2.5.5 Instandhaltungsstrategien vorgestellt: Total Productive Maintenance (TPM)[1]

Instandhaltung findet traditionell im Spannungsfeld zwischen hoher Anlagenverfügbarkeit und möglichst geringen Kosten statt. Instandhaltung soll so einerseits absichern, dass ungeplante Stillstände (Störungen) an Maschinen und Anlagen gänzlich vermieden und geplante Unterbrechungen auf ein Minimum reduziert werden. Nicht zuletzt deshalb, da im Zuge der Lean-Aktivitäten vieler Unternehmen Losgrößen und Lagerbestände erheblich reduziert wurden. Längere ungeplante Produktionsunterbrechungen beeinflussen so sehr schnell die Lieferfähigkeit. Andererseits trägt die Instandhaltung an sich nichts zur Wertschöpfung im Unternehmen bei. Stattdessen verursacht sie Kosten, die nach betriebswirtschaftlichem Kalkül auf ein Minimum zu begrenzen sind.

Instandhaltung befindet sich damit in einem Zielkonflikt und jedem ist wohl klar, dass weder die ausschließliche Betonung der Verfügbarkeit (maximale Ressourcen für die Instandhaltung) noch die der Kosten (keine Instandhaltung) eine befriedigende Antwort zu dessen Lösung bietet. Stattdessen ist ein Kompromiss zu suchen: eben die maximale Anlagenverfügbarkeit mit möglichst geringen Kosten garantieren.

Eine pauschale unternehmensneutrale Aussage über das richtige Verhältnis ist jedoch kaum möglich. Vielmehr gilt es, für die Gestaltung des Kompromisses die Besonderheiten jedes Unternehmens zu berücksichtigen. Fertigungstyp und Fertigungsart spielen dabei ebenso eine Rolle wie Unternehmensstrategie und Kundenverhalten oder eingesetzte Maschinen und vorhandenen Mitarbeiterqualifikationen.

Hilfe auf dem Weg zur Entscheidung bieten die Instandhaltungsstrategien. Die DIN 31051 „Grundlagen der Instandhaltung“ und die DIN EN 13306 „Instandhaltung – Begriffe der Instandhaltung“ bieten dafür erste Anhaltspunkte. So werden unter anderem folgende Instandhaltungsstrategien ausgelistet:

- reaktive Instandhaltung
- präventive Instandhaltung
- predictive (vorausschauende) Instandhaltung

Allerdings sind diese Kategorien noch recht pauschal. So haben sich für die Praxis wesentlich konkretere Formen der Instandhaltungsstrategien herausgebildet:

[1] Autor: Holger Regber

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

- Total Productive Maintenance (TPM)
- Reliability Centered Maintenance (RCM)
- Risk Based Maintenance (RBM)
- Lean Maintenance
- Smart Maintenance

Beginnend ab der aktuellen Auslieferung der Elektrosicherheit werden wir Ihnen diese Instandhaltungsstrategien in einer Serie vorstellen.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Instandhaltung bzw. Instandhaltungsstrategien betrachten die Maschine als Ganzes. Das schließt die Mechanik ebenso ein wie die Pneumatik bzw. Hydraulik oder die Maschinensteuerung und den elektrischen Leistungsteil. Mit dem Hinweis für die Elektrofachkraft (EFK) werden wir Ihnen an diesen Stellen Empfehlungen geben, die aufgrund Ihrer fachlichen Qualifikation Ihre besondere Aufmerksamkeit verlangen.

TPM: maximale Anlagenverfügbarkeit als Ziel

TPM kann sowohl für Total Productive Maintenance als auch fürTotal Productive Management stehen. Beide Ansätze zielen auf eine maximale Anlagenverfügbarkeit bei gleichzeitiger Reduzierung der Instandhaltungskosten. Der Unterschied zwischen beiden Ansätzen ergibt sich aus der Integration des Managements.

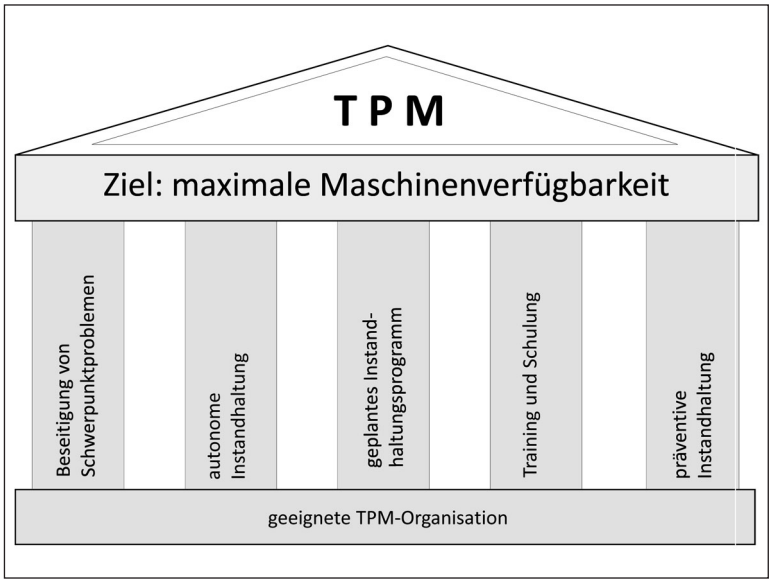
Chronologisch gesehen, wurde zuerst das Total Productive Maintenance entwickelt. Als geistiger Vater gilt der Japaner Seiichi Nakajima, der die Ansätze der präventiven Instandhaltung konsequent weiterentwickelte und daraus ein fünfsäuliges TPM-Modell gestaltete.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

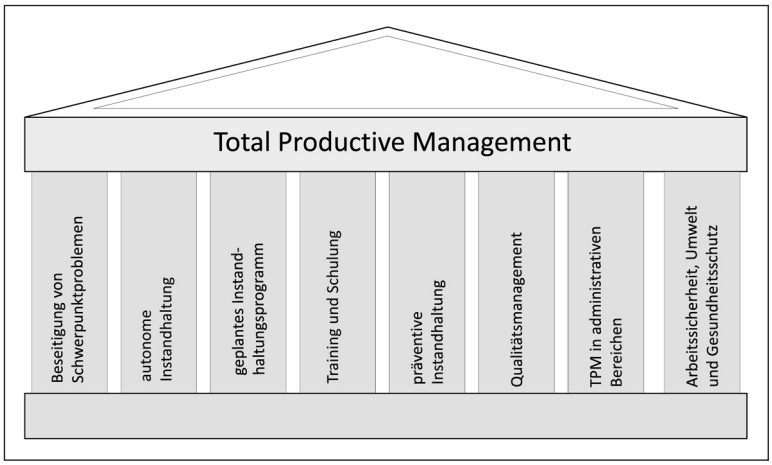
Entnommen aus weka.de/1161

Abb. 1:
Das Total-Productive-Maintenance-Modell



Dieses ist für klassische Serienfertiger von diskreten Produkten sehr gut geeignet. Kommt man jedoch in die Welt der kontinuierlichen Produktion, in der ein Anlagenausfall direkt zum Umsatzverlust führt, dann bietet sich eine Weiterentwicklung an. Diese wurde von einem weiteren Japaner – Kunio Shirose – vorgenommen.

Abb. 2:
Das Total-Productive-Management-Modell



© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Beide Modelle beruhen jedoch auf den gleichen Grundlagen und unterscheiden sich erst bei der Auswahl der Arbeitsschwerpunkte (Säulen). Aus diesem Grund werden wir erst in einem späteren Abschnitt auf die Differenzen zwischen den beiden Ansätze eingehen.

Sechs typische Verlustquellen an Maschinen und Anlagen

Zur Klassifizierung von Verlusten an Maschinen und Anlagen verwendet TPM sechs Kategorien:

- Verluste durch Störungen und Defekte
- Verluste durch Rüst- und Einrichtarbeiten
- Verluste durch Kurzstillstände
- Verluste durch verringerte Geschwindigkeit
- Verluste durch Anlaufprobleme
- Verluste durch Minderqualität und Ausschuss

Jede dieser sechs Verlustgruppen führt zu unterschiedlichen Konsequenzen. Entweder beeinflussen sie die Verfügbarkeit, die Produktivität oder die Qualität. Der Effekt ist jedoch identisch: Benötigte Produkte können nicht geliefert werden. Doch dazu etwas später. Zuerst sollen die sechs typischen Verlustquellen an Maschinen und Anlagen im Detail vorgestellt werden.

Verluste durch Störungen und Defekte

Selbstverständlich sind darunter alle Maschinenstörungen und -defekte zu verstehen – also Stillstände aufgrund von ausgeschlagenen Lagern, abgerissenen Energiezuführungen, zugesetzten Filtern, dejustierten Sensoren, gelockerten Befestigungen, blockierten Antrieben …

Ebenso gehören zu dieser Verlustart aber auch Störungen, die ihre Ursache außerhalb der Maschine haben. Beispielsweise, wenn keine Teile verfügbar sind oder Mitarbeiter kurzfristig ausfallen. Auch Fehlbedienungen der Maschine oder die Sperrung der Fertigung aufgrund von auftretenden Qualitätsproblemen gehören dazu.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Kritisch aus elektrotechnischer Sicht sind vor allem Kabel in beweglichen Leitungsführungen und Sensoren, die rauen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sind. Dort treten erfahrungsgemäß am ehesten Störungen und Defekte auf.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Verluste durch Rüst- und Einrichtarbeiten

Unter Rüst- und Einrichtarbeiten werden der Umbau und die Vorbereitung der Maschine bzw. Anlage für den nächsten Fertigungsauftrag verstanden. Dabei gilt als Definition die Stillstandzeit der Maschine aufgrund von Rüsten. Also vom letzten bis zum ersten Gutteil. Das klassische Wechseln der Vorrichtung bzw. des Werkzeugs gehören ebenso in diese Verlustart wie das Einstellen und Abstimmen der Maschine auf das Rohmaterial bzw. die verwendeten Betriebsmittel. Weiterhin ist der Aufwand für Transporte, für Suchen oder die Freigabe der Produktion durch die Qualitätssicherung einzuschließen.

Verluste durch Kurzstillstände

Unter Kurzstillständen werden all die Störungen verstanden, die zu einer kurzfristigen Unterbrechung des Produktionsablaufs führen. Dazu gehören unter anderem das Verklemmen von Teilen, das Blockieren von Zuführungen oder das Nichterkennen von Material. Im Gegensatz zu Störungen und Defekten werden Kurzstillstände häufig nicht dokumentiert, da ihre Zeitdauer höchstens zwei oder drei Minuten umfasst.

Weiterhin gehören zu dieser Verlustart das Holen und Wegbringen von Material, kurze Pausen der Produktionsmitarbeiter oder Störungen durch Mitarbeiter anderer Funktionsbereiche. Schließlich fällt ebenso das Wechseln der Teile, also das Ausspannen des fertigen Produkts, dessen Reinigung und das Einsetzen eines Rohlings unter diese Verlustart. Für Langläufer mag Letzteres kaum Bedeutung haben. Beträgt dagegen die Fertigungszeit nur wenige Minuten oder gar Sekunden, dann fällt ein Teilewechsel wesentlich erheblicher in Gewicht.

Verluste durch verringerte Geschwindigkeit

Theoretisch bringt die Anlage 520 Teile pro Schicht. Zumindest wurde das durch den Hersteller der Maschine so angegeben. Praktisch wurden auch schon einmal 500 Teile erreicht, aber das war einmalig an einem Tag, an dem es besonders gut lief. In der Regel werden 450 bis 480 Teile produziert, ohne dass ein Auftragswechsel vorgenommen werden musste oder eine Störung auftrat.

Dieser in der Praxis recht häufig anzutreffende Zustand illustriert die vierte Art der Verluste, die durch verringerte Taktgeschwindigkeit. Im Weiteren drängen sich zwei Alternativen auf.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Entnommen aus weka.de/1161

Entweder die Angaben des Herstellers beruhen auf unwahren Aussagen oder es kommt in irgendeiner Form zu Geschwindigkeitsverlusten. Ursache für Letzteres könnten verschlissene Maschinenteile, Manipulationen an Prozesszeiten oder ungenügend aufeinander abgestimmte Prozessschritte sein. Wobei hinzugefügt werden muss, dass in der Praxis selten klar unterschieden werden kann, ob die Ursachen nun tatsächlich in einer verringerten Geschwindigkeit oder auch in Kurzstillständen bestehen. Der Effekt bleibt jedoch. Es wird nicht die Leistung erreicht, die laut Vorgaben möglich wäre.

Verluste durch Anlaufprobleme

Jeden Montag das Gleiche. Die Anlage braucht einfach zwei oder drei Stunden, bis sie vernünftig läuft. Vorher bringt sie nicht die gewünschte Leistung. Einen Teil der Produkte kann man nicht verwenden bzw. muss sie aufwendig nacharbeiten. Und manchmal verabschiedet sich die Anlage gänzlich in eine Störung.

Sie merken, Verluste durch Anlaufprobleme können vielfältige Auswirkung haben. Im Falle einer Störung schränken sie direkt die Nutzung der Maschine ein. Den gleichen Effekt rufen prozessbedingte Anläufe hervor – bspw. das Aufheizen von Härte- oder Sinteröfen. Auch können diese Verluste sehr häufig Auswirkungen auf die Leistung der Anlage haben. Es werden einfach nicht die Stückzahlen erreicht, die nach einer bestimmten Betriebszeit möglich sind. Und schließlich kann es geschehen, dass die Ausschussrate während des Maschinenanlaufs, dem Warmwerden, dem sich Aufeinander-Einspielen der Anlagenteile, erheblich steigt.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Ein typisches Beispiel für Anlaufverluste sind Lötanlagen, da diese nach Einschalten nicht selten eine längere Zeit zum Aufbau der Betriebstemperatur benötigen.

Verluste durch Minderqualität und Ausschuss

Was unter Minderqualität und Ausschuss zu verstehen ist, braucht an dieser Stelle sicher nicht weiter erklärt zu werden. Ebenso logisch ist es, dass diese Schrott- oder Nacharbeitsproduktion die Maschinenverfügbarkeit erheblich einschränkt. Denn wem nutzt schon eine störungsfreie und mit der vorgegebenen Leistung arbeitende Maschine, die eine Vielzahl von nicht verwendbaren Teilen herstellt. Dementsprechend ist die Qualität in die Betrachtung zur Maschinenverfügbarkeit zu integrieren.

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Das Erfassen der Verlustquellen mittels Kennzahlen

Diese sechs Verlustquellen erfassen alle Situationen, in denen bestehende Fertigungsaufträge nicht oder nur verzögert durch die Maschine bearbeitet werden können. Vereinfacht ausgedrückt: Es ist Arbeit vorhanden, die allerdings nicht ausgeführt werden kann. Um diese nun weiter zu identifizieren, unterscheidet man in drei Gruppen.

Verringerung des Nutzungsgrads der Maschine

Hierunter fallen alle klassischen Störungen, Ausfälle und Defekte an der Maschine. Also Ereignisse, die dazu führen, dass die Anlage nicht genutzt werden kann. Weiterhin sind darunter die Stillstandzeiten aufgrund von Umbau- und Einrichtarbeiten zu verstehen.

Verringerung des Leistungsgrads der Maschine

Eine zweite Gruppe von Verlusten verbirgt sich hinter dem Begriff Leistungsgrad. In diesem Fall läuft die Maschine, aber die theoretisch mögliche Stückzahl pro Zeiteinheit wird nicht erreicht. Damit fokussiert diese Gruppe vor allem die Verluste durch Kurzstillstände und verringerte Geschwindigkeiten.

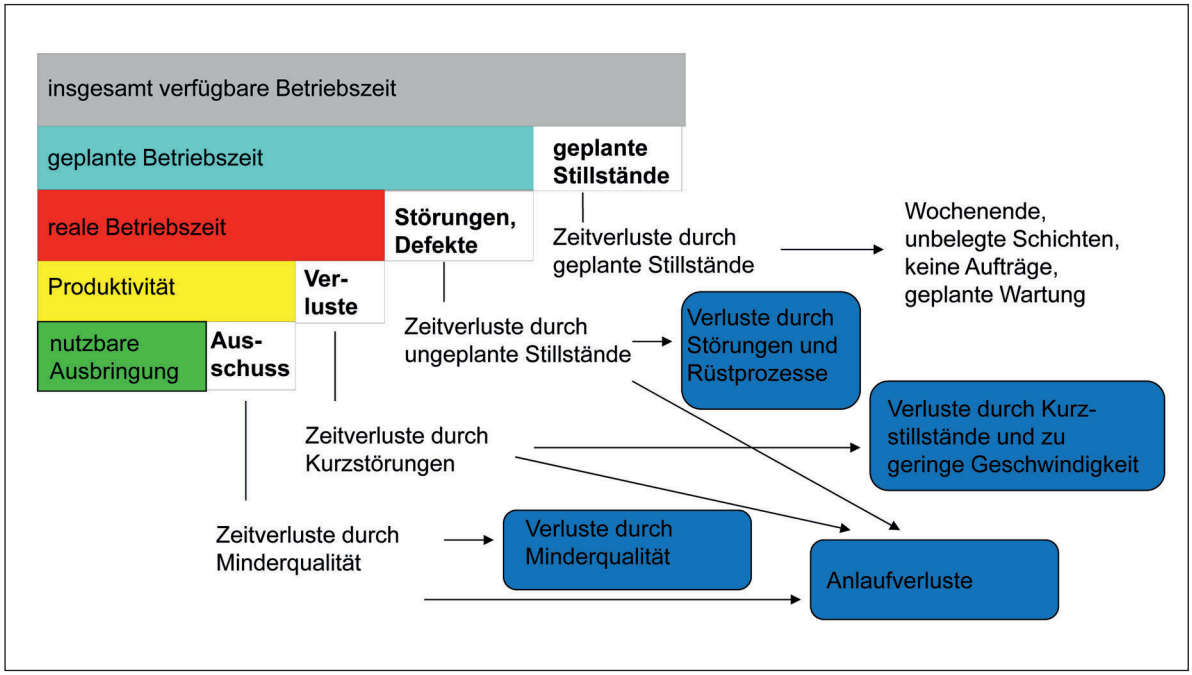
Verringerung des Qualitätsgrads der Maschine

Die dritte Gruppe schließlich fokussiert die Verluste durch Minderqualität oder Ausschuss. Sie umfasst alle Teile, die durch die Maschine zwar bearbeitet wurden, aber durch vorhandene Gegebenheiten nicht die Qualitätsparameter des Kunden erfüllen.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Abb. 3:
Die sechs Verlustquellen und deren Zuordnung zu den Verlustgruppen



Wie aus der Grafik deutlich wird, ist eine ungenügende Maschinenverfügbarkeit damit keinesfalls allein durch die Instandhaltung zu vertreten. Vielmehr existiert eine Vielzahl von Einflussfaktoren, die durch die unterschiedlichsten betrieblichen Funktionen verursacht werden. Fehler beim Zuliefermaterial und ungenügende Qualifizierung der Produktionsmitarbeiter, unklare Qualitätsvorgaben und Unzulänglichkeiten in der Konstruktion des Teils sind nur einige davon und mögen exemplarisch an dieser Stelle aufgeführt sein.

So betrachtet, scheint zwar die Instandhaltung im ersten Moment für die Maschinenverfügbarkeit verantwortlich, tatsächlich aber ist es eine Aufgabe für das gesamte Unternehmen. Dementsprechend ist die Verbesserung der Maschinenverfügbarkeit immer als interdisziplinäre Aufgabe zu verstehen, an der Vertreter unterschiedlichster Abteilungen arbeiten werden, um zu deutlichen Erfolgen zu gelangen. Dass dabei die Instandhaltung Koordinations- und Steuerungsaufgaben erhält, steht auf einem anderen Blatt.

Um nun diese Verluste dem gesamten Unternehmen zu verdeutlichen, existieren zwei entscheidende Kennzahlen.

Entnommen aus weka.de/1161

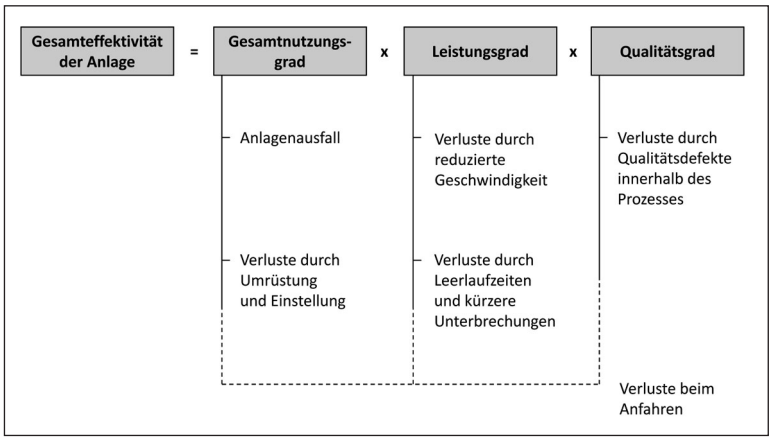
© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Entnommen aus weka.de/1161

Die Kennzahl Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Die Overall Equipment Effectiveness (OEE) wird in Deutsch auch als Gesamtanlageneffektivität (GEFF, GAE) bezeichnet und gibt einen vollständigen Überblick über die Produktivität einer Maschine. Mit ihrer Hilfe werden Störungen ebenso wie Rüst- und Einrichtzeiten, Kurzstillstände oder verringerte Taktgeschwindigkeiten erfasst. Die nachfolgende Grafik stellt die jeweiligen Einflussfaktoren auf die OEE dar.

Abb. 4:
Der Einfluss der Verlustgruppen und typischen Verluste auf die OEE



Wie bereits aus der Grafik deutlich wird, besteht die OEE aus drei Komponenten: dem Gesamtnutzungsgrad, dem Leistungsgrad und dem Qualitätsgrad.

Der Gesamtnutzungsgrad

Der Gesamtnutzungsgrad (NG) bildet das Verhältnis zwischen Maschinenlaufzeit (TL) und der Planbelegungszeit (TB).

$NG = T_L \cdot T_B$

Dabei wird unter Maschinenlaufzeit (TL) die Zeit verstanden, während der die Maschine tatsächlich arbeitet. Dementsprechend sind Ausfallzeiten, Rüstzeiten oder Nebenzeiten zu subtrahieren.

Der Leistungsgrad

Unter Leistungsgrad wird das Verhältnis zwischen realer Bearbeitungsgeschwindigkeit und Nettobearbeitungszeit verstanden.

$LG = (n_{gesamt} \cdot t_{geplant}) \div T_L$

n_{gesamt} gibt dabei die reale Zahl der Produkte an, die im jeweiligen Zeitraum gefertigt wurde.

Unter $t_{geplant}$ versteht man die geplante Taktzeit, also die, mit der die Anlage bestellt und geliefert wurde. Bitte verwechseln

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Sie diese Zeit nicht mit Norm- oder Vorgabezeiten. Zum einen sind in diesen bereits persönliche Verteilzeiten enthalten. Zum anderen beziehen sich diese Norm- oder Vorgabezeiten in der Regel auf die Leistungserfassung des Mitarbeiters. Obwohl geplante Taktzeit und Norm- bzw. Vorgabezeit damit im Zusammenhang zu stehen scheinen, sind sie in ihrer Erfassung prinzipiell unterschiedlich.

Der Qualitätsgrad

Der Qualitätsgrad gibt das Verhältnis zwischen Gutteilen und insgesamt gefertigten Teilen an.

$$QG = (n_{gesamt} - n_{Nacharbeit} - n_{Ausschuss}) \div n_{gesamt}$$

Die Overall Equipment Effectivness (OEE)

Aus diesen drei Komponenten ergibt sich nun die OEE:

$$OEE = NG \cdot LG \cdot QG \cdot 100\ \%$$

$$OEE = (T_L \div T_B) \cdot ((n_{gesamt} \cdot t_{geplant}) \div T_L) \cdot ((n_{gesamt} - n_{Nacharbeit} - n_{Ausschuss}) \div n_{gesamt}) \cdot 100\ \%$$

Diese Formel lässt sich vereinfachen:

$$OEE = t_{geplant} \cdot (n_{gesamt} - n_{Nacharbeit} - n_{Ausschuss}) \div T_B \cdot 100\ \%$$

Berechnungsbeispiel

An einer Montageanlage für elektrische Leistungsschaltgeräte soll die OEE ermittelt werden. Die Wochenarbeitszeit beträgt 10 Schichten à 8 Stunden. In dieser Zeit wurde die Montageanlage vollständig genutzt. Insgesamt wurden 572 Teile gefertigt, davon waren zwei Stück Ausschuss und drei Teile mussten nachgearbeitet werden. Die geplante Taktzeit beträgt 6:12 min.

$$OEE = t_{geplant} \cdot (n_{gesamt} - n_{Nacharbeit} - n_{Ausschuss}) \div T_B \cdot 100\ \%$$

$$OEE = 372\ s \cdot (572 - 3 - 2) \div 288.000\ s \cdot 100\ \%$$

$$OEE = 73{,}2375\ \%$$

Für die Erfassung der OEE werden in der Praxis häufig softwaregestützte Hilfsmittel genutzt. Es ist aber ebenso möglich, sie manuell zu erfassen.

Die Kennzahl Total Effective Equipment Productivity (TEEP)

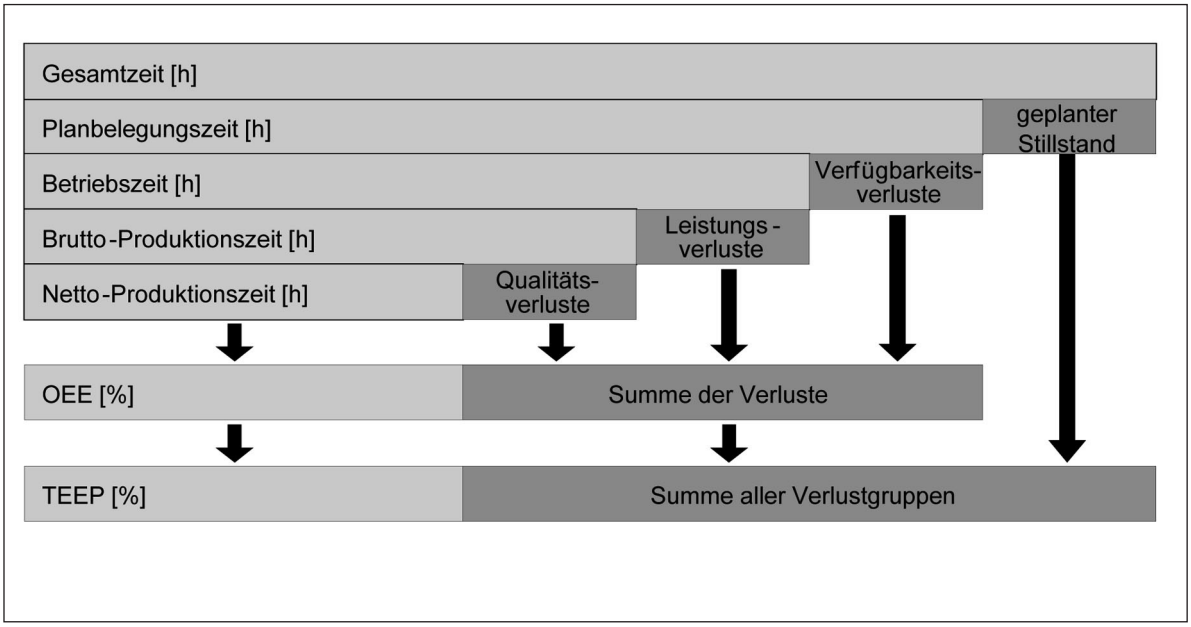
TEEP steht für Total Effective Equipment Productivity bzw. für den deutschen Begriff absolute Anlagenproduktivität. Sie erweitert die Kennzahl OEE um die Planbelegungszeit und gibt damit das Verhältnis zwischen tatsächlich produktiver Zeit

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

einer Maschine bzw. Anlage zur theoretisch möglichen Nutzungszeit an.

Abb. 5:
Berechnungsstruktur der Kennzahl TEEP



Die TEEP ergibt sich aus der Multiplikation des Planbelegungsgrads (PG) mit dem Nutzungs-, dem Leistungs- und dem Qualitätsgrad.

$$TEEP = PG \cdot NG \cdot LG \cdot QG \cdot 100\ \%$$

Das Produkt aus Nutzungs-, Leistungs- und Qualitätsgrad wurde bereits als OEE definiert. Unter Planbelegungszeit ist der für einen bestimmten Zeitraum geplante Betrieb einer Maschine zu verstehen. So ermittelt sich die Planbelegungszeit für eine Woche aus in folgender Form.

$$PG = \frac{\text{(theoretisch maximale Betriebszeit – geplante Stillstände)}}{\text{theoretisch maximale Betriebszeit}}$$

Somit wandelt sich die Formel in folgende Darstellung um:

$$TEEP = \frac{\text{(theoretisch maximale Betriebszeit – geplante Stillstände)}}{\text{theoretisch maximale Betriebszeit}} \cdot OEE$$

Eine Montageanlage für elektrische Leistungsschaltgeräte wird an 10 Schichten pro Woche mit je 8 Stunden genutzt. Die maximal mögliche Wochenarbeitszeit beträgt sieben Tage à 24 Stunden. Die OEE wurde mit 73,24 % ermittelt.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

TEEP = (Gesamtzeit – geplante Stillstände) · OEE ÷ Gesamtzeit =

= (7 d · 24 h – (7 d · 24 h – 10 Schichten · 8 h)) ·73,24 % ÷ (7 d · 24 h) =

= (168 h – (168 h – 80 h)) · 73,24 % ÷ 168 h =

= 34,88 %

Die TEEP betrachtet im Gegensatz zur OEE die zur Verfügung stehende Gesamtzeit einer Produktionsanlage. Damit eignet sie sich vor allem zur Kapazitätsplanung. Mit ihrer Hilfe können Investitionen in Maschinen und Anlagen kritisch hinterfragt und unter Umständen reduziert werden, da sie entsprechende Kapazitätsreserven ausweist.

Zudem können mit ihrer Hilfe Aussagen über die Effektivität von Anlagen der Prozessindustrie (Unternehmen der chemischen Industrie, Kraftwerke, elektrische Stromversorgungseinrichtungen u.Ä.) erfolgen, da diese Anlagen in der Regel durchgehend betrieben werden. Das ist ebenso für Unternehmen aus der Großserien- bzw. Massenfertigung möglich.

In der Serien- und Sortenfertigung sollte man jedoch die Kennzahl TEEP sorgsam einsetzen. Häufig wird der Fehler gemacht, auf der Basis der TEEP Vergleiche zwischen Werken in verschiedenen Ländern zu ziehen. Dabei bleiben jedoch unterschiedliche gesellschaftliche, kulturelle und gesetzliche Rahmenbedingungen unberücksichtigt.

Außerdem sollte beachtet werden, dass eine starke Fixierung auf diese Kennzahl bei verminderter Nachfrage zu Fehlsteuerungen führen kann. Denn in diesem Fall nimmt der Markt die Produkte nicht auf und es entstehen hohe Lagerbestände an Fertigware.

Das TPM-Modell

Wie bereits erwähnt, baut nun das TPM-Modell als Total Productive Maintenance (fünf Säulen) oder als Total Productive Management (acht Säulen) auf den typischen Verlusten und Verlustgruppen auf.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

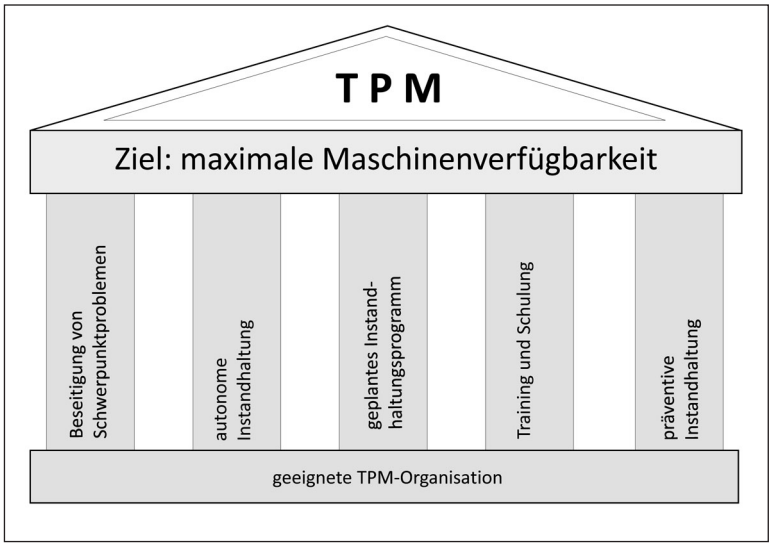


Abb. 6:
Das Total-Productive-Maintenance-Modell

Dabei haben die Säulen folgende Bedeutung:

- **Beseitigung von Schwerpunktproblemen:** In dieser Säule werden die vorhandenen Schwerpunktprobleme identifiziert, analysiert sowie deren Ursache beseitigt. Ziel ist die Schaffung einer stabilen Ausgangsbasis für die weitere Optimierung. Die Auswertung der Probleme erfolgt mit klassischen Problemlösungswerkzeugen wie der Pareto-Analyse, dem 5-mal-Warum, dem Ishikawa-Diagramm oder auch dem A3-Report.
- **Autonome Instandhaltung:** Die Säule „Autonome Instandhaltung" verfolgt das Ziel, die Produktionsmitarbeiter für ausgewählte Instandhaltungsarbeiten an ihren Maschinen und Anlagen zu befähigen. Das beginnt mit einer grundlegenden Reinigung und Inspektion der Maschine und führt bis zur teilweisen Übernahme von Instandhaltungstätigkeiten durch die Maschinenbediener.
- **Geplantes Instandhaltungsprogramm:** In diesem Schwerpunktbereich werden einerseits die Wartungs- und Instandhaltungspläne mit den Produktionsplänen abgestimmt und andererseits die Prozesse in der Instandhaltung effizienter gestaltet.
- **Training und Schulung:** Die Säule „Training und Qualifizierung" sorgt dafür, dass die Maschinenbediener das notwendige Instandhaltungswissen und die Instandhalter die benötigten Produktionskenntnisse erwerben. Zudem wird der Fokus auf die Kommunikation zwischen Instandhaltern und Maschinenbedienern gelegt.
- **Produktions- und instandhaltungsgerechte Anlagenplanung:** In dieser Säule werden die gesammelten Erfahrungen als Grundlage für den Erwerb neuer Maschinen und Anlagen

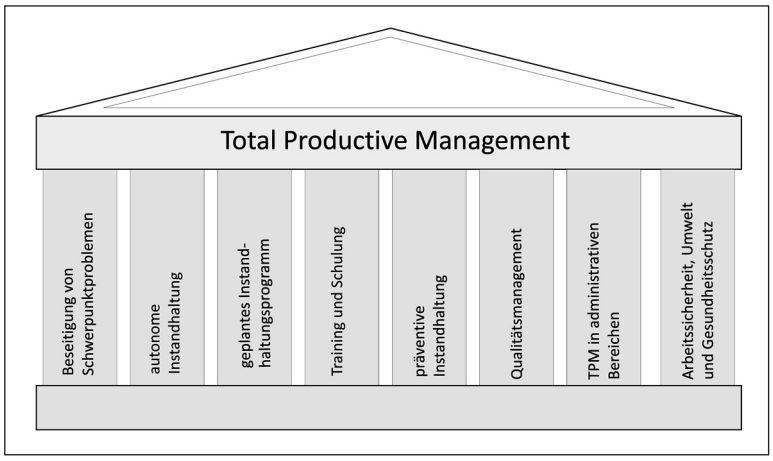
Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

vereint. Im Mittelpunkt stehen dabei Kriterien wie Zuverlässigkeit, Ersatzteilstrategie, Instandhaltbarkeit, schnelles Rüsten und Service.

Das Total-Productive-Management-Modell geht eine Stufe weiter, fokussiert TPM vor allem für die Prozessindustrie und fügt drei weitere Säulen hinzu.

Abb. 7: Das Total-Productive-Management-Modell



- **Qualitätsmanagement:** Umfasst alle Bereiche der Qualitätssicherung und schließt den Aspekt der Prozessqualität ein. Das Qualitätsmanagement zielt vor allem darauf, die Fertigungsprozesse qualitätsstabil zu gestalten und Verluste aufgrund verminderter Qualität auszuschließen.
- **TPM in administrativen Bereichen:** Nicht selten werden Anlagenverluste auch durch die administrativen Bereiche verursacht. Aufgrund von falscher Steuerung der Produktion, ungenügender Personalplanung, durch Defizite im Vertriebs- oder Beschaffungsbereich. Diese Säule zielt nun darauf, auch die unterstützenden Prozesse zu so optimieren, dass Fehler ausgeschlossen werden können.
- **Arbeitssicherheit, Umwelt- und Gesundheitsschutz:** Die achte Säule des Total-Productive-Management-Modells von Shirose zielt auf das Vermeiden von gesundheitlichen Risiken der Mitarbeiter, aber auch auf das Ausschließen von Umweltgefährdungen.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Entnommen aus weka.de/1161

Die Einführung von TPM: Start mit der autonomen Instandhaltung

Für die Einführung von TPM hat es sich bewährt, mit der zweiten Säule zu beginnen. Erfahrungsgemäß werden durch den Prozess zur autonomen Instandhaltung alle anderen Säulen nahezu zwangsläufig angestoßen.

Das Ziel der autonomen Instandhaltung besteht darin, die Maschinenbediener für den Zustand ihrer Maschinen zu sensibilisieren und sie zu einfacheren Wartungs- und Instandhaltungstätigkeiten zu befähigen. Insgesamt soll erreicht werden, dass sie sich als verantwortlich für ihre Maschinen betrachten. Der Instandhalter agiert stattdessen als interner Dienstleister. Dies geschieht in Form eines Stufenmodells.

Stufe 1: Grundreinigung der Maschine mit erster Überprüfung

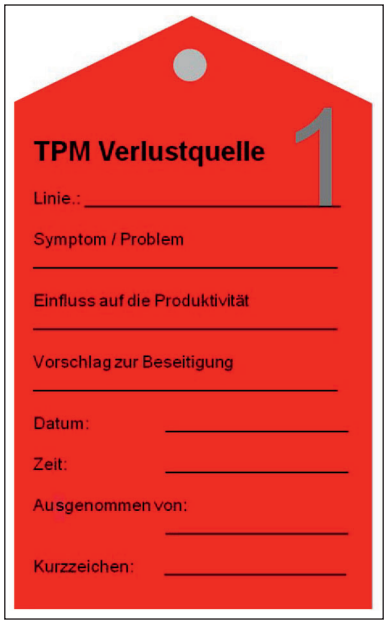
In der ersten Stufe sollen den Maschinenbedienern die Probleme und Anomalitäten ihrer Maschine bewusst gemacht werden, welche zu ungeplantem Maschinenstillstand führen. Sie lernen Problemschwerpunkte an ihren Maschinen kennen und erwerben so die Voraussetzung, diese in einem späteren Schritt gemeinsam mit der Instandhaltung abzustellen. Zu diesen Problemschwerpunkten gehören unter anderem überhitzte oder lockere Bauelemente, Vibrationen, verschmutzte oder verdeckte Schmiernippel, Ölleckagen, ungenau positionierte Endschalter. Diese erste Stufe beginnt in der Regel mit einer Einführungsveranstaltung, die die Beteiligten mit den Inhalten des TPM-Konzepts im Allgemeinen und der autonomen Instandhaltung im Speziellen vertraut macht.

An diese Einführungsveranstaltung, zu der in der Regel nicht nur die Maschinenbediener, sondern auch Führungskräfte und Mitarbeiter aus indirekten Bereichen, insbesondere aus der Instandhaltung eingeladen werden, schließt sich sofort eine gemeinsame Grundreinigung der Maschinen mit erster Überprüfung an. Während dieser Grundreinigung werden alle potenziellen Fehlerquellen und schlecht erreichbaren Wartungsschwerpunkte mit sogenannten TPM-Etiketten gekennzeichnet.

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Entnommen aus weka.de/1161

Abb. 8:
Beispiel für ein TPM-Etikett



Die erste Stufe der autonomen Instandhaltung wird mit einem Audit abgeschlossen. Einen entsprechenden Vorschlag finden Sie hier:

Abb. 9:
Vorschlag für ein Audit nach der ersten Stufe der autonomen Instandhaltung

Vorschlag für ein Audit nach der ersten Stufe der autonomen Instandhaltung

Datum:			Schicht:			
Geprüft von:			Abteilung:			Maschine:
Merkmal	**Bewertung**					**Bemerkungen**
	große Defizite	verbesserungs-bedürftig	genügend	gut	sehr gut	
1. Sind alle Mitarbeiter zur autonomen Instandhaltung geschult?						
2. Nehmen alle Mitarbeiter an den Aktivitäten zur autonomen Instandhaltung teil?						
3. Wurden entdeckte Mängel konsequent durch TPM-Etiketten gekennzeichnet und in der Problemliste dokumentiert?						
4. Sind Maschinen/Anlagen, Werkzeuge sowie der Arbeitsplatz und das Umfeld gereinigt?						
5. Wurden Sicherheitsvorkehrungen nach "Sicherheitsprüfliste" überprüft und wurden Mängel benannt?						
6. Wurde die Schmierung nach Schmierprüfliste überprüft und wurden Mängel benannt?						
7. Wurden die Maschinen- und Anlagenstörungen konsequent dokumentiert und bearbeitet?						

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Bitte achten Sie darauf, dass sich alle Beteiligten an die Unfallverhütungsvorschriften halten. Arbeiten an elektrischen Systemen und Schaltschränken dürfen ausschließlich nur von entsprechend qualifizierten Personen vorgenommen werden.

Stufe 2: Maßnahmen gegen Verschmutzungsquellen und potenzielle Störungen umsetzen

Dieses ganze Dokumentieren der potenziellen Fehlerquellen, der schlecht erreichbaren Wartungsschwerpunkte und ungenügenden Sicherheitsvorkehrungen ist natürlich wertlos, wenn diese nicht schnellstmöglich abgestellt werden. Dieses Abstellen der erkannten Unzulänglichkeiten geschieht in Stufe 2 der instandhaltenden Produktion. Darüber hinaus werden in der 2. Stufe ...

- Maßnahmen zur Vereinfachung von Reinigungsabläufen eingeleitet,
- die Beseitigung von Verschmutzungsquellen forciert,
- eine Vereinfachung von Inspektionsabläufen angestrebt,
- die Möglichkeiten zur Wartung verbessert,
- Maßnahmen zur Verhinderung von Verschmutzung definiert und umgesetzt.

Das geschieht in gemeinsamer Arbeit von Instandhaltung und Maschinenbedienern, bei Bedarf werden Kollegen aus der Betriebsmittelkonstruktion hinzugezogen.

Einen Vorschlag für ein Audit nach der zweiten Stufe der autonomen Instandhaltung finden Sie hier:

Abb. 10:
Vorschlag für ein Audit nach der zweiten Stufe der autonomen Instandhaltung

Vorschlag für ein Audit nach der zweiten Stufe der autonomen Instandhaltung

Datum:			Schicht:			
Geprüft von:			Abteilung:			Maschine:
Merkmal	**Bewertung**					**Bemerkungen**
	große Defizite	verbesserungs-bedürftig	genügend	gut	sehr gut	
1. Kennen alle Mitarbeiter die Kennzahl OEE?						
2. Sind alle in Stufe 1 gefundenen Abnormalitäten beseitigt bzw. Gründe für Nichtbeseitigung benannt? (z.B. zu hohe Kosten)						
3. Wurden Maßnahmen zur Vereinfachung von Reinigungsabläufen eingeleitet?						
4. Wurde die Beseitigung von Verschmutzungsquellen vorangetrieben?						
5. Wurden die Auswirkungen von vermeidbarer Verschmutzung verringert?						
6. Wurde die Vereinfachung von Inspektionsabläufen verfolgt?						
7. Wurden Wartungsmöglichkeiten verbessert?						

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Stufe 3: Festlegen von vorläufigen Standards für Reinigung und Wartung

Oftmals unberücksichtigt bleibt die Standardisierung der erreichten Ergebnisse. So entsteht der Effekt, dass im Workshop zwar sehr gute Resultate erzielt werden, man aber im Gegenzug nach einigen Wochen feststellt, dass die neuen Abläufe und Arbeitsanweisungen weder allen Mitarbeitern bekannt sind noch von ihnen eingehalten werden. Standardisierung ist so einfach Pflicht!

Nun ist es immer so eine Sache mit Standards. Werden sie von den Führungskräften festgelegt, ist deren Akzeptanz eher geringer. Aus diesem Grund sollen die Standards gemeinsam von Produktionsmitarbeitern und Instandhaltung erarbeitet werden. So hat jeder die Möglichkeit, seine Überlegungen und Ideen während der Erarbeitung einzubringen. Ist allerdings die Erarbeitung abgeschlossen, dann gilt der Standard für alle als Arbeitsanweisung. Und zwar genau so lange, bis Schwachstellen in den beschlossenen Maßnahmen deutlich werden und sie durch eine weitere gemeinsame Veranstaltung geändert werden.

Einen Vorschlag für ein Audit nach der dritten Stufe der autonomen Instandhaltung finden Sie an dieser Stelle:

Abb. 11:
Vorschlag für ein Audit nach der dritten Stufe der autonomen Instandhaltung

Vorschlag für ein Audit nach der dritten Stufe der autonomen Instandhaltung

Datum:			Schicht:			
Geprüft von:			Abteilung:			Maschine:
Merkmal	**Bewertung**					**Bemerkungen**
	große Defizite	verbesserungs-bedürftig	genügend	gut	sehr gut	
1. Kennt jeder Mitarbeiter die Reinigungs- und Wartungsschwerpunkte?						
2. Sind die Reinigungspläne vollständig erstellt?						
3. Wurden die Wartungspläne erarbeitet?						
4. Ist das Wartungslayout erstellt?						
5. Sind alle Pläne an der Maschine dokumentiert?						
6. Werden die Pläne/Standards eingehalten und deren Abarbeitung dokumentiert?						
7. Wird die OEE in jeder Schicht durch die Mitarbeiter ermittelt?						

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Wartungsarbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von entsprechend qualifizierten Personen vorgenommen werden.

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

Stufe 4: Produktionsmitarbeiter in die Lage versetzen, Wartung selbstständig durchführen zu können

Natürlich werden die Produktionsmitarbeiter am Anfang Schwierigkeiten haben, die komplette Wartung selbstständig durchzuführen. Die können fachlicher Natur sein, aber auch Probleme in der Organisation dieser Arbeiten sind denkbar. Eine Qualifizierung der Maschinenbediener ist damit unumgänglich. Bitte reduzieren Sie jedoch die Qualifizierung nicht auf ein Seminar. Sicher bietet sich für einige Lerninhalte eine zentrale Vermittlung im Schulungsraum an. Die eigentliche Umsetzung des Gelernten erfolgt jedoch in der Werkhalle. So sollten sich die Instandhalter vorrangig auf Anleitung und Prozessbegleitung vor Ort konzentrieren. Das Abschauen der vielen kleinen Tricks und Kniffe wird so möglich, die Weitergabe jahrelanger Erfahrungen gefördert. Am Anfang übernehmen die Instandhalter damit den wesentlichen Teil der Wartungsarbeiten. Später sind die Maschinenbediener in der Pflicht und die Funktion des Instandhalters orientiert sich mehr auf das Beobachten und Kontrollieren.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Je nach Gegebenheiten schließt diese Phase u.U. die Ausbildung weiterer Elektrofachkräfte ein. Bitte weisen Sie die Verantwortlichen darauf hin und achten Sie auf die entsprechende Umsetzung.

Stufe 5: Selbstständige Wartung durch die Produktionsmitarbeiter

Eine klare Trennung zwischen Stufe 4 und 5 zu ziehen, ist kaum möglich. Auch wenn der Begriff Stufe einen Absatz assoziiert, der Übergang zwischen diesen beiden Stufen ist eher gleitend. Am Anfang werden die Produktionsmitarbeiter in die Lage versetzt, die täglichen und wöchentlichen Wartungsarbeiten selbstständig durchzuführen, später kommen die monatlichen und vierteljährlichen Aufgaben hinzu. Stufe 5 beschreibt, so gesehen, einen erreichten Zustand, der über ständig wiederkehrende Bewertungen zu dokumentieren ist. Weiterhin gehören in diese Stufe, Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch zu schaffen sowie konsequent die Einhaltung und Gültigkeit der Standards zu überprüfen.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Wartungsarbeiten an elektrischen Anlagen dürfen nur von entsprechend qualifizierten Personen vorgenommen werden.

Stufe 6: Produktionsmitarbeiter in die Lage versetzen, einfache Instandsetzungen durchführen zu können

Nachdem die Produktionsmitarbeiter in der Lage sind, Wartungsarbeiten selbstständig durchzuführen, steht als nächster Schritt, sie zu einfachen Instandsetzungen zu befähigen. Damit ist diese Stufe zwangsläufig mit einer weiteren Qualifizierung der Produktionsmitarbeiter verbunden. Unter anderem gehören dazu das Bestimmen von Maschinenhauptkomponenten, die Beschreibung der verwendeten Technologien, das Erfassen von Signal- und Kraftflüssen und das Lesen von Ablaufbeschreibungen bzw. Schaltplänen. Allerdings sollte auch hier

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

im Schwerpunkt die Qualifizierung vor Ort an der Maschine erfolgen, da das Lernen am konkreten Problem vor Ort sehr effizient ist. Der im Schulungsraum abzuhaltende Teil beschränkt sich auf das Wesentliche und thematisiert verallgemeinerbare bzw. ergänzende Inhalte.

Als Trainer und Prozessbegleiter arbeiten wiederum die Mitarbeiter der Instandhaltung. Treten Störungen an der Maschine auf, so ist der Produktionsmitarbeiter angehalten, die Störung zu beschreiben. Daran schließen sich die Bestimmung möglicher Fehlerorte, deren gemeinsame Überprüfung sowie die Behebung des Fehlers an. Anschließend erfolgen die Dokumentation und das Nachdenken darüber, wie dieser Fehler künftig vermieden oder schneller entdeckt werden könnte.

Hinweis für die Elektrofachkraft:

Selbstverständlich sind auch in dieser Stufe die Unfallverhütungsvorschriften zu beachten. Nicht qualifizierte Mitarbeiter dürfen keine Instandsetzungen an elektrischen Systemen ausführen!

Stufe 7: In begrenztem Rahmen selbstständige Instandhaltung durch die Produktionsmitarbeiter

Ebenso wie Stufe 5 beschreibt die Stufe 7 eher einen erreichten Zustand als eine Tätigkeitsliste. In dieser Stufe sind die Produktionsmitarbeiter in der Lage, Instandhaltungsmaßnahmen im begrenzten Rahmen selbstständig durchzuführen. Sie verfügen über die notwendigen Grundqualifikationen, die in weiteren Schritten ergänzt und ausgebaut werden. In Unternehmen mit besonders sensiblen Anlagen, beispielsweise in der Verfahrenstechnik oder auch in der Automobilindustrie wurden für diese Zwecke Elemente aus der Pilotenqualifizierung übernommen. So wie diese Piloten an Flugsimulatoren geschult werden, kann es ratsam sein, Trainingsanlagen aufzustellen. Die Produktionsmitarbeiter haben damit die Möglichkeit, verschiedene Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zu testen, bevor sie in der Realität mit ihnen konfrontiert sind. Weiterhin gehört zu dieser Stufe 7, dass die komplette Dokumentation ihren Platz an der Maschine findet.

Zusammenfassende Bewertung der Instandhaltungsstrategie TPM

Total Productive Maintenance (oder auch Total Productive Management) ist ein mächtiges Tool, dessen Wirkung weit über den eigentlichen Arbeitsbereich der Instandhaltung hinausgeht. Mit dem Fokus auf Beseitigung aller Verluste an Maschinen und Anlagen, die zu Einschränkungen in der Produktivität führen, werden automatisch andere Funktionsbereiche und Abteilungen in den Verbesserungsprozess integriert. Nur auf

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG

dieser Grundlage werden Steigerungen der OEE von 20 % oder gar 25 % möglich.

Die Mächtigkeit des TPM ist aber zugleich auch ihr Nachteil. Denn der Prozess zur vollständigen und nachhaltigen Einführung von TPM kann gut und gern mehrere Jahre in Anspruch nehmen. Das verursacht, wenn auch nicht unbedingt externe Kosten, zumindest aber einen erheblichen internen Aufwand.

Weiterführende Literatur

- Al-Radhi, Mehdi / Heuer, Jörg: Total Productive Maintenance, München 1995
- Hartmann, E.H.: TPM – Effiziente Instandhaltung und Maschinenmanagement, Landsberg am Lech 2001
- Regber, Holger / Zimmermann Klaus: Change Management in der Produktion, München 2007
- Shirose, K.: TPM – New Implementation Program in Fabrication and Assembly Industries. Institute of Plant Maintenance, Tokio/Japan 2007
- May, Constantin / Schimek, Peter: TPM Total Productive Management: Grundlagen und Einführung von TPM - oder wie Sie Operational Excellence erreichen, Erlangen 2015

Entnommen aus weka.de/1161

© WEKA MEDIA GmbH & Co. KG