche Art der Integration angeboten wird. Eine gute Möglichkeit, dies zu beurteilen, besteht darin, den Anbieter nach seinen Erfahrungen mit der Integration in ähnliche Systeme in der Vergangenheit zu fragen.

7. Unterstützt Ihre Software die Integration mit meinen Maschinen?

Wie wir gesehen haben, wird die Maschinenkonnektivität schnell zu einem integralen Bestandteil der Zukunft der Additive MES-Software. Allerdings bieten nicht alle Anbieter das gleiche Maß an Maschinenintegration. Daher müssen Sie klar festlegen, mit welcher Hardware die Software derzeit integriert werden kann (und in welchem Umfang). Es ist auch hilfreich zu wissen, welche Integrationen für die Zukunft geplant sind.

]

Anpassbarkeit

8. Welchen Grad an Anpassung bietet Ihre Software?

Da die Arbeitsabläufe und Prozesse jedes Unternehmens einzigartig sind, ist es wichtig zu bestimmen, inwieweit die Software an Ihre Bedürfnisse angepasst werden kann. Beispielsweise möchten Unternehmen möglicherweise bestimmte KPIs verfolgen. In diesem Fall sollte der Anbieter ein sofort einsatzbereites Dashboard bereitstellen können, das so angepasst werden kann, dass es die von Ihnen gewünschten Kennzahlen anzeigt.

Kosten

9. Wie sieht Ihr Preismodell aus?

Da die Wahl Ihrer Additive MES-Plattform eine langfristige Investition darstellt, sollten Sie sicherstellen, dass die Kosten Ihrer Investition Ihrem Budget entsprechen. Bevor Sie in eine Software investieren, sollten Sie sich ein umfassendes Bild von den aktuellen und zukünftigen Kosten machen, da diese letztlich Ihren ROI beeinflussen.

Basiert die Preisgestaltung beispielsweise auf Produktionsmengen, der Anzahl der Drucker, der Anzahl der Fabriken und/oder anderen Faktoren? Wenn variable Faktoren eine Rolle spielen, entsprechen diese Ihren Erwartungen? Fallen zusätzliche Gebühren für kundenspezifische Integrationen, Implementierungen usw. an?

Beachten Sie auch, dass die günstigste Plattform nicht unbedingt die sinnvollste Option ist, wenn ihre Funktionalität nicht Ihren Anforderungen entspricht.

Produktfunktionen und Updates

10. Wie oft werden Updates für die Software bereitgestellt?

Es ist wichtig, über Software-Updates auf dem Laufenden zu bleiben und zu verstehen, wie sich diese möglicherweise auf Ihren Betrieb auswirken können. Ein Anbieter sollte Ihnen Auskunft darüber geben können, wie oft mit Upgrades der Plattform zu rechnen ist und wie Sie über zukünftige Updates informiert werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll zu wissen, ob die Updates durch Konfiguration oder durch Entwicklung bereitgestellt werden, da Letzteres einen höheren Implementierungsaufwand erfordert.

11. Wie sieht die Produkt-Roadmap aus?

Die Kenntnis der Produkt-Roadmap Ihres Anbieters liefert wertvolle Einblicke in den zukünftigen Umfang der Software sowie in die Ausrichtung des Unternehmens. Anhand dieser Informationen können Sie diese Informationen nutzen, um festzustellen, ob die zukünftigen Produktfunktionen und Meilensteine mit den Gesamtzielen Ihres Unternehmens übereinstimmen.

Lieferung und Support

12. Wie lange dauert die Implementierung der Software?

Die Implementierung der MES-Lösung erfolgt nicht von heute auf morgen. Ihr Anbieter sollte jedoch transparent sein und Ihnen eine klare Aufschlüsselung des vereinbarten Arbeitsumfangs sowie der wichtigsten Meilensteine und des Gesamtzeitplans für die erfolgreiche Umsetzung Ihres Projekts vorlegen. Darin sollte auch ein klares Verständnis der Herausforderungen, die Sie bewältigen möchten und wie die Software zur Bewältigung dieser Herausforderungen beitragen wird.

13. Welche Schulungen und Unterstützung bieten Sie während des Onboarding-Prozesses an?

Da während des Onboarding-Prozesses mehrere Interessengruppen beteiligt sind, ist es wichtig sicherzustellen, dass Ihr Anbieter während der Implementierungsphase systematische und umfassende Unterstützung leisten kann. Fragen Sie Ihren Anbieter, ob Schulungen für die Plattform (sowohl persönlich als auch online) angeboten werden und welche Schulungsunterlagen zur Verfügung gestellt werden zur Verfügung stellen kann, um die interne Einführung und Akzeptanz der Software zu erleichtern.

Additive MES: Das volle Potenzial von AM ausschöpfen

Da die additive Fertigung immer mehr in die Industrie Einzug hält, werden additive Manufacturing Execution Systems für Hersteller, die ihre AM-Prozesse erfolgreich verwalten möchten, unverzichtbar.

In diesem Whitepaper haben wir die Rolle von Additive MES beim Management des AM-Workflows sowie die wichtigsten Kriterien untersucht, die Sie bei der Suche nach einer Lösung berücksichtigen sollten.

Letztendlich wird Additive MES-Software eine entscheidende Rolle in Ihrer umfassenderen AM-Strategie spielen und Ihnen dabei helfen, neue Geschäftsmodelle voranzutreiben, Ihre Lieferketten zu verbinden und eine intelligente, vernetzte digitale Fabrik zu etablieren, die den Anforderungen von Industrie 4.0 gerecht wird.

AMFG ist ein führender Anbieter von MES-Software für die additive Fertigung. Unsere Softwarelösungen ermöglichen es Herstellern, ihre additiven Fertigungsabläufe zu verwalten und optimierte, automatisierte Prozesse zu realisieren.

Mit Kunden in 26 Ländern und aus verschiedenen Branchen sind wir darauf spezialisiert, Unternehmen dabei zu unterstützen, AM erfolgreich in ihre Fertigungsprozesse zu integrieren und ihre AM-Aktivitäten zu skalieren.

Wenn Sie mehr über **AMFG** und unsere **Additive MES-Lösungen** erfahren möchten, kontaktieren Sie uns unter **info@amfg.ai** oder besuchen Sie: **www.amfg.ai**.

Verbinden Sie sich mit uns:

 LinkedIn / www.linkedin.com/company/amfg

 Twitter / twitter.com/amfg_ai