

Jürgen Kletti

2.1 MES als Tool für SIT

2.1.1 Entstehung der MES Idee

Entstanden ist die Idee eines Manufacturing Execution System (MES) aus den Datenerfassungssystemen der 80er Jahre. Die Disziplinen Fertigungssteuerung, Personal und Qualitätssicherung waren mit dedizierten Erfassungssystemen ausgerüstet.

Mit dem Aufkommen der CIM-Idee (Computer Integrated Manufacturing) begann man die Abhängigkeit der oben genannten Aufgabenbereiche auch in den IT-Systemen abzubauen. Die voneinander unabhängige Betrachtungsweise wurde aufgegeben und man erlaubte Datenübergänge zwischen den Disziplinen. Leider war dieser prinzipiell richtigen Idee keine große Zukunft beschieden. Durch Bagatellisierung der Problemstellung wurde mit der Zeit jedes Erfassungsterminal zum CIM-System erklärt. Hierdurch hatte CIM als Problemlöser für die Produktion verspielt.

Erst Anfang und Mitte der 90er Jahre kam bei Herstellern von Erfassungssystemen die Idee auf, ihre spezialisierten Erfassungssysteme (Personalzeit, BDE, CAQ, DNC etc.) durch benachbarte Themen zu erweitern (z. B.: PZE mit BDE, BDE zusammen mit MDE). Mit diesen erweiterten Kombinationssystemen war ein Erfassungs- und Auswertungssystem in vielen Bereichen der Fertigung bereits realisierbar. Aufgrund der Unabhängigkeit der Systeme eines solchen Kombinationssystems ließen sich die Systeme nur mit großen Schnittstellenaufwand synchronisieren. Im Laufe der Zeit haben sich drei Gruppen von Erfassungs- und Auswertungssystemen gebildet, die teilweise mehrere Aufgaben erfüllen.

J. Kletti (✉)
MPDV Mikrolab GmbH, Mosbach, Deutschland
E-Mail: info@mpdv.com

Die Funktionalität dieser Kombinationssysteme zusammengefasst beschreibt heute den Funktionsumfang von MES:

- Für die Fertigung: Betriebsdaten, Maschinendaten, DNC, Fertigungsleitstand, Material, Traceability, Prozessdatenverarbeitung, Werkzeugmanagement, Energiemanagement
- Für das Personal: Personalzeiterfassung, Zeitwirtschaft, Personaleinsatzplanung, Leistungslohnermittlung, Zutrittskontrollsysteme
- Für die Qualitätssicherung: Fertigungsprüfung, Reklamationsmanagement, SPC, Wareneingang/Warenausgang, Prüfmittelverwaltung, Prozessdaten, Eskalationsmanagement, Messdatenerfassung

In der Realität der modernen Produktion müssen diese drei Aufgabenbereiche zusammenarbeiten und können daher nicht als voneinander unabhängig betrachtet werden. So braucht die Fertigung zum Produzieren das geeignete Personal und muss über die gefertigte Qualität schnellstmöglich Bescheid wissen. Durch den hohen Schnittstellenaufwand beim Datenaustausch in voneinander unabhängigen Systemen oder den Austausch über ein allen Systemen gemeinsames System auf Unternehmensebene geht zu viel Zeit verloren. Schnelles effektives Reagieren ist nicht mehr möglich. Aus dieser Erkenntnis heraus wurde eine stärkere Vernetzung mit einer horizontalen Integration gefordert, die aber bis heute nur wenige am Markt befindliche Systeme aufweisen können.

Die vernetzten Erfassungs- und Auswertungssysteme bieten die Möglichkeit, den Datenaustausch zum ERP-System oder zur Automatisierungsebene zu homogenisieren und zu standardisieren. Werden die vernetzten Erfassungssysteme durch Elemente der Qualitätssicherung, des Dokumentenmanagements und der Dokumentenerstellung, sowie der Performanceanalyse ergänzt, so kann man bereits von einem leistungsfähigen MES-System sprechen. Damit ist die Möglichkeit gegeben, ein aktuelles Abbild der Produktion zu bekommen und auf dieser Basis eine zeitnahe, situationsgerechte und technologieorientierte Fertigungssteuerung zu gewährleisten.

2.1.2 Funktionsgruppen von MES

Ein modernes leistungsfähiges MES besteht heutzutage aus den im folgenden aufgeführten Modulen, die sich, bezogen auf ihre Funktionalität, in den drei Gruppen Fertigungsmanagement, Qualitätsmanagement und Personal zusammenfassen lassen (vgl. Abb. 2.1).

Funktionsgruppe Fertigung:

- Die **Maschinendatenerfassung** hat die Aufgabe, Maschinen und andere betriebliche Ressourcen zu verwalten. Über eine umfassende Systematik werden Zustandsdaten manuell und automatisch erfasst und Ressourcen oder Ressourcengruppen zugeordnet.

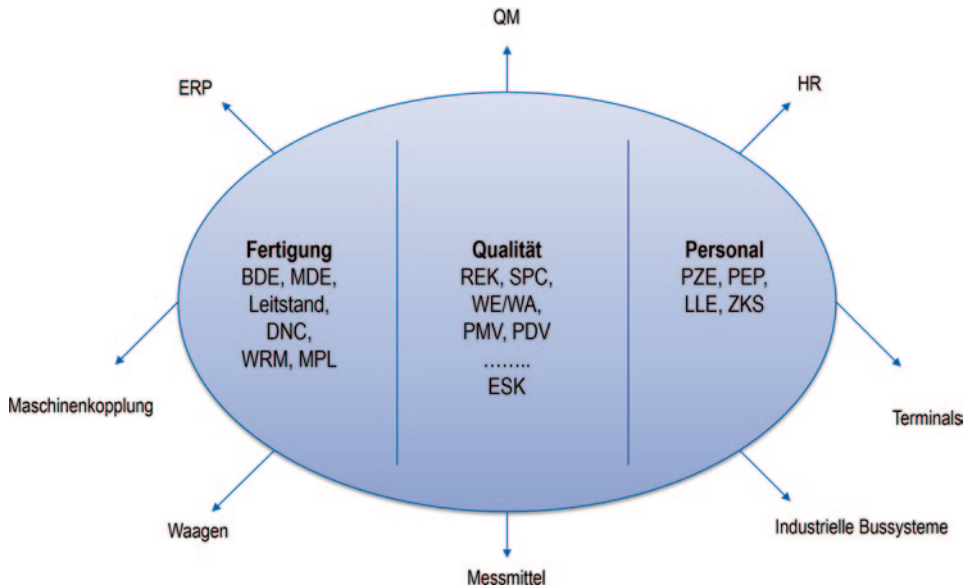


Abb. 2.1 MES-Funktionsgruppen

Die Daten können von Terminals, industriellen Bussystemen oder einer Vielzahl anderer Sensoren, wie Waagen, Zähler oder vergleichbare Systeme erfasst werden. Die erfassten Daten können in verdichteter Form dem Unternehmensmanagement für Effektivitätsaussagen oder in detaillierter Form für eine Schwachstellenanalyse innerhalb der Fertigung zur Verfügung gestellt werden.

- In der **Betriebsdatenerfassung** werden auftrags- und personenbezogene Zeiten und Mengen erfasst. Bei den Mengen wird zwischen Gutstück und Ausschuss sowie Ausschussart unterschieden. Es ist möglich, direkt Materialverbrauch und Abnutzung von Betriebsmitteln oder Hilfsstoffen zu erfassen und den Aufträgen zuzuordnen. Die Daten lassen sich entweder in kumulierter Form dem Unternehmensmanagement zur Verfügung stellen oder es ist eine detaillierte und zeitnahe Darstellung und Auswertung für die Fertigungsorganisation möglich.
- Der **Fertigungsleitstand** ermöglicht es, technisch machbare Pläne für die Fertigung zu erstellen. Die Planung wird durch eine aktuelle Situationssimulation unterstützt, sodass eine hohe Machbarkeit des Plans gewährleistet ist. Die Feinplanungsmodule eines modernen MES ermöglichen manuelle Eingriffe und eine Unterstützung bei vollautomatischer Belegung wie auch bei Simulations- und Optimierungsaufgaben in der Fertigung.
- Die **Material- und Produktionslogistik** gibt einen Überblick über die innerhalb der Fertigung, im Umlauf befindlichen oder in Zwischenlagern gelagerten Materialien. Diese Übersicht ermöglicht es, Transportvorgänge rechtzeitig anzustoßen und aktuell im Umlauf befindliche Mengen zu kontrollieren.

- Das Modul **Tracking & Tracing** erlaubt den lückenlosen Nachweis der produzierten Artikel über alle Stufen der Prozesskette, unabhängig davon, ob es sich um einstufige oder komplexe, mehrstufige und verzweigte Prozesse handelt.
- In der **Prozessdatenverarbeitung** wird die kontinuierliche Regelung und Dokumentation der Produktionsparameter und Prozesswerte übernommen. Dies erlaubt es, bereits während der laufenden Produktion durch geeignete Maßnahmen kritischen Situationen oder Negativtrends entgegen zu wirken.
- Das **Werkzeug- und Ressourcenmanagement** unterstützt bei der technisch orientierten Verwaltung von Werkzeugen und sonstigen Hilfsmitteln. Hierbei liegt der Fokus weniger auf der Inventarisierung der Mittel als vielmehr auf dem technischen Zustand, der aktuellen Verfügbarkeit, der Kompatibilität zu Maschinen und der qualitativen Beurteilung des Mittels.
- Die **Direct Numeric Control** deckt die vielfältigen Anforderungen an ein System für das zentrale Management von NC- und Einstelldaten ab. Es gewährleistet die schnelle Verfügbarkeit der Bearbeitungsprogramme oder Einstelldatensätze an den Maschinen.
- Das Modul **Energiemanagement** sammelt Energieinformationen und ermöglicht es, Zusammenhänge zwischen Energienutzung und Fertigung zu erkennen. Hierdurch lassen sich Energieverschwender aufdecken und kontrollieren.

Funktionsgruppe Personal:

- Das Modul **Personalzeiterfassung** hat verschiedene Aufgaben. Es verwaltet den Personalstamm, erfasst die Anwesenheitszeiten und Fehlgründe der Mitarbeiter und gibt eine genaue Übersicht über die aktuelle An- und Abwesenheit der Mitarbeiter.
- Die **Personalzeitwirtschaft** verwaltet die Zeit- und Lohnartenmodelle inkl. der Entlohnungsvorschriften. Es erlaubt die Personaleinsatz- und Schichtplanung und das Führen der Zeitkonten.
- Die **Personaleinsatzplanung** bietet die Möglichkeit, eine Übersicht über das aktive Personal zu behalten und auf elegante Art oder auch mit Hilfe von Automatismen Einsatzpläne zu erstellen, die sich an der Belastungssituation in der Produktion orientieren.
- Das Modul **Leistungslohnermittlung** kann durch die direkte Nähe zur BDE sehr effektiv die Verbindung von Anwesenheits- und Auftragszeiten herstellen und damit die Berechnung von Leistungsgraden sehr vereinfachen. Diese können dann für die Realisierung von Prämiensystemen genutzt werden.
- Das **Zutrittskontrollsystem** erlaubt die Kontrolle des Zutritts in der Fertigung durch die Nutzung der bereits in der Personalzeiterfassung und im BDE erhobenen Daten.

Funktionsgruppe Qualität:

- Das Modul **Fertigungsbegleitende Prüfung** ist das zentrale Element innerhalb der CAQ. In Zusammenarbeit mit anderen Modulen wie der BDE und MDE können Prüfdaten während des laufenden Fertigungsprozess erfasst, verwaltet und ausgewertet werden.

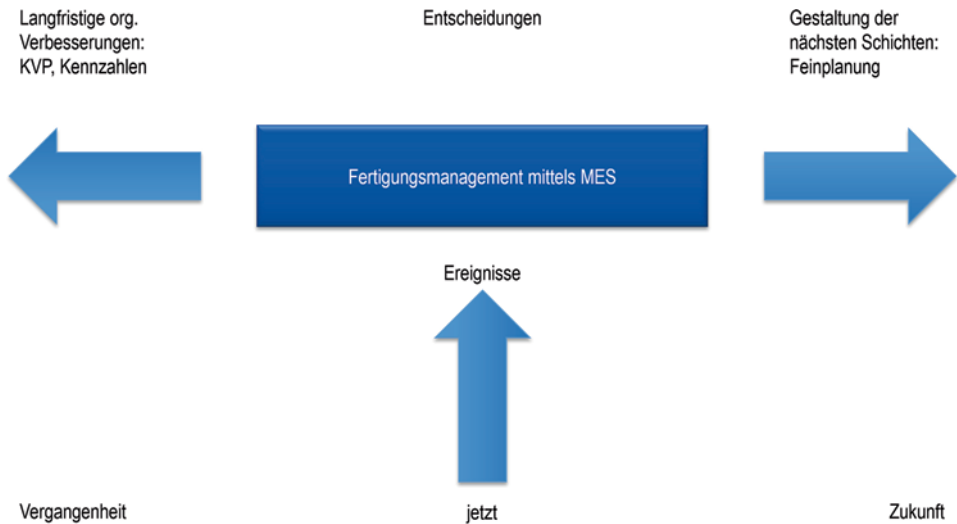


Abb. 2.2 Zeithorizonte eines MES

- Die **Wareneingangsprüfung** erlaubt die konkrete Erfassung von angelieferten Waren, das Verifizieren von Chargennummerierungen und eine Kontrolle der Vorgabewerte.
- Im Modul **Reklamationsmanagement** werden reklamierte Produkte nach technischen Gesichtspunkten, nach den Herstellbedingungen und nach den Einsatzstoffen zurückverfolgt. Eine Maßnahmensystematik ermöglicht das gezielte Einleiten von Gegenmaßnahmen.
- Das Modul **Prüfmittelverwaltung** unterstützt bei der Verwaltung von Prüf- und Messmitteln. Es wird sichergestellt, dass die Mittel den geforderten Normen genügen und dass sie für die entsprechenden Prüfungen eingesetzt werden können.

2.1.3 Wirkungsbereich eines MES

Ein MES System agiert auf der Ebene der Fertigungsplanung und -steuerung ist aber z. B. durch sein MDE-Modul stark mit der Automatisierungsebene verknüpft. Wie vorangehend beschrieben nimmt ein MES eine Vielzahl an verschiedenen Aufgaben wahr. Alle Aufgaben haben gemeinsam, dass sie zur Regelung des Fertigungsprozesses beitragen oder diesen erst ermöglichen.

Der Wirkungsbereich eines MES Systems lässt sich in verschiedenen Zeithorizonten sehen (vgl. Abb. 2.2). Die Echtzeittransparenz ermöglicht das schnelle Reagieren auf Szenarioänderungen, die im Jetzt auftreten oder gerade erst entstanden sind. Durch sie ist der Fertigungsleiter erst in der Lage, auf gerade eingetroffene Ereignisse mit sofortigen Entscheidungen zu reagieren. Auch die sofortige Beseitigung von auftretenden Problemen oder Schwachstellen sowie die sofortige Optimierung eines nicht optimal laufenden Prozesses sind machbar.

Durch die gesammelten Daten ist es mit einem MES System auch möglich, Daten der Vergangenheit zu analysieren und so z. B. Schwachstellen aufzudecken, eine Produkthistorie zurück zu verfolgen oder Kennzahlen für beispielsweise die Schicht des Vortages mit der aktuellen Schicht zu vergleichen.

Seinen größten Mehrwert entwickelt das MES aber erst, wenn die aktuellen und vergangenen Daten genutzt werden, um Entscheidungen für die Zukunft zu treffen. So ist es möglich, aufgrund in der aktuellen Schicht aufgetretener Ereignisse, die Feinplanung für die nächste Schicht vorzunehmen. Anhand der Daten der aktuellen Schicht kann ein Terminproblem für ein Bauteil, das erst in der nächsten Woche ausgeliefert werden soll, bemerkt werden, oder es kann auf eine kurzfristig neue Anforderung wie z. B. ein geänderter Kundentermin reagiert werden.

Mit diesem Hintergrund kann MES auch dazu dienen, neue Produkte besser zu gestalten. So können bestehende Schwachstellen am Produkt mittels der Produkthistorie aufgedeckt werden oder der Produktionsprozess für das mangelhafte Bauteil kann geändert werden. Auch die Umorganisation der Produktion, um sie einer neuen Anforderung anzupassen, wird durch die vom MES gesammelten und aufbereiteten Daten stark vereinfacht.

2.1.4 SIT mit MES

Aufgrund der Echtzeitfähigkeit und der damit verbundenen schnellen Reaktionsfähigkeit, aber auch durch den hohen zur Verfügung stehenden Informationsumfang und Detaillierungsgrad, sind MES-Systeme ein ideales Tool, um den SIT-Ansatz in der Produktion umzusetzen.

Eine der wichtigsten Aufgaben eines MES zur Unterstützung des SIT Gedankens ist die **Überwachung und Gestaltung (Planung) der Produktion in Echtzeit** (Kletti und Schumacher 2011). MES Systeme erfassen die relevanten Daten einer Produktion wenn möglich vollautomatisch durch ihre direkte Anbindung an Maschinen, Anlagen, Messsysteme, Barcodeleser, RFID oder über entsprechende Schnittstellen bzw. halbautomatisch über den Werker am MES-Terminal. Bei der Erfassung der Daten können MES zudem die Plausibilität der Daten prüfen und somit eine höhere Datenqualität gewährleisten. Durch diese Möglichkeiten ist ein MES ideal geeignet, um Störungen – also Abweichungen vom geplanten Verlauf – schnell zu erkennen, um rechtzeitig geeignete Gegenmaßnahmen einleiten zu können. Die wichtigsten Daten der Produktion, die ein MES erfassen kann, sind die folgenden:

- **Termine:** Die Auftragsdatenerfassung eines MES liefert eine Übersicht zur aktuellen Terminsituation und drohenden Terminverletzungen in der Produktion. Somit kann der Planer frühzeitig auf Terminverletzungen reagieren und alternative Planungsmöglichkeiten finden.
- **Maschinenstatus:** Die Maschinendatenerfassung zeigt den aktuellen Status aller Maschinen und Anlagen und visualisiert diesen z. B. anhand eines graphischen Maschinenparks. Somit lässt sich schnell erkennen, wie effektiv eine Maschine arbeitet, ob sie produziert oder stillsteht sowie warum und welche Art von Störung aufgetreten ist.

Dadurch lassen sich auftretende Probleme schnell erkennen und durch geeignete Maßnahmen gegensteuern.

- **Werkzeugstatus:** Das Werkzeug- und Ressourcenmanagement WRM zeigt den aktuellen Zustand von Werkzeugen, z. B. gewartet, abgerüstet, defekt, repariert, an. Dadurch ist eine gute Entscheidungsbasis für die Werkzeugeinsatzplanung gegeben.
- **Personalverfügbarkeit:** Mithilfe der Personalzeiterfassung PZE besteht jederzeit Transparenz bezüglich der Personalkapazität und der Qualifikation des verfügbaren Personals.
- **Materialpuffer und -chargen:** Das Modul Material- und Produktionslogistik MPL schafft Transparenz bezüglich der aktuellen Umlaufbestände. Somit lassen sich Chargen verfolgen, zeitnahe Transportaufträge auslösen oder elektronische Kanban-Regelkreise managen.
- **Qualitäts- und Prozessdaten:** Zur laufenden Überwachung der Qualität verfügen MES über die Möglichkeit der statistischen Prozessregelung SPC. Hierbei werden Messmittel mit dem MES gekoppelt und die gemessenen Werte mit den Soll-Werten abgeglichen. Somit sind eine frühzeitige Erkennung von instabilen Prozessen und ein frühzeitiges Gegensteuern möglich.

Besondere Bedeutung erlangt in diesem Kontext das Eskalationsmanagement, das moderne MES anbieten. Individuell definierbare Workflowprozesse erlauben es, Informationen genau an die Person zu übermitteln, die sie benötigt. So kann z. B. der Verantwortliche im Falle einer Störung die Störungsmeldung direkt als SMS oder Mail gesendet bekommen, um ein schnellstmögliches Eingreifen sicherzustellen. Der große Vorteil liegt darin, dass der Verantwortliche sich nicht mehr aktiv um die Information bemühen muss, sondern diese ihm automatisch zugeleitet wird.

Eine weitere, das SIT Konzept unterstützende Aufgabe für die ein MES ideal ist, ist das **kurzfristiges Reagieren auf Ereignisse** (Kletti und Schumacher 2011). Hierbei muss unterschieden werden zwischen kurzfristigen Reaktionen, mit denen z. B. versucht wird, die Auswirkung einer Störung gering zu halten und den langfristigen Maßnahmen, die zu einem kontinuierlichen Verbesserungsprozess führen.

Bei kurzfristigen Reaktionen auf Ereignisse geht es meist darum, eine unerwartet auftretende Störung in den Griff zu bekommen oder eine durch den Kunden hervorgerufene Terminverschiebung bzw. einen Eilauftrag einzuplanen. Hierfür eignet sich besonders der grafische Leitstand eines MES, der die aktuelle Auftragssituation in der Produktion visualisiert. Dieser kann durch die Kopplung mit der Auftrags- und Maschinendatenerfassung den aktuellen Auftragsfortschritt ebenso darstellen, wie den Status der einzelnen Maschinen oder Arbeitsplätze. Es ist grafisch möglich zu sehen, wie z. B. eine stillstehende Anlage den als Zeitbalken visualisierten Arbeitsvorgang in die Zukunft verschiebt oder wie ein laufender Prozess den Zeitbalken verkürzt. Da dies für die gesamte Produktion sichtbar ist, ist es für den Planer möglich, Handlungsalternativen zu erkennen und einzuplanen. Hierbei wird er durch eine Simulation unterstützt die aufzeigt, welche Auswirkungen die Planänderungen bei Umsetzung des Plans auf die restliche Fertigung hätten.

Um langfristige Maßnahmen umzusetzen, ist das MES in der Lage zur **Unterstützung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses KVP** (Kletti und Schumacher 2011). Durch die aus der MDE und BDE vorhandenen Daten ist es auf einen Blick möglich, den ersten Schritt des PDCA Kreises auszuführen und Verbesserungspotenzial aufzudecken und zu analysieren. Da das Auffinden der Schwachstellen und die Analyse des Verbesserungspotenzials für eine mögliche Maßnahme dank der hohen Informationsgenauigkeit und -dichte eines MES sehr genau erfolgt, ist der zweite Schritt des Verbesserungszirkels, in dem es darum geht, die Maßnahmen auszuprobieren, oft nicht nötig. Im dritten Schritt, dem Check, geht es darum, die Wirksamkeit der Maßnahme zu evaluieren. Dies geschieht bei einem MES praktisch auf Knopfdruck, da die nötige Datenerhebung laufend in Echtzeit vom System vorgenommen wird. Der letzte Schritt, das Umsetzen der Maßnahmen und Übergang des neuen Ablaufes in einen Standardablauf, wird stark vereinfacht, da das MES das hierfür nötige Anpassen von Plänen und Abläufen stark vereinfacht. Somit lässt sich sagen, dass ein MES den KVP beschleunigt und vereinfacht. Durch den hohen Informationsumfang lässt sich mehr Potenzial aufdecken, genauer analysieren und somit nach Abschluss des KVP nutzen.

Als ein wichtiger Bestandteil der perfekten Produktion wurde die **Berechnung von prozessorientierten Kennzahlen** genannt. MES sind aufgrund ihrer Prozessnähe und dem großen Informationsgehalt das ideale Tool, prozessorientierte Kennzahlen zu berechnen. Moderne MES bieten sogar die Möglichkeit individuelle Kennzahlen-Cockpits (Manufacturing Scorecards) für die verschiedenen Unternehmensebenen anzulegen. So ist es auf der Ebene der Arbeitsvorbereitung oder Produktionsleitung wichtig, Grenzwerte und Ziele im Blick zu behalten, während die Geschäftsführung oder das Controlling häufiger Vergleiche über verschiedene Zeiträume benötigt. Durch sogenannte Drill-Down-Auswertungen lassen sich die einzelnen Einflussfaktoren auf die Kennzahl ermitteln, um Verbesserungspotentiale aufzudecken und nutzen zu können.

All diese Möglichkeiten sind nur nutzbar, wenn die einzelnen Module eines MES ideal miteinander arbeiten. Die einzelnen Module müssen **horizontal integriert** sein. Eine Maschinendatenerfassung alleine erlaubt noch keine Übersicht über die Produktion oder Verfolgen des Auftragsfortschritts. Dies ist erst möglich, wenn die MDE mit der BDE, dem Leitstand und weiteren Modulen optimal zusammenarbeitet. Hier ist es sinnvoll, wenn die einzelnen Module die Daten nicht erst über Schnittstellen austauschen müssen, sondern wenn das System so gebaut ist, dass die von einem Modul erhobenen Daten automatisch allen anderen Modulen zur Verfügung stehen. Erst dann ist ein MES in der Lage, wie beschrieben, wirkungsvoll die Steuerung einer Produktion zu unterstützen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass MES das ideale Tool für die Umsetzung des SIT-Gedankens sind, da sie einen Überblick sowie auch eine Detailsicht der Produktion ermöglichen. Somit unterstützt es wirkungsvoll Lean Planing, Lean Manufacturing und ermöglicht eine zeitnahe reaktive Planung unter Berücksichtigung der aktuellen Kapazitäten. Durch den hohen Informationsumfang in Echtzeit, ihrer Prozessnähe und der Individualisierung der erhobenen und ausgewerteten Daten schaffen sie die geforderte Transparenz und ermöglichen die für eine wirtschaftliche, flexible und termintreue Produktion unerlässliche Reaktionsfähigkeit.

2.2 VDI-Modell zu MES

Seit den Anfängen der MES Entwicklung in den 80er Jahren gibt es eine Vielzahl an Bemühungen, MES Systeme zu beschreiben und weiter zu entwickeln. Eine Reihe von Institutionen z. B. NAMUR, ISA 95, MESA haben es sich zum Ziel gemacht, das Thema MES mit Hilfe von Definitionen und Normierungen weiter zu bringen.

Eine anwenderorientierte Richtlinie ist die VDI 5600. Sie bietet eine aufgabenorientierte Beschreibung von MES und ihren Einsatzpotenzialen, angelehnt an die bestehenden Konzepte der MESA, aber auf die Belange der europäischen Fertigung angepasst. Im Vordergrund der Richtlinie steht die Darstellung der Aufgaben und des Nutzens eines MES System.

Die VDI 5600 definiert die MES-Aufgaben, die gemeinsam eine umfassende Unterstützung des Produktionsprozesses ermöglichen. Die spezifische Ausprägung eines MES muss jedoch nicht die Realisierung aller Aufgaben umfassen, sondern kann dem in der jeweiligen Produktion benötigten Leistungsumfang angepasst werden. Die Aufgaben die, ein MES gemäß VDI wahrnehmen kann sind folgende:

- Feinplanung und Feinsteuerung
- Betriebsmittelmanagement
- Materialmanagement
- Personalmanagement
- Datenerfassung und -verarbeitung
- Leistungsanalyse
- Qualitätsmanagement
- Informationsmanagement
- Auftragsmanagement
- Energiemanagement

Diese Aufgaben sind typischerweise unterhalb der Unternehmensebene in der Fertigungsleitebene und oberhalb der Fertigungs- und Automationsebene zu finden (vgl. Abb. 2.3). Die Grenzen zwischen den Ebenen sind sehr unscharf, da die Bereiche ineinander übergehen und Informationen austauschen. So tauscht ein MES Daten mit einem ERP System der Unternehmensleitebene aus und empfängt und verarbeitet Daten aus der Fertigung. Diese vertikale Integration zwischen den Ebenen und Systemen stellt sicher, dass die verschiedenen Unternehmensebenen mit Informationen aus den jeweils anderen Ebenen versorgt werden. Da die drei Ebenen mit völlig unterschiedlichen Zeithorizonten arbeiten, müssen die Daten zeitgerecht, also wenn sie von der anderen Ebene benötigt werden, ausgetauscht werden. So ist ein MES eher technologieorientiert und agiert zeitnah, während die Aktivitäten im ERP eher kommerziell und mit einem mittelfristigen Zeithorizont angelegt sind.

Die unterschiedlichen Zeithorizonte der Systeme (vgl. Abb. 2.4) spiegeln sich auch in ihrem Nutzen im Regelkreis der Fertigung. So regelt die Automation die Prozesse direkt an und in den Maschinen und Anlagen teils im Millisekundentakt, was ein direktes

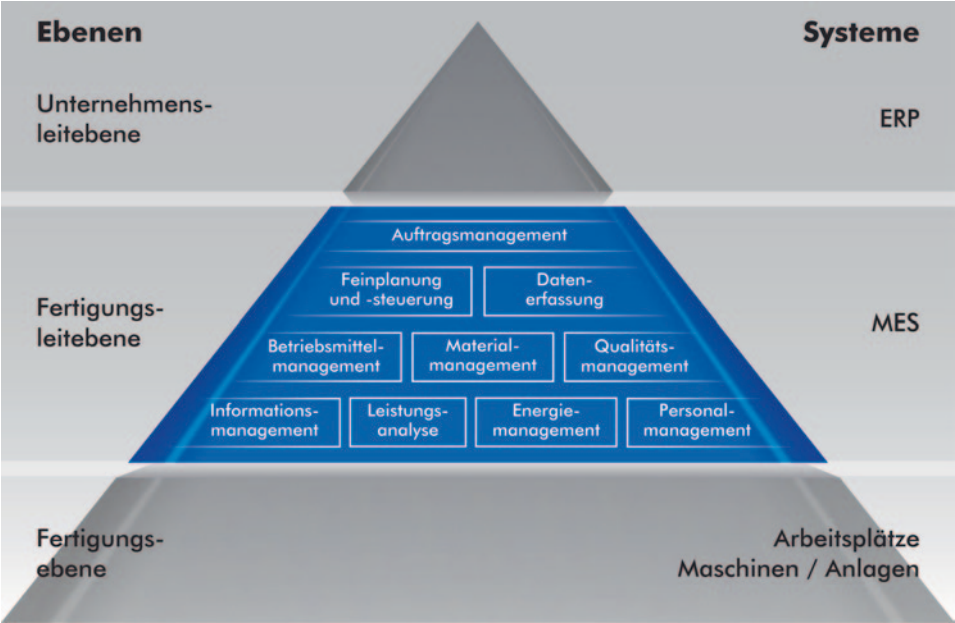


Abb. 2.3 Einordnung von MES in den Leitebenen eines Unternehmens. (Quelle: VDI 5600)

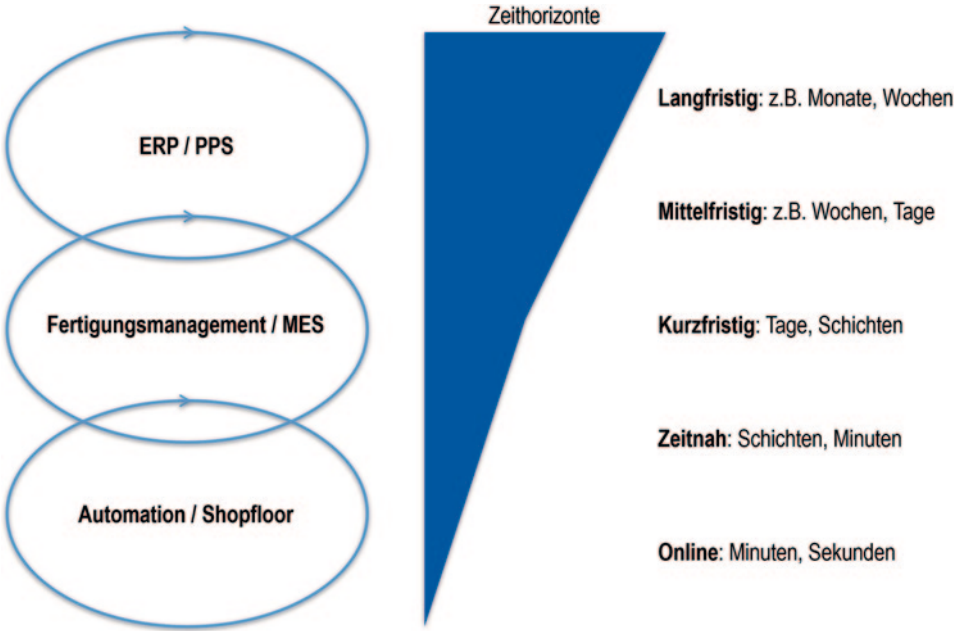


Abb. 2.4 Zeithorizonte der Unternehmensebenen

MES - Manufacturing Execution System
Moderne Informationstechnologie unterstützt die
Wertschöpfung
Kletti, J. (Hrsg.)
2015, XIX, 288 S. 190 Abb. in Farbe., Hardcover
ISBN: 978-3-662-46901-9