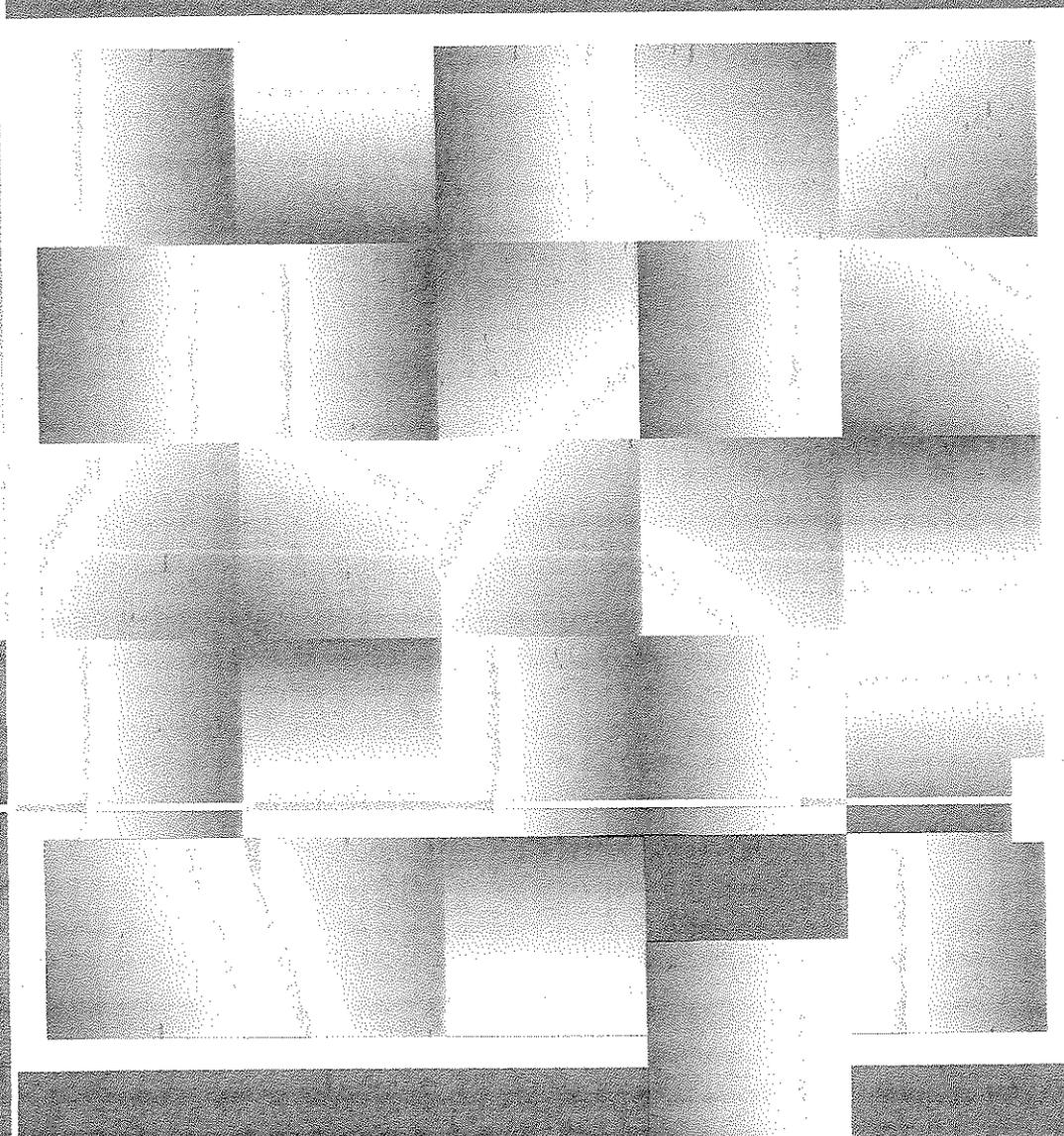


Franz J. Brunner  
Karl W. Wagner

# Qualitäts- management

Leitfaden für Studium und Praxis



Franz J. Brunner  
Karl W. Wagner

# Taschenbuch Qualitätsmanagement

Leitfaden für Studium und Praxis

unter Mitarbeit von  
Numan M. Durakbasa, Kurt Matyas und Peter Kuhlant

5., überarbeitete Auflage

Praxisreihe Qualitätswissen  
Herausgegeben von Franz J. Brunner

HANSER

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar.

ISBN 978-3-446-42516-3

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Alle in diesem Buch enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen dargestellt. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen.

Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Darstellungen und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autoren und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Darstellungen oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Einwilligung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder einem anderen Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – mit Ausnahme der in den §§ 53, 54 URG genannten Sonderfälle –, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2011 Carl Hanser Verlag München Wien

[www.hanser.de](http://www.hanser.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Volker Herzberg

Herstellung: Der Buchmacher, Arthur Lenner, München

Satz: Page create, Berit Herzberg, Freigericht

Coverconcept: Marc Müller-Bremer, Rebranding, München, Germany

Coverrealisierung: Stephan Rönigk

Druck und Bindung: Druckhaus »Thomas Müntzer« GmbH, Bad Langensalza

Printed in Germany

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Qualität als Managementaufgabe</b> .....	1
1.1	Qualitätspolitik .....	1
1.2	Qualitätszielsetzungen .....	3
1.3	Qualitätsmanagementkonzepte .....	4
1.4	Qualitätsstrategien – der Weg zu TQM .....	6
1.5	Wandel der Führungsaufgaben .....	8
	Literatur .....	10
<b>2</b>	<b>TQM im Produktlebenszyklus</b> .....	11
2.1	Der Qualitätskreis und die Qualitätselemente .....	11
2.2	Produktphasenmodell und Qualitätsplanung .....	12
2.2.1	Qualitätsplanung .....	14
2.3	Zuverlässigkeitsmanagement .....	15
2.4	Umweltmanagementsystem UMS .....	18
	Literatur .....	21
<b>3</b>	<b>Organisation der Qualität im Unternehmen</b> .....	22
3.1	Ablauforganisation .....	22
3.2	Aufbauorganisation .....	22
3.2.1	Der Beauftragte der Leitung und die Funktion Qualitätswesen .....	23
3.2.2	Q-Aufbauorganisation im bereichsorientierten Unternehmen .....	23
3.2.3	Q-Aufbauorganisation im prozessorientierten Unternehmen .....	25
3.3	Organisation der Zuverlässigkeit .....	28
	Literatur .....	28
<b>4</b>	<b>Qualität im Beschaffungsprozess</b> .....	30
4.1	Beschaffung: strategische Systempartnerschaft .....	30
4.2	Lieferantenbewertung, Qualitätsvereinbarung .....	31
4.3	Prüfung von Zulieferteilen .....	31
4.3.1	Erstmusterprüfung, PPAP und Zuverlässigkeitsnachweis .....	31
4.3.2	Wareneingangsprüfung, Stichprobenprüfung .....	33
4.3.3	Prüfdynamisierung .....	36

4.3.4	Messdienstleister .....	36
4.4	Beschaffungslogistik im TQM.....	37
4.5	Aufgaben des Beschaffungs- Qualitätsmanagement.....	38
4.5.1	Supply-Chain-Qualitymanagement .....	38
4.6	QS 9000 und VDA 6 ff und die Harmonisierung in der ISO/TS 16949 .....	39
4.6.1	Struktur und Konzept von QS 9000, 3.Edition .....	40
4.6.2	Forderungen der QS 9000 .....	40
4.6.3	Zertifizierung nach QS 9000 .....	41
4.6.4	VDA Band 6.ff Qualitätsaudit .....	41
4.6.5	ISO/TS 16949 Die Harmonisierung von „Qualitysystems – Automotive Suppliers“ .....	41
	Literatur.....	42
<b>5</b>	<b>Qualitäts- und Zuverlässigkeitsziele</b> .....	<b>44</b>
5.1	Globale QZ-Ziele, Zielplanung .....	44
5.2	Qualitätsziele-Ebenen .....	45
5.3	Beispielhafte QZ-Zielvorgaben und Kennzahlen.....	46
5.3.1	Qualitätsorientierte Balanced Scorecard .....	55
5.4	Zielvereinbarungen .....	56
	Literatur.....	56
<b>6</b>	<b>Einführung eines QM-Systems</b> .....	<b>57</b>
6.1	Entscheidung der obersten Leitung .....	57
6.2	Festlegung der Qualitätspolitik und der Qualitätsziele .....	58
6.3	Einführungsplanung .....	59
6.4	Schulungen und Arbeitsgruppen.....	61
6.4.1	Einrichtung von Arbeitsgruppen.....	62
6.5	Analyse des Istzustandes .....	62
6.5.1	Prozessanalyse.....	63
6.5.2	Produktanalyse .....	64
6.5.3	Sammlung der vorhandenen Dokumente .....	64
6.5.4	Schwachstellenanalyse.....	65
6.5.4.1	Schwachstellen im Qualitätsmanagementsystem .....	67
6.5.5	Soll-Ist-Vergleich, Normabgleich und Umsetzungsmaßnahmen .....	68
6.6	Prozessmanagement .....	69

6.6.1	Funktionsorientierte Sichtweise des Unternehmens.....	69
6.6.2	Prozessorientierte Sichtweise eines Unternehmens.....	70
6.6.3	Grundlagen der Prozessorientierung .....	70
6.7	Dokumentation des QM-Systems .....	73
6.7.1	Qualitätsmanagementhandbuch .....	73
6.7.1.1	Maßnahmen zur Erstellung des QM-Handbuchs .....	74
6.7.1.2	Aufbau des QM-Handbuchs .....	74
6.7.2	QM-Prozessbeschreibung .....	76
6.7.2.1	Aufbau der QM-Prozessbeschreibung .....	76
6.7.3	Tätigkeitsbezogene Dokumente .....	79
6.8	Prozessorientierte Audits auf der Basis der ISO 9001 .....	79
6.8.1	Bedeutung und Zielsetzung prozessorientierter Audits .....	79
6.8.2	Auditarten.....	79
6.8.2.1	Systemaudit.....	79
6.8.2.2	Prozessaudit.....	80
6.8.2.3	Produkt-/Dienstleistungsaudit.....	80
6.8.3	Planung und Durchführung eines Systemaudits.....	80
6.8.4	Planung und Durchführung eines Prozessaudits.....	87
	Literatur.....	89
<b>7</b>	<b>Regelwerke, Normen und Zertifikate.....</b>	<b>90</b>
7.1	Grundsätzliches .....	90
7.2	Standards und Richtlinien für das Qualitätsmanagement .....	91
7.2.1	Entwicklung der Qualitätsmanagementnormen .....	91
7.2.2	Die Normenreihe ISO 9000, 9001 und 9004: Inhalte und Unterschiede (Stand Oktober 2010).....	92
7.2.2.1	Normenreihe ISO 9000.....	92
7.2.3	Definition des Prozessmodells der ISO 9000 .....	93
7.2.4	Prozessmodell .....	93
7.2.4.1	Konzept der ISO 9001/ISO 9004.....	95
7.2.4.2	Kapitel und Unterkapitel der ISO 9001 .....	96
7.3	Standards und Richtlinien für das Zuverlässigkeitsmanagement .....	98
7.4	Richtlinien und Verordnungen für das Umweltmanagement.....	99
7.4.1	EMAS Verordnung (EG-Vo. Nr. 1221/2009) .....	99
7.4.2	ISO 14000 Normenreihe .....	100
7.4.3	BS 7750:94 .....	101
7.5	Sicherheitsmanagementsysteme SMS .....	102
7.6	Zertifizierung von Qualitäts- und Umweltmanagementsystemen.....	102

7.6.1	Zertifizierung von Qualitätsmanagementsystemen .....	102
7.6.1.1	Die Bedeutung der Zertifizierung im gemeinsamen europäischen Markt .....	103
7.6.1.2	Vorbereitung auf ein Zertifizierungsaudit .....	104
7.6.1.3	Ablauf der Zertifizierung .....	104
7.6.2	Zertifizierung von Umweltmanagementsystemen .....	107
7.7	CE-Kennzeichnung .....	107
7.7.1	Prüfung von Produkten nach EWG-Richtlinien .....	109
	Literatur .....	111
<b>8</b>	<b>Qualität im Entwicklungsprozess .....</b>	<b>113</b>
8.1	Integrierte Produktentwicklung .....	113
8.1.1	Entwicklungsplanung .....	113
8.1.2	Quality Gates .....	114
8.1.3	Das GD3-Konzept .....	115
8.1.4	Simultaneous Engineering .....	116
8.1.4.1	Design for Manufacture and Assembly DfMA .....	117
8.1.5	Konfigurationsmanagement .....	118
8.1.6	Öko-Design – Design for Environment DfE .....	118
8.2	Quality Function Deployment QFD .....	119
8.2.1	Marktdaten, Kundenanforderungen, Lasten- und Pflichtenheft .....	119
8.2.2	QFD-Ansatz .....	120
8.2.3	QFD-Ablauf .....	121
8.2.4	QFD-Praxis .....	123
8.3	TRIZ – Ideenfindungsmethodik .....	127
8.3.1	Grundsätze der TRIZ-Ideenfindung .....	127
8.3.2	Phasen der TRIZ-Methodik .....	127
8.4	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse FMEA .....	128
8.4.1	FMEA-Vorbereitung .....	129
8.4.2	System- und Funktionsanalyse .....	130
8.4.3	FMEA-Durchführung .....	130
8.4.3.1	Brainstorming, Ursache-Wirkung-Diagramm, .....	130
8.4.3.2	Fehler – Folgen – Ursachen: Risikoanalyse .....	132
8.4.3.3	Risikobewertung .....	132
8.4.3.4	Verbesserungsmaßnahmen, Optimierung .....	133
8.4.4	FMEA-Praxis .....	136
8.5	Fehlerbaumanalyse FTA (Fault Tree Analysis) .....	136

8.5.1	Qualitative und quantitative Analyse.....	139
8.5.2	Ausfallkategorien, Verknüpfungen.....	139
8.5.3	Ablauf der Fehlerbaumanalyse.....	141
8.6	Statistische Versuchsplanung – Design of Experiments DOE.....	141
8.6.1	Vorgehensweise bei der Versuchsplanung.....	143
8.6.2	Versuchsmethoden.....	145
8.6.2.1	Ein-faktorieller Versuch (one-by-one).....	145
8.6.2.2	Vollfaktorieller Versuch.....	145
8.6.2.3	Teil-faktorieller Versuch.....	146
8.6.2.4	Teil-faktorieller Versuch nach Taguchi.....	147
8.6.2.5	Versuchsmethodik nach Shainin.....	149
8.6.2.6	Regressionsanalytisch beschleunigte Evolutionstrategie EES.....	150
8.6.2.7	Auswertung der Ergebnisse.....	150
8.6.3	Methodenvergleich.....	150
8.7	Zuverlässigkeitstechnik.....	151
8.7.1	Zuverlässigkeitsvorausbestimmung.....	151
8.7.1.1	Zuverlässigkeitsmodelle für Systeme (System Modelling).....	151
8.7.1.2	Parts-Count Method PCM.....	153
8.7.1.3	Stress- Strength Analyse.....	153
8.7.1.4	Markow-Analyse und Monte-Carlo-Verfahren.....	154
8.7.2	Zuverlässigkeitsprüfung.....	154
8.7.2.1	Testplanung und Testspezifikationen.....	154
8.7.2.2	Prüfmethoden.....	156
8.7.3	Zuverlässigkeitsanalyse.....	157
8.7.3.1	Analysetechniken.....	157
8.7.3.2	Vertrauensniveau C (Confidence Level).....	157
8.7.3.3	Reparierbare Systeme.....	158
8.7.3.4	Verteilungsfunktionen.....	158
8.7.3.5	Erfolgslauftheorem (Success Run).....	161
8.8	Design Review.....	163
	Literatur.....	164
<b>9</b>	<b>Qualität in der Herstellung.....</b>	<b>166</b>
9.1	Qualitätssicherung und Qualitätslenkung.....	166
9.2	Qualitätsprüfung.....	166
9.2.1	Prüfplanung.....	166

9.2.1.1	Aufgaben der Prüfplanung.....	166
9.2.1.2	Durchführung der Prüfplanung.....	168
9.2.2	Prüfdurchführung.....	168
9.2.2.1	Stichprobenprüfung.....	168
9.2.3	Prüfdatenerfassung und -auswertung.....	169
9.3	Selbstprüfung.....	169
9.4	Problemlösungsmethoden.....	171
9.4.1	Die sieben elementaren Qualitätswerkzeuge (Q7).....	171
9.4.1.1	Fehlersammelliste.....	171
9.4.1.2	Stratifikation/Datenerfassung.....	171
9.4.1.3	Histogramm (Säulendiagramm).....	172
9.4.1.4	Qualitätsregelkarte.....	173
9.4.1.5	Korrelationsdiagramm (Streudiagramm).....	174
9.4.1.6	Pareto-Diagramm.....	175
9.4.1.7	Ursache-Wirkungs-Diagramm (Ishikawa-Diagramm, 7M-Methode).....	175
9.4.2	Brainstorming.....	176
9.4.3	Fehlhandlungsvermeidung Poka-yoke.....	177
9.4.4	System-FMEA Prozess.....	178
9.4.5	Prozessoptimierung nach Shainin.....	179
9.4.5.1	Multivariationskarten.....	180
9.4.5.2	Komponentensuche.....	182
9.4.5.3	Paarweiser Vergleich (Gut-Schlecht-Vergleich).....	182
9.4.5.4	Variablensuche (Variables Search).....	182
9.4.5.5	Vollfaktorieller Versuch.....	183
9.4.5.6	Prozessvergleich oder A zu B Analyse.....	183
9.4.5.7	Streudiagramm (scatter plot).....	183
9.5	Statistische Prozessregelung SPC.....	183
9.5.1	Statistische Grundlagen.....	184
9.5.2	Regelkartentechnik.....	185
9.5.2.1	Regelkarten für attributive Daten.....	186
9.5.2.2	Regelkarten für variable Daten.....	186
9.5.2.3	Regelkarten für Verfahrenstechnik und chemische Industrie.....	186
9.5.2.4	Cusum - Karte.....	187
9.5.2.5	Berechnung der Mittellinie, der Warn- und Eingriffsgrenzen.....	187
9.5.2.6	QRK- Standard-Tests.....	190

9.5.2.7	Pre-Control Regelkarten .....	191
9.6	Prozessfähigkeitsuntersuchung PFU .....	192
9.6.1	Arten der Fähigkeitsuntersuchung .....	193
9.6.2	Berechnung und Durchführung .....	194
9.6.2.1	Ermittlung der Kennwerte .....	194
9.6.2.2	Schritte zur Durchführung .....	195
9.6.3	Stichprobenumfang und Vertrauensbereich .....	196
9.6.4	Sichere, stabile Null-Fehler-Fertigung .....	196
9.7	Qualitätsaudit in der Herstellung .....	199
9.7.1	Produktaudit .....	199
9.7.1.1	Ablauf des Produktaudits .....	200
9.7.1.2	Super-Produktaudit .....	202
9.7.2	Prozessaudit .....	203
9.8	Qualitätsaufzeichnungen, Dokumentation und Rückverfolgbarkeit .....	203
9.8.1	Qualitätsaufzeichnungen .....	203
9.8.2	Dokumentation und Rückverfolgbarkeit (traceability) .....	204
9.9	CAQ – rechnerunterstützte Qualitätsdatenverarbeitung .....	204
9.10	Prozess Review .....	207
	Literatur .....	208
<b>10</b>	<b>Prüfmittelmanagement und Messtechnik .....</b>	<b>210</b>
10.1	Qualitätsregelkreise .....	210
10.2	Messtechnik und Prüfmittel – Grundbegriffe .....	211
10.2.1	Größen und ihre Messung .....	211
10.2.2	Messunsicherheit und Messabweichung .....	211
10.2.3	Messgeräte und ihre Eigenschaften .....	212
10.2.4	Kalibrierung, Eichung und metrologische Bestätigung .....	213
10.2.5	Normale und Rückverfolgbarkeit .....	213
10.3	Messtechnik für die moderne Produktion .....	215
10.3.1	Entwicklung der Präzisionsmesstechnik .....	215
10.3.2	Einteilung der Prüfmittel für die Produktionsmesstechnik .....	216
10.3.3	Mehrstellenmesstechnik .....	218
10.3.4	Rechnergestützte Koordinatenmesstechnik .....	218
10.3.5	Optoelektronische Messtechnik .....	220
10.3.6	Prozessintegrierte Prüfung (In-process-Messtechnik) .....	221
10.4	Grundlagen der Prüfmittelüberwachung .....	222
10.4.1	Aufgaben der Prüfmittelüberwachung .....	222

10.4.2	Organisation der Prüfmittelüberwachung.....	223
10.4.3	Prüfverfahren .....	224
10.4.3.1	Direkter Vergleich.....	225
10.4.3.2	Indirekter Vergleich .....	225
10.4.4	Abgrenzung überwachungspflichtiger Prüfmittel.....	225
10.4.5	Prüfmittelkennzeichnung.....	225
10.4.5.1	Prüfmittelkennzeichen.....	225
10.4.5.2	Überwachungskennzeichen .....	226
10.5	Ablauf der Prüfmittelüberwachung .....	226
10.5.1	Eignungs- bzw. Qualifikationsprüfung.....	226
10.5.2	Laufende Überwachungsprüfung.....	226
10.5.3	Prüfintervall .....	226
10.6	Einrichtung eines Prüfmittelüberwachungssystems in der Industrie .....	227
10.6.1	Manuelle Prüfmittelüberwachung.....	227
10.6.2	Rechnerunterstützte Prüfmittelüberwachung.....	228
10.7	Prüfanweisungen und Prüfprotokoll .....	229
10.8	Prüfmittelfähigkeit.....	231
10.8.1	Begriffe zur Prüfmittelfähigkeit.....	232
10.8.1.1	Genauigkeit .....	232
10.8.1.2	Linearität .....	232
10.8.1.3	Stabilität .....	232
10.8.1.4	Wiederholbarkeit .....	232
10.8.1.5	Nachvollziehbarkeit .....	232
10.8.2	Ermittlung von Prüfmittelfähigkeitsindizes .....	234
	Literatur.....	235
<b>11</b>	<b>Dienstleistungsqualität .....</b>	<b>237</b>
11.1	Dienst am Kunden.....	237
11.1.1	Die sieben Dienstleistungsqualitätswerkzeuge D7 .....	237
11.1.2	KANO-Modell.....	241
11.1.3	Marktbeobachtung .....	242
11.1.4	Messen der Kundenakzeptanz, Kundenkontakte .....	244
11.1.5	Beschwerdemanagement .....	244
11.2	Service-Engineering.....	245
11.3	Felddatenerfassung und -Analyse .....	246
11.3.1	Garantiedaten .....	246
11.3.2	Weibullanalyse von Garantieausfällen.....	248

11.3.3	Lebensdauerdaten und Life Cycle Cost Analyse LCCA .....	248
11.3.4	Servicenetze.....	249
	Literatur.....	250
<b>12</b>	<b>Wirtschaftlichkeit und Qualität .....</b>	<b>251</b>
12.1	Qualitätsbedingte Verluste eliminieren.....	251
12.1.1	Analyse qualitätsbedingter Verluste.....	251
12.1.2	Verlustkostenfunktion, Zielabweichungen reduzieren .....	252
12.1.3	Blind- und Fehlleistungen vermeiden; Wertstromanalyse und Wertstromdesign.....	254
12.2	Das Qualitätskostenmodell .....	255
12.2.1	Aufteilung und Zuordnung.....	255
12.2.2	Erfassung und Bewertung.....	257
12.3	Energieeffizienz.....	258
12.4	Qualitätscontrolling.....	258
12.5	Rationalisierungs- und Kostensenkungspotentiale .....	259
	Literatur.....	260
<b>13</b>	<b>Verbesserungsstrategien.....</b>	<b>261</b>
13.1	KAIZEN .....	263
13.2	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess KVP .....	266
13.2.1	KVP-Umsetzungsworkshop .....	266
13.2.2	EKUV-Analyse .....	267
13.3	Qualitätszirkel QC und Verbesserungsteams QVT.....	268
13.4	Null-Fehler-Management .....	269
13.5	SIX SIGMA – Managementkonzept .....	271
13.5.1	Einstieg und Nutzen.....	271
13.5.2	Messsystem.....	273
13.5.2.1	Maßeinheit .....	273
13.5.2.2	Regeln des Messsystems.....	274
13.5.2.3	Konsolidierte Unternehmens-Prozessleistung .....	274
13.5.2.4	Verschiebung des Prozessmittelwertes um $\pm 1,5$ Sigma .....	274
13.5.2.5	Kontinuierliche Merkmale.....	276
13.5.2.6	Diskrete Merkmale .....	276
13.5.3	Verbesserungsprojekte .....	277
13.5.3.1	Design for Six Sigma DFSS .....	277
13.5.3.2	Verbesserungswerkzeuge.....	277

13.5.4	Umsetzung und Einführung .....	278
13.5.4.1	Projektablauf .....	278
13.5.4.2	Zielsetzung .....	279
13.5.5	Six Sigma und TQM .....	279
13.5.6	Beispielhafte Bewertungsansätze .....	279
13.5.6.1	Vereinfachter Bewertungsansatz für gemessene Werte .....	279
13.5.6.2	Vereinfachter Bewertungsansatz für gezählte Werte .....	279
13.5.6.3	Six-Sigma-Projektverfolgung .....	280
13.5.7	Die Six Sigma-Roadmap – Verbessern wird zur Routine .....	280
13.6	Einbeziehung der Mitarbeiter .....	281
13.6.1	Betriebliches Vorschlagwesen BVW .....	281
13.6.2	Gruppenarbeit, Shopfloor-Management .....	282
13.6.3	Eigenverantwortlichkeit, Employee-Empowerment .....	283
13.6.4	Problemlösungskompetenz, Multiskilled Workers .....	283
13.6.5	Autonomes Qualitätsmanagement .....	284
13.6.5.1	Horizontale Prozesssicherung .....	284
13.6.5.2	Vertikale Prozesssicherung .....	284
13.6.5.3	Null-Fehler-Qualitätsniveau .....	284
	Literatur .....	285
<b>14</b>	<b>Total Productive Management (TPM)</b> .....	<b>286</b>
14.1	„Lean Production“ als Zustand .....	286
14.1.1	Grundlagen .....	286
14.1.2	Vermeidung von Verschwendung .....	287
14.2	Der Begriff TPM .....	287
14.2.1	Von Total Productive Maintenance zu Total Productive Management .....	287
14.2.2	Geschichte von TPM .....	288
14.2.3	Autonome Instandhaltung .....	290
14.2.4	Zukünftige Aufgaben der zentralen Instandhaltung .....	291
14.3	Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz (OEE-Analyse) .....	293
14.3.1	Die 6 großen Verluste .....	293
14.3.2	Erkennen von Verlusten – Grafische Aufbereitung der OEE .....	294
14.3.3	Wie beeinflusst man die OEE positiv? .....	298
14.4	Einführung und Organisation von TPM .....	299

14.4.1	Die 4 Phasen der TPM-Einführung .....	299
14.4.2	Das TPM-Bewusstsein auf der Managementseite .....	301
14.4.3	Das 5-Säulenmodell von TPM .....	305
14.4.4	Die 6-Schritte-Methode zur TPM-Einführung – Der Weg zur produktiven, autonomen Instandhaltung.....	306
14.4.5	TPM auf der Anlagenseite .....	311
14.5	Ausblick: Der Weg zur Weltklasse-Instandhaltung .....	313
	Literatur .....	313
<b>15</b>	<b>Qualitätsmanagement und Recht .....</b>	<b>315</b>
15.1	Folgen fehlerhafter Produkte.....	316
15.2	Vertragliche Haftung .....	317
15.2.1	Gewährleistung .....	317
15.2.2	Haftung für Folgeschäden (Haftung aus positiver Vertragsverletzung).....	317
15.3	Außervertragliche Haftung .....	318
15.3.1	Haftung nach Spezialgesetzen .....	318
15.3.2	Produkthaftungsgesetz (PHG) .....	318
15.3.2.1	Wichtige Produkthaftungsgesetzesaussagen .....	319
15.3.2.2	Haftende Personen nach dem PHG.....	320
15.3.2.3	Haftungsausschluss .....	321
15.3.2.4	Empfehlungen für Produzenten .....	322
15.3.3	Die deliktische Haftung nach § 823 BGB („Haftung aus unerlaubter Handlung“) .....	323
15.3.3.1	Haftungsvoraussetzungen .....	323
15.3.3.2	Pflichten des Herstellers .....	323
15.4	Instruktionshaftung.....	324
	Literatur .....	324
<b>16</b>	<b>Auf dem Weg zur Weltspitze .....</b>	<b>325</b>
16.1	TQM-Projekt.....	326
16.2	Policy Deployment .....	326
16.3	Benchmarking .....	327
16.4	Die sieben Managementwerkzeuge M7.....	327
16.4.1	Kreativitätstechniken.....	329
16.5	Lean Management, schlanke Strukturen .....	330
16.5.1	Modulkonsortium.....	331
16.6	Qualitätsorientiertes Prozessmanagement .....	331

16.7 Total Process Improvement TPI.....	332
16.7.1 Changemanagement .....	333
16.8 Lernende Organisation, Wissensmanagement.....	333
16.8.1 Wissensmanagement .....	334
16.9 Führungsqualität .....	334
16.9.1 Qualitätsmanagement ist Unternehmensführung .....	335
Literatur.....	335
<b>17 Excellence, Qualitätspreise und Selbstbewertung.....</b>	<b>337</b>
17.1 Umfassendes Qualitätsverständnis.....	337
17.2 Qualitätspreise .....	339
17.2.1 Deming-Prize .....	341
17.2.2 Malcom Baldrige National Quality Award.....	343
17.2.3 EFQM Excellence Award.....	344
17.2.4 Staatspreis für Unternehmensqualität (Österreich).....	345
17.2.5 Ludwig-Erhard-Preis .....	346
17.3 Excellence – Begriffsbestimmung.....	346
17.4 Das EFQM-Modell für Excellence .....	347
17.4.1 Übersicht der Haupt- und Teilkriterien des EFQM-Modells 2010 .....	349
17.4.2 Die Grundkonzepte von Excellence.....	352
17.4.3 RADAR-Logik.....	354
17.4.4 Der Unternehmerische Regelkreis.....	356
17.4.5 Schlüsselprozesse .....	357
17.5 Änderungen beim aktualisierten EFQM-Modell 2010 .....	359
17.6 ISO und EFQM-Modell – Vergleichende Betrachtung .....	360
17.6.1 Grundsätzliche Unterschiede ISO – EFQM-Modell .....	362
17.6.2 Einsatzgebiete der ISO und des EFQM-Modells .....	363
17.6.3 Vergleichender Überblick ISO – EFQM .....	364
17.7 Levels of Excellence .....	365
17.8 Selbstbewertung .....	367
17.9 Selbstbewertungsmethoden.....	369
17.9.1 Selbstbewertung mittels Standardformular.....	370
17.9.2 Quick Scan.....	370
17.9.3 Simulation der Preis-Bewerbung mit RADAR.....	370
17.9.4 Wegweiser Karte.....	370
Literatur.....	371

---

<b>18 Prinzip der Balanced Scorecard .....</b>	<b>372</b>
18.1 Die Perspektiven der Strategy Map/BSC .....	373
18.1.1 Die Finanzperspektive .....	373
18.1.2 Die Kundenperspektive .....	374
18.1.3 Die Interne Prozessperspektive .....	374
18.1.4 Die Lern- und Entwicklungsperspektive .....	375
18.2 „Ausgeglichenes Berichtswesen“ .....	376
18.3 „Balanced“ .....	376
18.4 „Scorecard“ .....	377
Literatur .....	377
<b>Autorenbeschreibung .....</b>	<b>378</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>381</b>

# 14 Total Productive Management (TPM)

Kurt Matyas

## 14.1 „Lean Production“ als Zustand

### 14.1.1 Grundlagen

Die heutigen Anforderungen an ein Unternehmen, wie kostengünstige Produktion, flexible Reaktion auf Nachfrageschwankungen, hohes Qualitätsniveau, vermehrte Umweltauflagen u. Ä. stellen an mittelständische Unternehmen in High-Tech-Industrieländern hohe Herausforderungen.

Gerade für Länder wie Deutschland und Österreich, mit vergleichsweise hohen Lohnstückkosten ist eine strategische Neuorientierung mit dem Ziel, die Zukunft des Unternehmens dauerhaft zu sichern, vonnöten.

„Lean Production“ wird in der Regel mit „schlanker Produktion“ übersetzt. Die genaue Übersetzung von „Lean“ ist „fettfrei“ was im übertragenen Sinn als „verschwendungsfrei“ bezeichnet werden kann.

„Lean Production“ bedeutet **Vermeidung von Verschwendung** in allen Produktionsbereichen, bei der Produktentwicklung und auch in der Zulieferkette. „Lean Production“ ist allerdings **keine Methode** sondern lediglich eine **Zustandsbeschreibung** für ein Unternehmen mit geringen Beständen, nicht zu hohem Personalstand, angemessener Fabrikfläche, geringem Lagerstand und kurzer Zeit für die Produktentwicklung bei gleichzeitig hoher Produktvielfalt und geringen Fehlerzahlen. Folgende Arten von Verschwendung treten in Produktionsunternehmen auf:

- Verschwendung durch Überproduktion
- Verschwendung von Arbeitszeit durch Warten
- Verschwendung durch unnötige oder unnötig lange Transporte
- Verschwendung durch den Prozess selbst
- Verschwendung durch zu hohe Bestände
- Verschwendung durch unnötige Bewegungen
- Verschwendung durch fehlerhafte Produkte

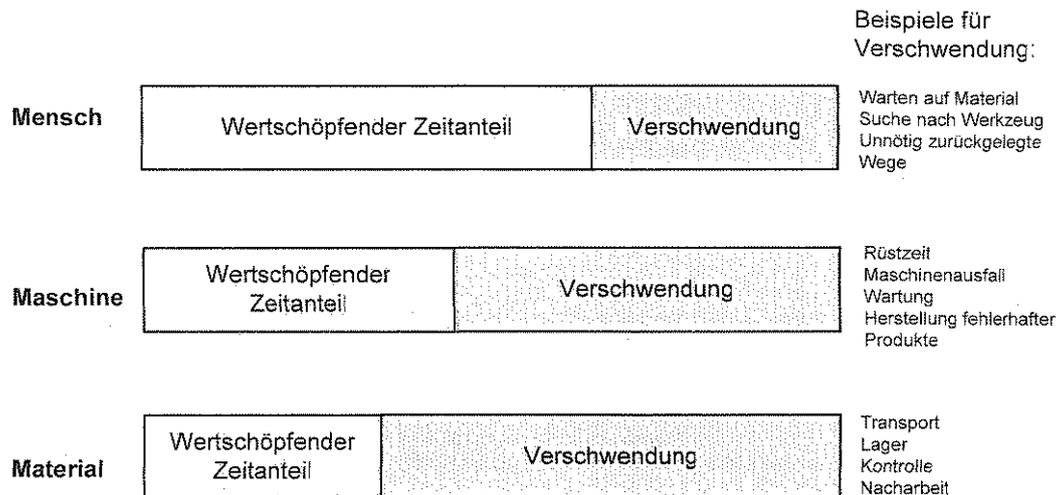
Für die Erreichung dieses „schlanken“ Zustandes gibt es verschiedene „Diäten“ bzw. Methoden. Eine dieser Methoden ist „**Total Productive Management**“ (**TPM**). Eine weitere Methode – „**Wertstromdesign**“ – wird in Kapitel 12.1.3 beschrieben.

Die Integration sämtlicher Unternehmensbereiche von der Management- bis zur operativen Ebene wie auch die Miteinbeziehung der Unternehmensumwelt bilden

einen zentralen Punkt dieser Idee. Sie gilt nicht nur für Produktionsbetriebe, sondern auch für Handels- und Dienstleistungsbetriebe.

### 14.1.2 Vermeidung von Verschwendung

Für die Wertsteigerung eines Produktes ist ein Minimum an Aufwand für Betriebsmittel, Material, Teile, Platz und Arbeitszeit notwendig. Jeder Aufwand, der über dieses Minimum hinausgeht, wird als Verschwendung bezeichnet (Bild 14-1).



**Bild 14-1:** Verschwendung bei Mensch, Maschine und Material [7]

Maschinen, die aufgrund von Ausfällen stillstehen, sind ein Paradebeispiel für Verschwendung. Die Eliminierung sämtlicher Maschinenstörungen und -ausfälle ist für die Vermeidung von Verschwendung und das Funktionieren einer schlanke Produktion äußerst wichtig.

## 14.2 Der Begriff TPM

### 14.2.1 Von Total Productive Maintenance zu Total Productive Management

TPM in der ursprünglichen instandhaltungsbezogenen Definition kann als „Produktivitätsorientierte Instandhaltung, die unter aktiver Teilnahme aller Mitarbeiter die Effizienz der Anlagen kontinuierlich verbessert“ oder, kurz als „Produktive, autonome Instandhaltung“ bezeichnet werden. Das TPM-Konzept wurde entwickelt, um eine **hundertprozentige Verfügbarkeit der Maschinen** zu erreichen. Im Gegensatz zur klassischen Instandhaltung, die als Hilfsbetrieb oder als Servicefunktion der Produktion verstanden wird, verfolgt TPM eine viel weitergehende Zielsetzung, da **alle Mitarbeiter in den Verbesserungsprozess miteinbezogen** werden.

Das Ziel von TPM ist die **Maximierung der Anlageneffizienz**, die durch die Etablierung eines **durchgehenden Systems der produktiven Instandhaltung** über die gesamte Lebensdauer der Anlage erreicht werden soll. Verschiedene Bereiche wie Ingenieurwesen, Anlagenbetreiber oder Instandhaltung sind an den TPM-Aktivitäten beteiligt, wobei jeder Beschäftigte vom Top-Manager bis zum Mitarbeiter im Werk mit eingeschlossen ist. Durch Kleingruppen-Aktivitäten und durch die Verantwortung für ihre Maschine wird einerseits die Motivation der Mitarbeiter erhöht, und andererseits führt die erhöhte Aufmerksamkeit für die Anlage zu einer Verringerung der Störungen in den Prozessabläufen.

In der modernen Literatur und im praktischen betrieblichen Umfeld hat sich in den letzten Jahren der TPM-Begriff im Sinne der ganzheitlichen Betrachtung von der „Maintenance“ ausgehend zum ganzheitlichen „Management“ gewandelt.

### 14.2.2 Geschichte von TPM

Der Begriff TPM ist außerhalb Japans bei weitem nicht so bekannt wie TQM. Mit der Einführung der *Vorbeugenden Instandhaltung* (Preventive Maintenance) in Japan Anfang der 50er Jahre wurde die bis dahin praktizierte *Ausfallsbehebung* (Breakdown Maintenance) ersetzt. Dieses als „American-style Preventive Maintenance“ bezeichnete Instandhaltungskonzept führte zu einer wesentlichen Reduktion der Anlagenstillstände.

Nippondenso Corporation, Hersteller elektronischer Bauteile für die Automobilindustrie in Japan und Mitglied der Toyota-Gruppe führte Anfang der 60er Jahre die *Produktive Instandhaltung* (Productive Maintenance) ein, bei der die Verantwortung für das Instandhalten der Produktionsanlagen allein von der Instandhaltungsabteilung getragen wird. Durch die **fortschreitende Automatisierung** konnte die Instandhaltungsabteilung die hohe Anzahl an automatisierten Produktionsanlagen nicht mehr ausreichend versorgen. Darum entschied sich Nippondenso 1969, jeden Maschinenarbeiter unter dem Titel „Job Enrichment“ für routinemäßige Instandhaltungsmaßnahmen an der jeweiligen Anlage verantwortlich zu machen. Aus diesen Erfahrungen entwickelte sich das Konzept „Total Productive Maintenance (TPM)“, das von Nippondenso von 1969 bis 1971 verwirklicht wurde. Bild 14-2 zeigt die vier Entwicklungsstufen von TPM.

Durch den damit gewonnenen „1971 Distinguished Plant Price“ wurde TPM in Japan bekannt und breitete sich schnell aus. Ende der 80er Jahre begannen auch Unternehmen in England und in den USA TPM einzuführen. Anfang der 90er Jahre kam es auch in Deutschland zu TPM-Aktivitäten. Bis 2008 wurden weltweit fast 2000 Werke vom Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) mit TPM Excellence Awards ausgezeichnet (Quelle: <http://www.jipm.or.jp/en/>).

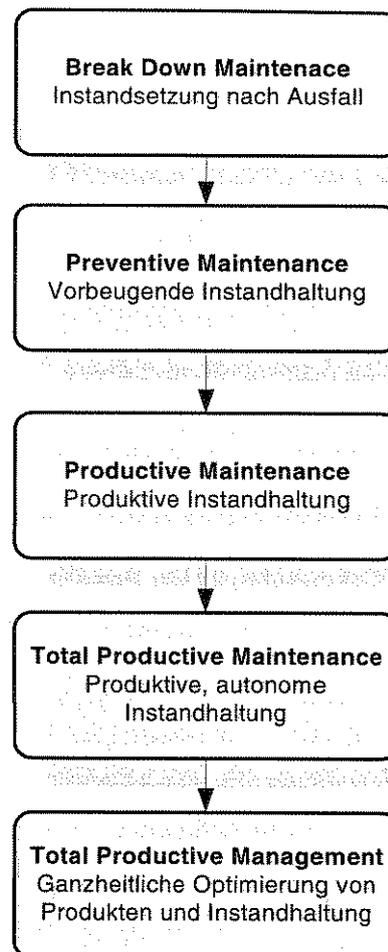


Bild 14-2: Die fünf Entwicklungsstufen von TPM (nach [6] )

Im Jahr 2007 erhielten über 160 Fabriken vom Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) sogenannte „**Awards of excellence**“. Diese Awards wurden in folgenden Kategorien vergeben (Quelle: JIPM):

- „**Special Award for TPM Achievement**“
- „**Award for Excellence in Consistent TPM Commitment - First Category**“
- „**Award for TPM Excellence - First Category**“
- „**Award for Excellence in Consistent TPM Commitment – Second Category**“
- „**Award for TPM Excellence – Second Category**“
- „**Award for Distinguished PM Engineering Contractor**“.

Bild 14-3 zeigt die Bewertungskriterien für den „Award for TPM Excellence – First Category“. Diese Kategorien charakterisieren sehr gut das Wesen von TPM und worauf es ankommt. Zielführung, Mitarbeiterqualifikation und kontinuierliche Verbesserung sind die weit über die Instandhaltung hinausgehenden Kriterien für die erfolgreiche ganzheitliche Optimierung von Produktion und Instandhaltung.

<b>Award for TPM Excellence - First Category</b>
<p>Auszeichnung für:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Hervorragende Zielführung</li><li>• Kontinuierliche Verbesserung in kleinen Schritten</li><li>• Qualifizierung der Mitarbeiter</li><li>• Verlagerung der Instandhaltung zu geplanten Maßnahmen</li><li>• Steuerung der Prozesse zu Null-Fehler-Produktion</li><li>• Deutliche Steigerung der Produktivität und Qualität in den administrativen Bereichen</li><li>• Hervorragende Gewährleistung von Sicherheit gegen Gefahren aus den Prozessen</li><li>• Messbare Veränderung des Arbeitsklimas</li><li>• Deutliche Verbesserung der Unternehmensergebnisse</li></ul>

**Bild 14-3:** Themenbereiche, die bei der Vergabe des TPM-Awards bewertet werden [9]

### 14.2.3 Autonome Instandhaltung

Die autonome Ausführung der Instandhaltungsaktivitäten im Werk werden von der Managementseite oft als „*Nur die Mitarbeiter sind zuständig*“ missverstanden. Um wirklich effektiv zu sein, muss TPM durch alle Ebenen und Abteilungen hindurch praktiziert werden. Vom Japan Institute of Plant Maintenance werden die Ziele von TPM mit der „Maximierung der Effizienz der Ausstattung unter Einbeziehung der umfassenden vorbeugenden Instandhaltung“ bezeichnet. Durch Gruppenarbeit und freiwilliges Engagement werden die Mitarbeiter zur Instandhaltung motiviert.

Das heißt allerdings nicht, dass es bei TPM keine zentralen Instandhaltungsabteilungen bzw. zentralen Instandhaltungsaktivitäten mehr gibt. Lediglich die alte organisatorische Trennlinie zwischen Maschinenarbeiter und Instandhaltungsarbeiter existiert nicht mehr, sondern es entsteht ein gemeinsamer Aufgabenbereich, wie in Bild 14-4 gezeigt wird.

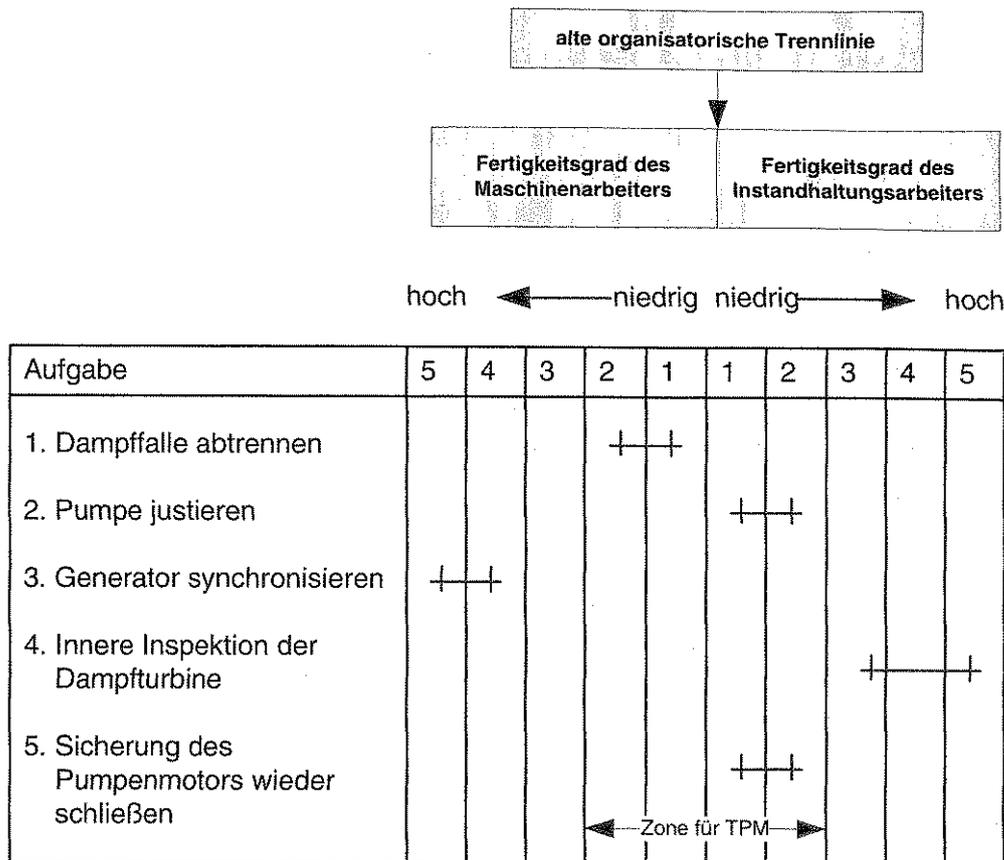


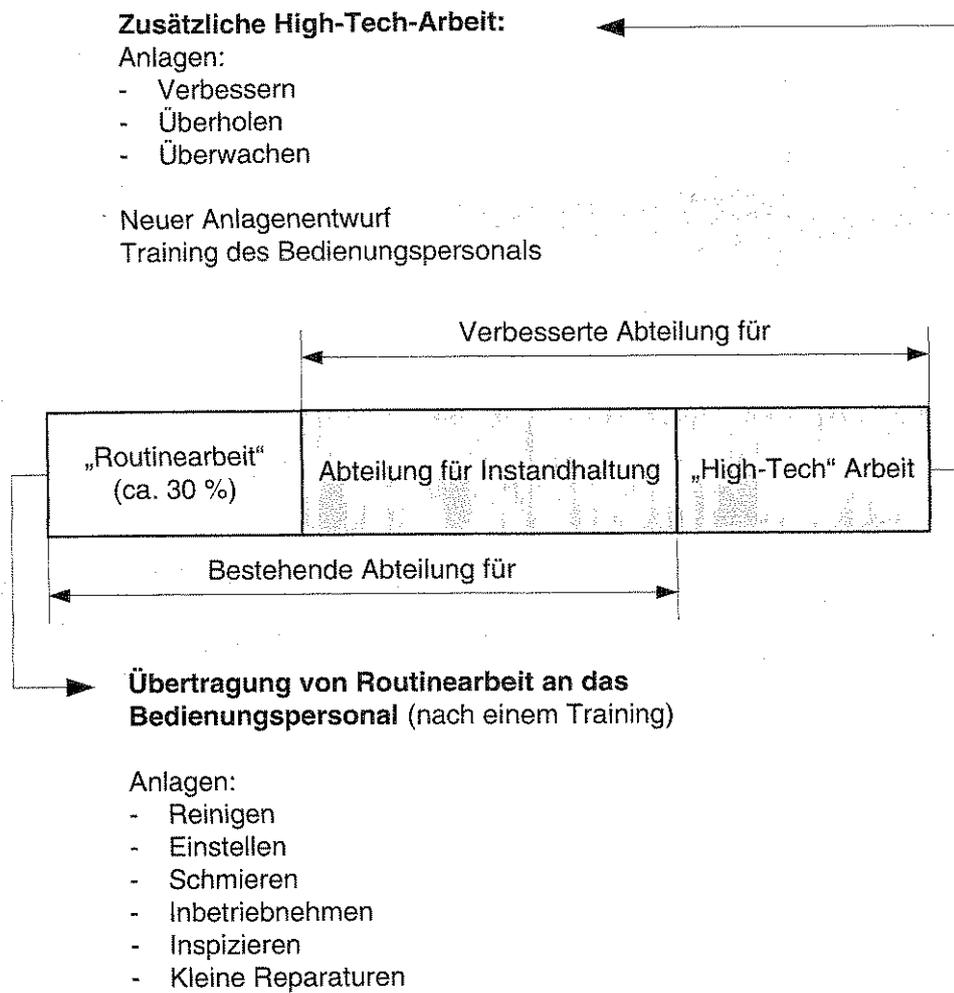
Bild 14-4: Transferdiagramm für TPM-Aufgaben [4]

In diesem Beispiel wurden fünf Aufgaben identifiziert, die für die Arbeitsanforderungen sowohl an die Fertigung als auch an die Instandhaltung notwendig waren. Nach einer Analyse wurden die Aufgaben 1, 2 und 5 in den gemeinsamen Aufgabenbereich transferiert, wogegen die Aufgaben 3 und 4 zu hohe Fertigungsgrade voraussetzten und für die Übertragung nicht geeignet waren [4].

#### 14.2.4 Zukünftige Aufgaben der zentralen Instandhaltung

Die Instandhaltungsabteilung wird durch die Einführung von TPM nicht überflüssig. Sie gewinnt sogar noch an Bedeutung, da von ihr aus weiterhin das gesamte Instandhaltungsmanagement unter Einbeziehung eventueller Wartungsverträge durchgeführt wird (Bild 14-5).

Routinearbeiten, wie Reinigen, Einstellen, Schmieren und Inbetriebnehmen gehen in den Verantwortungsbereich des Maschinenarbeiters über. Auch Inspektionsaufgaben und einfache Instandsetzungen können, wie in den Bildern 14-4 und 14-5 gezeigt wird, in den Aufgabenbereich des Maschinenarbeiters übergehen.



**Bild 14-5:** Neue Aufgaben für die zentrale Instandhaltung (nach [2])

Die dadurch entlasteten Mitarbeiter der zentralen Instandhaltung können in Zukunft mehr Zeit in High-Tech-Aktivitäten, wie z. B. das Überprüfen und Verbessern der Betriebsanlagen investieren. Auch die Schulung der Maschinenarbeiter und die Assistenz bei der Projektierung neuer Betriebsanlagen gehört zu den zukünftigen High-Tech-Aktivitäten der Instandhaltungsabteilung [2].

Nur durch eine Kooperation zwischen der Instandhaltungsabteilung und der autonomen Bedienerinstandhaltung kann der Weg in Richtung einer hundertprozentigen Anlagenverfügbarkeit erfolgreich beschritten werden.

## 14.3 Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz (OEE-Analyse)

### 14.3.1 Die 6 großen Verluste

Die drei Eckpfeiler von TPM sind [7]:

- Einhaltung normaler Betriebsbedingungen
- Möglichst frühes Aufdecken normwidriger Bedingungen
- Entwicklung und Durchführung von Gegenmaßnahmen zur Wiederherstellung normaler Betriebsbedingungen.

TPM strebt die Maximierung der Gesamteffizienz der Anlagen (oder auch Overall Equipment Efficiency – OEE) an. Um eine Maximierung des Outputs (Produktion, Qualität, Kosten, Lieferungen, Sicherheit, Gesundheit, Umwelt und Arbeitsmoral) und eine Minimierung des Inputs (Arbeitskraft, Maschinen und Material) zu erreichen, beschäftigt sich TPM mit der Beseitigung der *sechs großen Verlustquellen*, die extreme Hindernisse für die Anlagenverfügbarkeit bedeuten (Tabelle 14-1).

**Tabelle 14-1:** Die sechs großen Verluste

<b>Verlustzeiten</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anlagen-/Maschinenausfall durch Störungen</li> <li>2. Rüsten und Einstellen – z. B. Werkzeugwechsel, Formenwechsel in Pressen etc.</li> </ol>
<b>Geschwindigkeitsverluste</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Leerlauf und geringfügige Unterbrechungen durch fehlerhafte Arbeitsweise von Sensoren, Blockierung von Werkstücken auf Zuführschächten etc.</li> <li>4. Verringerte Bearbeitungsgeschwindigkeit durch Unterschiede zwischen vorgesehener und tatsächlicher Geschwindigkeit der Anlagen</li> </ol>
<b>Fehler</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>5. Prozessfehler verursachen Ausschuss, Nacharbeit und Qualitätsminderung</li> <li>6. Reduzierte Ausbringung durch Anlaufverluste während des Produktionsanlaufs bis zum stabilen Prozess</li> </ol>

Bei TPM werden im Gegensatz zu herkömmlichen Instandhaltungssystemen, wo leistungsfähige Kennzahlensysteme propagiert werden, **lediglich drei Kennzahlen** zwingend vorgegeben, mit deren Hilfe die **Gesamtanlageneffizienz** oder auch **Overall Equipment Efficiency (OEE)** ausgerechnet werden kann. Es handelt sich dabei um **Verfügbarkeits-, Leistungs- und Qualitätskennzahlen**, die messen, wie sich die sechs großen Verluste auswirken (Tabelle 14-2).

Tabelle 14-2: TPM-Kennzahlensystem (nach [6]):

Prozesszeiten	Verlustbringer	Berechnung
Anlagenhauptzeit		Schichtzeit: 480 min Betriebsbedingter Stillstand: 20 min Anlagenhauptzeit = Schichtzeit - betriebsbedingter Stillstand = 480 - 20 = 460 [min]
Betriebszeit	Verlustzeiten: <ul style="list-style-type: none"> <li>Anlagen-/Maschinenausfall</li> <li>Rüsten und Einstellen</li> </ul>	ungeplante Stillstände: 30 min <b>Nutzungsgrad</b> = $\frac{\text{Anlagenhauptzeit} - \text{Stillstände}}{\text{Anlagenhauptzeit}} \times 100$ = $\frac{460 - 30}{460} \times 100 = 93,5 \%$
Netto-Betriebszeit	Geschwindigkeitsverluste: <ul style="list-style-type: none"> <li>Leerlauf und geringfügige Unterbrechungen</li> <li>Verringerte Bearbeitungsgeschwindigkeit</li> </ul>	<b>Leistungsgrad</b> = $\frac{\text{Ideale Bearbeitungszeit} * \text{erstellte Anzahl}}{\text{Betriebszeit}} \times 100$ = $\frac{6 \text{ min} * 62 \text{ Teile}}{430} \times 100 = 86,5 \%$
Wertschöpfende Betriebszeit	Fehler: <ul style="list-style-type: none"> <li>Prozessfehler - verursachen Ausschuss, Nacharbeit und Qualitätsminderung</li> <li>Anlaufverluste</li> </ul>	<b>Qualitätsgrad</b> = $\frac{\text{Erstellte Anzahl} - \text{Defekte Anzahl}}{\text{Erstellte Anzahl}} \times 100$ = $\frac{62 - 3}{62} \times 100 = 95,2 \%$

$$\text{Gesamtanlageneffizienz} = \text{Nutzungsgrad} \times \text{Leistungsgrad} \times \text{Qualitätsgrad} \\ = 0,935 \times 0,865 \times 0,952 \times 100 = 77,0\%$$

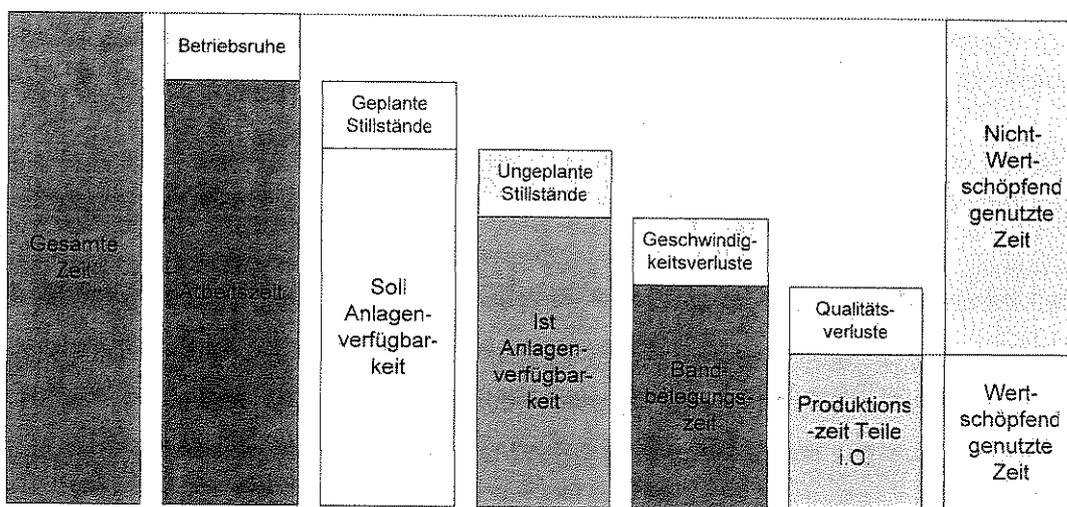
Viele Unternehmen besitzen eine Gesamtanlageneffizienz von unter 60%. Die idealen Bedingungen wären eine Verfügbarkeitsrate von über 90%, ein Leistungsindex von über 95% und eine Qualitätsrate von über 99%. Somit sollte die Gesamtanlageneffizienz über 85% liegen, was von allen Unternehmen, die einen der TPM Awards gewonnen haben, erreicht wurde.

### 14.3.2 Erkennen von Verlusten - Grafische Aufbereitung der OEE

Entscheidend bei der Ermittlung der OEE ist es, die Kennzahl so zu ermitteln und auch grafisch aufzubereiten, dass **Schwachstellen**, **Verlustquellen** und **Ansatzpunkte für Verbesserungen** erkannt werden können.

Mit Hilfe der OEE kann die Leistungsfähigkeit einzelner Anlagen, aber auch der gesamten Fertigungseinheit überwacht werden. Die Stärke der Aufbereitung der OEE in der nachfolgend dargestellten Form besteht darin, dass sämtliche Anlagenverluste systematisch **identifiziert**, **analysiert** und in einem hierauf abgestimmten Aktionsplan **korrigiert** werden können. Die OEE liefert primär keine Erkenntnisse über die Ursachen auftretender Verluste, sondern zeichnet nur auf, was vor sich geht und liefert somit die Entscheidungsgrundlagen für mögliche Verbesserungs-Strategien.

Das in Bild 14-6 dargestellte Balkenmodell ist eine sehr übersichtliche Art, die OEE zu analysieren und darzustellen. Gegenüber der Tabelle 9-2 werden die Stillstände in geplante und ungeplante Stillstände aufgeschlüsselt, was die Berechnung einer Brutto- und Netto-OEE möglich macht [5].



**Bild 14-6:** OEE-Balkenmodell

Unter „Gesamte Zeit“ könnte man die theoretisch mögliche Einsatzzeit (z.B. 8760 Stunden pro Jahr) bezeichnen. Diese gesamte Zeit kann frei definiert werden und dient meistens dazu, z.B. das Potenzial für einen Wechsel von 2- auf 3-Schichtbetrieb zu erkennen.

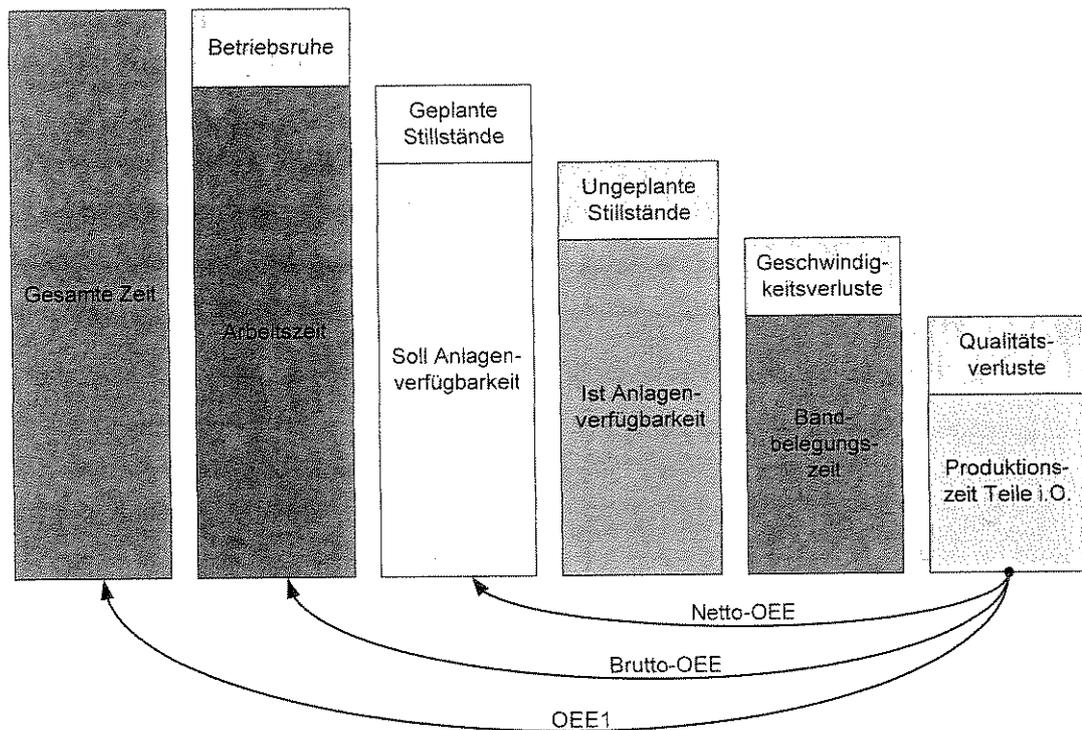
Die Verluste sind im oberen Bereich der Balken dargestellt und können folgend erklärt werden:

- Betriebsruhe ist diejenige Zeit, in der aufgrund der Auftragsstruktur nicht produziert wird, z.B. produktionsfreie Zeit wie Wochenende, Feiertage, Betriebsurlaube und 3. Schicht.
- Die geplanten Stillstände sind die Stillstände z.B. aufgrund von Rüstvorgängen, Pausen, geplanten Wartungen aber auch Gruppenbesprechungen, Umbauten, Workshops, Schulungen, usw.

- Zu den ungeplanten Stillständen zählen Betriebsmittelausfälle aufgrund von technischen Störungen, betriebsmittelunabhängige Stillstände, wie z.B. organisatorische, logistische Ursachen: kein Material, kein Personal, kein Auftrag, ungeplantes Umrüsten.
- Zu den Geschwindigkeitsverlusten zählen Leerlauf und Kurzstillstände (Probleme in der Materialzuführung, fehlerhafte Sensoren, Blockierung von Werkstücken, etc.), verringerte Taktgeschwindigkeit, Anfahrverluste (z.B. Wochenbeginn).
- Qualitätsverluste entstehen durch die Herstellung von Ausschuss oder durch Nacharbeit.

Die Produktionszeit der Teile die in Ordnung sind, ist gleich die Anzahl der Teile mal der theoretisch möglichen Taktzeit.

Darüber hinaus ermöglicht diese Art der Darstellung die Betrachtung der Anlageneffizienz unter verschiedene Sichtweisen:



**Bild 14-7:** Balkendiagramm und Darstellung der OEE1, Brutto- und Netto-OEE

Die OEE1 wird in der Regel dazu verwendet, theoretische Potenziale an Stückzahlen bei eventuellem Wechsel des Schichtmodells zu berücksichtigen. Da die Basis frei gewählt werden kann ist diese Kennzahl nicht für das Benchmarking geeignet sondern soll lediglich Auskunft über das eigene Verbesserungspotenzial geben.

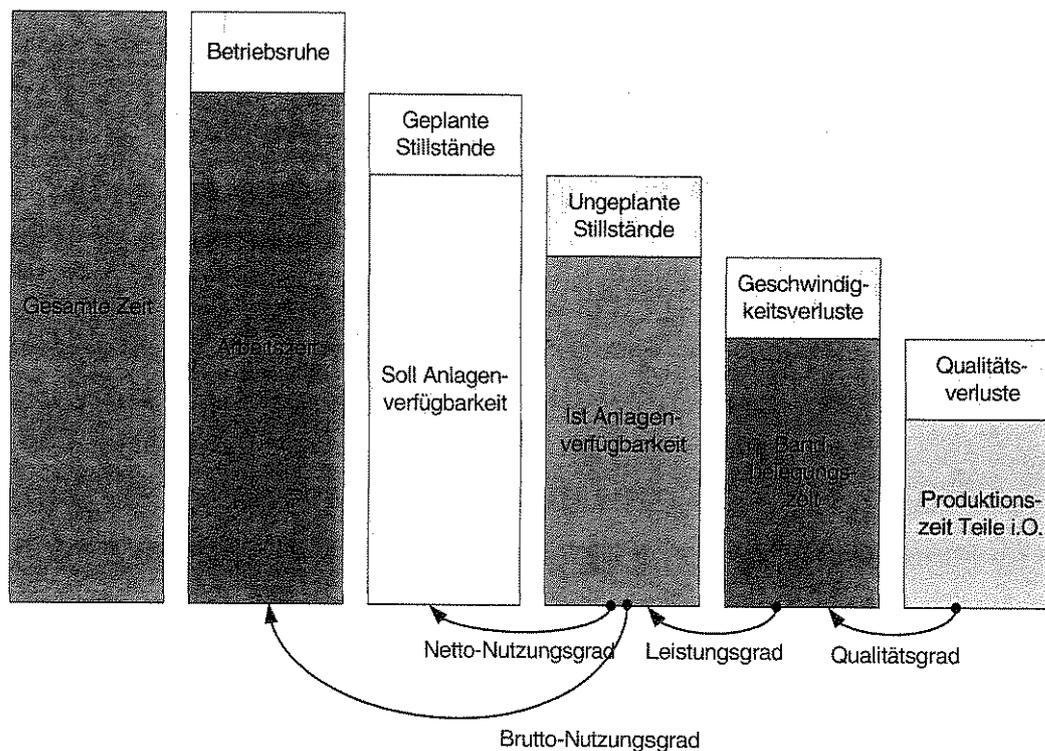
$$OEE1 = \frac{\text{Produktionszeit der Teile in Ordnung}}{\text{Gesamte Zeit}}$$

Bei der Brutto-OEE werden in die Verluste sowohl geplante als auch ungeplante Stillstände eingerechnet, während bei der Netto-OEE nur die ungeplanten Stillstände zu den Geschwindigkeits- und Qualitätsverlusten hinzugezählt werden.

$$\text{BruttoOEE} = \frac{\text{Produktionszeit der Teile in Ordnung}}{\text{Arbeitszeit}}$$

$$\text{NettoOEE} = \frac{\text{Produktionszeit der Teile in Ordnung}}{\text{Soll - Anlagenverfügbarkeit}}$$

In Bild 14-8 werden weitere Kennzahlen gezeigt, die aus dieser Darstellungsform übersichtlich ermittelt werden können und zwar der Netto-Nutzungsgrad, der Brutto-Nutzungsgrad, sowie Leistungs- und Qualitätsgrad.



**Bild 14-8:** Darstellung von Netto- und Brutto-Nutzungsgrad, sowie Leistungs- und Qualitätsgrad

$$\text{Brutto - Nutzungsgrad} = \frac{\text{Ist Anlagenverfügbarkeit}}{\text{Arbeitszeit}}$$

$$\text{Netto - Nutzungsgrad} = \frac{\text{Ist Anlagenverfügbarkeit}}{\text{Soll Anlagenverfügbarkeit}}$$

$$\text{Leistungsgrad} = \frac{\text{Bandbelegungszeit}}{\text{Ist Anlagenverfügbarkeit}}$$

$$\text{Qualitätsgrad} = \frac{\text{Produktionszeit Teile in Ordnung}}{\text{Bandbelegungszeit}}$$

### 14.3.3 Wie beeinflusst man die OEE positiv?

Die Ermittlung dieser Kennzahlen soll kein Selbstzweck sein, sondern Schwachstellen und Verbesserungspotenziale aufzeigen.

**Konsequente Datenerfassung ist die wichtigste Voraussetzung zur Verbesserung der OEE**

Anhand einer OEE-Analyse wird die gesamte Bandbreite an Verlusten und Verschwendungen der Produktionsprozesse (Betriebsphase) aufgedeckt. So wird verdeutlicht welche Maschinen- und Prozessabhängigen Verluste minimiert und zielgerecht bekämpft werden müssen.

Das internationale TPM-Institut von Prof. Hartmann in den USA, das sich auf TPM-Einführung in nichtjapanischen Unternehmen spezialisiert hat, brachte einen Leitfaden zur Verbesserung der Gesamtanlageneffizienz heraus (Tabelle 14-3). Die angegebenen Maßnahmen werden in verschiedenen Kapiteln dieses Buches detailliert beschrieben.

**Tabelle 14-3:** Verbesserung der Gesamtanlageneffizienz [2]

<b>Leitfaden für die Verbesserung der Gesamtanlageneffizienz</b>	
<b>Verfügbarkeit</b>	<p><b>Verringerung der Rüstzeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beseitigung und Verkürzung von Rüstvorgängen</li> <li>• Automatisieren von Konfigurationsänderungen</li> <li>• Verringern der Kalibrationszeit</li> <li>• Limitieren der Testläufe</li> </ul> <p><b>Beseitigung von Versagen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Anlagenverbesserungen durchführen</li> <li>• Verbesserung der vorbeugenden Instandhaltung</li> <li>• Einführung autonomer Wartung</li> </ul>

<b>Leistungsindex</b>	<p><b>Verringerung der Leerläufe und Kurzausfälle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verbesserung des Materialflusses</li> <li>• Beseitigung des Verlustes durch Fehlbedienung</li> <li>• Beseitigung von Störungen der Materialzufuhr</li> <li>• Einführung der autonomen Inspektion</li> <li>• Einführung einer Reinigungs- und Schmierprozedur</li> </ul> <p><b>Beseitigung der Verluste der Anlagengeschwindigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Austausch abgenutzter Teile</li> <li>• Auswuchten aller rotierender Teile</li> <li>• Verbesserung der Schmierung</li> </ul> <p><b>Einführung einer vorausschauenden Instandhaltung</b></p>
<b>Qualitätsrate</b>	<p><b>Beseitigung von Ausschuss und Nacharbeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Einführung einer SPC (Statistische Prozesssteuerung)</li> <li>• Verbesserung der Anlageneinstellung</li> <li>• Einführung einer Anlagenüberwachung</li> <li>• Festlegung einer Prozedur zum Werkzeugwechsel</li> <li>• Einführung der autonomen Inspektion</li> <li>• Anlagenverbesserung</li> </ul> <p><b>Verbesserung der Produktqualität</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Anlagengenauigkeit</li> </ul>

## 14.4 Einführung und Organisation von TPM

### 14.4.1 Die 4 Phasen der TPM-Einführung

Die Einführung von TPM in westlichen Unternehmen unterscheidet sich von der bisher veröffentlichten, vorwiegend japanischen Literatur, die sich in ihrer Vorgangsweise an der **japanischen Unternehmenskultur** orientiert. Diese Vorgangsweisen müssen für westliche (vorwiegend europäische und amerikanische) Unternehmen an die abweichenden Rahmenbedingungen angepasst werden. *E. Hartmann* [36], Präsident des Internationalen TPM-Institutes entwickelte 4-stufige Vorgangsweise für die Einführung von TPM in nichtjapanischen Unternehmen.

1. Machbarkeitsstudie
2. Planung und Vorbereitung der Installation
3. Pilotinstallation
4. Werksweite Installation

## 1. Phase: Machbarkeitsstudie [2]

Da TPM einen tief greifenden Einfluss auf den Betrieb und die Unternehmenskultur hat, muss der Installationsplan für TPM auf fundierter Information und den aktuellen Bedürfnissen im Unternehmen aufbauen. Eine geplante Instandhaltungsaufgabe dauert erfahrungsgemäß nur halb so lange, wie eine ungeplante und dasselbe gilt für die Einführung von TPM [2].

Die Machbarkeitsstudie dauert erfahrungsgemäß ungefähr acht Wochen. Zunächst müssen die Daten für die Entscheidungsfindung erarbeitet werden (Reihenfolge, Prioritäten). Zur erfolgreichen Installation von TPM, sollte man bewusst am aktuellen Bedarf des Unternehmens orientieren und sich auf soliden Informationen stützen. Bei der Machbarkeitsstudie handelt sich um das Kennenlernen der Betriebsanlagen und der Unternehmenskultur. **Nicht jede Fertigungsstruktur ist für die TPM-Einführung geeignet.** TPM ist am erfolgreichsten in der Großserienfertigung mit hohen Anlagenauslastungen.

Während der Machbarkeitsstudie werden Teams gebildet die aus Maschinenbedienern, Instandhaltern und Ingenieuren bestehen. Diese Teams lösen sich nach der Studie wieder auf. Nach Auswahl der Beteiligten, werden diese geschult, wobei die während der Studie durchführenden Aufgaben vorgestellt und erklärt werden. Hierfür wird häufig ein TPM-Berater herangezogen.

Die Teams für die Machbarkeitsstudie sollten sich mindestens einmal pro Woche treffen, um den Fortschritt zu besprechen, Probleme zu diskutieren und die nächsten Schritte zu planen.

Nach der Schulung, beginnt man mit der Beobachtung und Analyse der Anlage, mit dem Ziel die augenblickliche Leistung und des Zustands der Betriebsanlage zu bewerten. Unter Verwendung von OEE-Beobachtungsformularen, Maschinenlogbüchern und Unterlagen der Instandhaltung werden die Störungen, Verluste und Verbesserungspotentiale erkannt.

Die Durchführung der OEE-Beobachtung ist zwar die zeitintensivste Aufgabe der Machbarkeitsstudie, jedoch ist sie auch das wichtigste Hilfsmittel, wenn es darum geht, die Betriebsanlagen zu verbessern, und die für die Maschine notwendige Instandhaltung festzustellen.

Die gegenwärtigen Instandhaltungsmaßnahmen von allen wichtigen Maschinen werden untersucht, um festzustellen, wie viel und welche Art von Instandhaltung derzeit durchgeführt wird. Man sollte beobachten ob Checklisten, Berichte, Maschinenlogbücher, Instandhaltungszeitpläne verfügbar sind und wie vollständig diese Dokumente bezüglich aller Instandhaltungsmaßnahmen (Schmieren, Säubern, Inspektion, usw.) sind. Weiteres sollte auch die gegenwärtige Organisation der Instandhaltung dokumentiert werden.

Anschließend sollte auch die Qualifikation des Personals (ev. auch Motivation, bestehende Teams) analysiert werden.

Weitere Punkte der Machbarkeitsstudie sind die Erarbeitung eines Kosten/Nutzen-Verhältnisses einer TPM-Einführung (Bild 14-9) und die Erarbeitung eines Vorschlages für eine Pilotinstallation.

<b>Erarbeitung von Kosten und Nutzen von TPM</b>	
<p>Bestimmung der TPM-Kosten:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• TPM-Trainingszeit</li> <li>• Erarbeitung des Trainingsmaterials</li> <li>• Anlagenverbesserung</li> <li>• TPM-Belegschaft</li> <li>• Besprechungen</li> <li>• Öffentlichkeitsarbeit</li> </ul>	<p>Bestimmung des TPM-Nutzens:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostensenkung</li> <li>• Verbesserung der Produktivität</li> <li>• Verringerung der Stillstandszeiten</li> <li>• Verschiebung des Kaufs neuer Anlagen</li> <li>• Verbesserung des Arbeitsklimas</li> </ul>

**Bild 14-9:** Bestimmung von Kosten und Nutzen von TPM [35]

## **2. Phase: Planung und Vorbereitung der TPM-Einführung**

Nachdem die Topmanagement-Entscheidung zur Einführung von TPM bekannt gegeben wurde, beginnt der Aufbau einer TPM-Organisation und die Schulung der Mitarbeiter. Weiters werden die grundlegenden Ziele und ein Rahmenplan zur Einführung von TPM festgelegt.

## **3. Phase: Pilotinstallation**

Die gesamte Durchführung der TPM-Installation dauert – abhängig von der Unternehmensgröße und vom geplanten Personaleinsatz - ungefähr 3 Jahre und beginnt mit dem in der Machbarkeitsstudie entwickelten Pilotprojekt und orientiert sich Schritt für Schritt an den Prioritäten und an der Machbarkeit.

Es wird zunächst danach getrachtet, die Effizienz jedes Anlagenteils zu steigern. Weiterhin werden Programme sowohl für die autonome Instandhaltung als auch für die Instandhaltungsabteilung erstellt. Außerdem müssen die Instandhaltungsfähigkeiten der Mitarbeiter geschult und Programme zur Optimierung von Neuanlagen entwickelt werden.

## **4. Phase: Werkswerte Installation**

In dieser Phase beginnt das TPM-Programm zu laufen und wird perfektioniert, und es werden weitere Ziele für die Zukunft gesetzt (z. B. der TPM Plant Price).

### **14.4.2 Das TPM-Bewusstsein auf der Managementseite**

Die schon erwähnten Unterschiede zwischen Japan und der westlichen Welt sind in Bild 14-10 dargestellt.

Japan	Europa/USA
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Engagement des Managements</li> <li>• TOP-Management ist der Ausgangspunkt für TPM</li> <li>• Adäquate Finanzmittel stehen zur Verfügung</li> <li>• Japaner planen langfristig (TPM-Programme dauern 3 oder mehr Jahre)</li> <li>• Gruppenarbeit entspricht japanischer Unternehmenskultur</li> <li>• Entlohnungssystem fördert das Engagement der Mitarbeiter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TPM-Idee geht meist vom mittleren Management aus</li> <li>• Top-Management muss erst überzeugt werden</li> <li>• Beschränkte Finanzmittel</li> <li>• Ziele sind kurzfristiger: Wenn nach ½ Jahr noch kein Erfolg sichtbar ist läuft das Programm in Gefahr, gestrichen zu werden</li> <li>• Westliche Unternehmenskultur: Handeln eher im eigenen Interesse als im Interesse der Gruppe</li> </ul>

**Bild 14-10:** Unterschiede Japan - Westen

### **Aktionsplan**

Die Beseitigung der sechs großen Verlustquellen ist eines der Hauptziele bei der Einführung von TPM. Jeder Betrieb muss seinen eigenen Aktionsplan für die Einführung von TPM entwickeln, da er von der Art des Unternehmens, den Produktionsmethoden und vom Zustand der Anlagen abhängt.

### **Ziele vermitteln**

Ein effektiver Weg, die Motivation und den Einsatz der Mitarbeiter zu fördern, ist es, der Belegschaft konkrete Ziele zu vermitteln. Ziele müssen immer in Zahlen darstellbar sein. Die Sprache der Verbesserung ist die Sprache der Zahlen, zum Beispiel: „Mit dieser Verbesserung werden die Kosten um 5% reduziert“.

**Was messbar ist, wird auch getan!**

In Tabelle 14-4 sind einige Beispiele für solche Ziele angegeben:

Tabelle 14-4: Beispiele für TPM-Ziele

Topmanagement
<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduktion der Gesamtkosten um 5 %</li><li>• Reduktion der Produktionskosten um 7%</li><li>• Erhöhung der Wertschöpfung pro Person um 5%</li><li>• Reduktion des Lagers um 10%</li><li>• Reduktion der Anzahl der Kundenreklamationen auf 1 pro 100.000 verkaufte Produkte</li></ul>
Mittleres Management
<ul style="list-style-type: none"><li>• Erhöhung der Arbeitsproduktivität um 5%</li><li>• Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz von 65% auf 85%</li><li>• Erhöhung der Ausbringung pro Stunde auf 10.000 Stück</li><li>• Erhöhung der Anzahl der Verbesserungsvorschläge von 7 auf 30 pro Mitarbeiter</li><li>• Reduktion der Unfälle auf 0</li></ul>

Die grundlegenden Entwicklungsaktivitäten eines TPM-Systems bauen auf folgenden Minimalanforderungen auf, die vom Japan Institute of Plant Maintenance vorgeschlagen werden [6]:

1. Verbesserung der Anlageneffizienz durch die Beseitigung der sechs großen Verluste.
2. Programm zur autonomen Durchführung der Instandhaltung.
3. Geplante Aktivitäten für die Instandhaltungsabteilung.
4. Schulung und Training für das Instandhaltungspersonal.
5. Anlagenmanagementprogramm von Beginn an.

Dieser Entwicklungsplan basiert auf dem „5S-Programm“, wobei die 5S für die japanischen Begriffe SEIRI, SEITON, SEISO, SEIKETSU und SHITSUKE stehen. Im deutschsprachigen Raum spricht man auch vom „5A-Programm“:

**SEIRI - AUSSORTIEREN**

Finde notwendige Dinge heraus und eliminiere unnötige Dinge

**SEITON - AUFRÄUMEN**

Schaffe einen passenden, sicheren und ordentlichen Platz für alles und bewahre es dort auf

**SEISO - ARBEITSPLATZ SÄUBERN**

Überprüfe den Zustand der Maschine/Anlage während der Reinigung

**SEIKETSU - ALLE PUNKTE EINHALTEN**

Entwickle Instandhaltungs- und Reinigungspläne und strebe nach weiterer Verbesserung

**SHITSUKE - ANORDNUNGEN ZUR REGEL MACHEN**

Definiere den Standard, trainiere und erhalte ihn

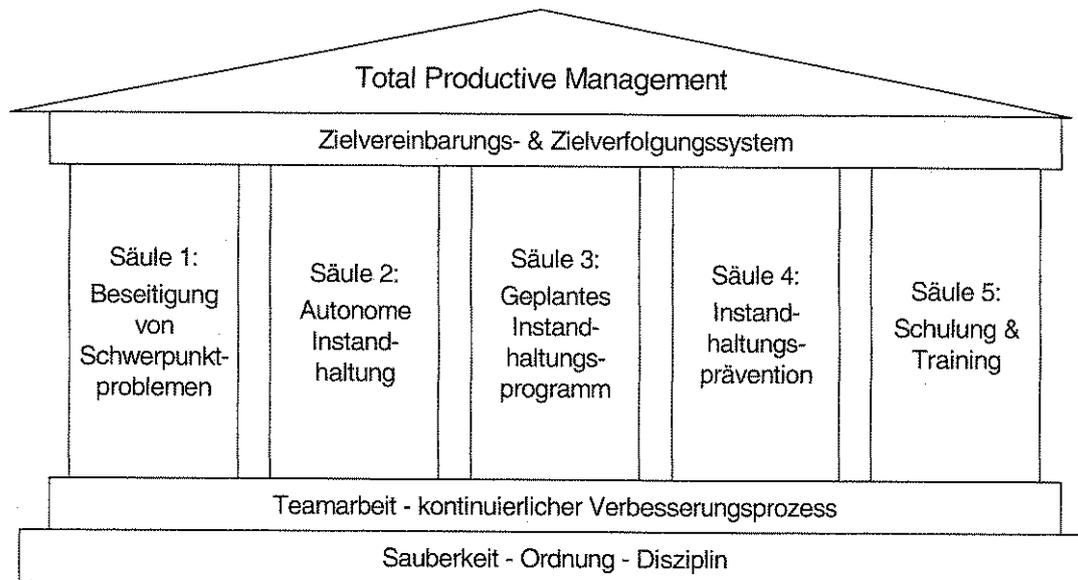
**Ziele von 5S/5A:**

- Vermeidung der Vermischung von defekten und i. O. Teilen
- Vermeidung von Zeitverschwendung während des Rüstens durch Ordnung
- Verhinderung von Maschinenstörungen durch Reinigung und Wartung
- Verhinderung von Arbeitsunfällen; Verbesserung der Sicherheit durch Ordnung und Sauberkeit
- Verhinderung von Produkt-, Werkzeug- und Materialbeschädigungen
- Verbesserung des Arbeitsplatzes und -umfelds

**Das Management muss eine Umgebung schaffen, in der Änderungen akzeptiert werden und in der ständige Verbesserungen stattfinden.**

### 14.4.3 Das 5-Säulenmodell von TPM

Das Wesen von „Total Productive Management“ kann am sinnvollsten durch das in Bild 14-11 dargestellte 5-Säulenmodell dargestellt werden. Diese fünf Säulen stellen Teilziele des TPM dar. Als Fundament dienen auf der einen Seite Sauberkeit, Ordnung und Disziplin und auf der anderen Seite die kontinuierliche Verbesserung in kleinen Schritten. Auf dieser Basis sind die fünf Säulen aufgebaut und werden vom gemeinsamen Dach bestehend aus den Zielvereinbarungen und dem Zielverfolgungssystem zusammengehalten.



**Bild 14-11:** Die fünf Säulen von TPM [1]

#### ***Beseitigung von Schwerpunktproblemen***

In dieser Säule geht es um die Analyse der Anlagen und das Erkennen von Schwachstellen. Unter dem Motto „Reinigung = Inspektion“ im ersten der sieben Schritte zur Einführung von TPM werden Fehler entdeckt und kategorisiert, um daraus Schlüsse für Reinigungs-Wartungs- und Schmierpläne zu gewinnen.

#### ***Autonome Instandhaltung***

Der größte Unterschied von TPM zu anderen Instandhaltungs- und Produktionsmanagementphilosophien ist – wie schon in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben – die autonome Instandhaltung durch Maschinenarbeiter in Form von Kleingruppenaktivitäten. In der klassischen, vorbeugenden Instandhaltung ist die Instandhaltungsabteilung für die Durchführung der Instandhaltung verantwortlich, wogegen TPM mit der zielgerichteten Einbeziehung der Mitarbeiter in Problemlösungsprozesse, die modernere Art der Instandhaltung darstellt.

Auch die weiteren drei Säulen

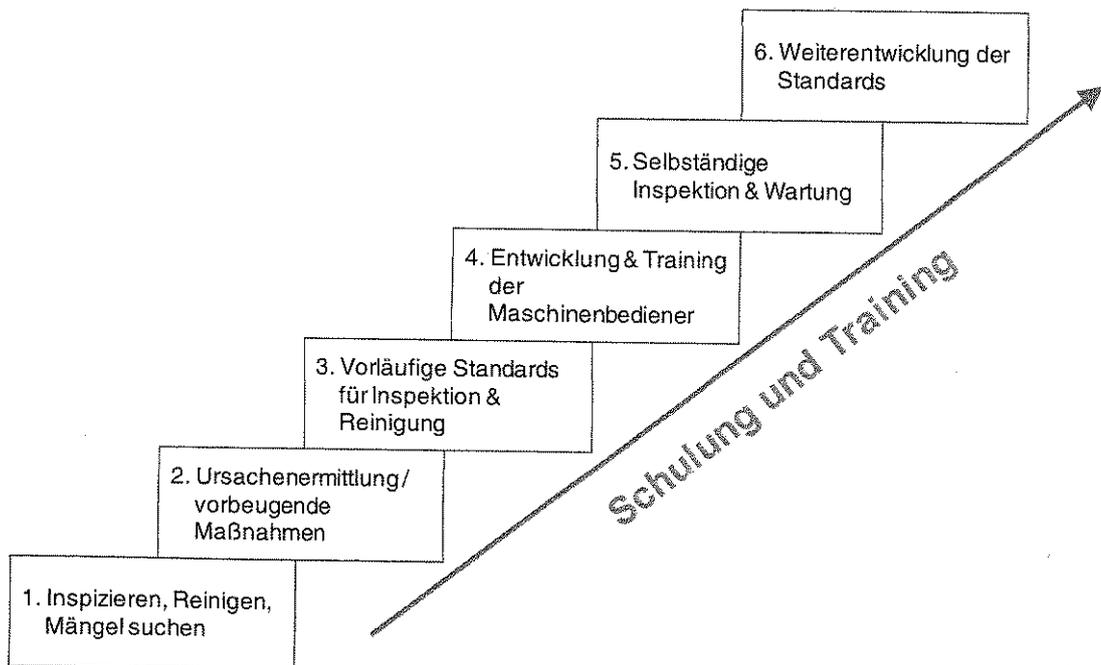
- Geplantes Instandhaltungsprogramm,
- Instandhaltungsprävention *sowie*
- Schulung und Training

werden in den nachfolgend beschriebenen 6 Schritten zur TPM-Einführung behandelt. Ziel ist es, aus dem ersten Schritt Erkenntnisse für das geplante Instandhaltungsprogramm und die Instandhaltungsprävention zu erhalten. Maschinenbediener sollten so gut geschult sein, dass sie einfache Instandhaltungstätigkeiten selbst ausführen können, was in Summe wiederum zur Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz beiträgt.

#### 14.4.4 Die 6-Schritte-Methode zur TPM-Einführung – Der Weg zur produktiven, autonomen Instandhaltung

Die Nutzung von Mitarbeiterpotenzialen zur kontinuierlichen Unternehmensoptimierung und -entwicklung ist ebenso wie bei der Lean Production ein Kernbereich der TPM-Philosophie.

Das JIPM schlägt die Sechs-Schritte-Methode zur Einführung der selbständigen Bedienerinstandhaltung vor. Diese Methode soll sicherstellen, dass jedes der oben erwähnten 5S berücksichtigt wird (Bild 14-12).



**Bild 14-12:** Die Einführung von TPM in sechs Schritten

Diese sechs Schritte betreffen in erster Linie die Maschinenarbeiter, da sie diese Schritte durchführen müssen, aber auch die Anlagen, da diese dabei verbessert werden.

Eine erfolgreiche TPM-Einführung ist nur möglich, wenn jeder der sechs Schritte durchlaufen wird. Gerade die ersten drei Schritte sind oft sehr mühsam zu erreichen, bringen aber schon einen messbaren Erfolg.

### **1. Schritt: Inspizieren, Reinigen, Mängel suchen**

Der **1. Schritt** beinhaltet die Beseitigung von Staub und Verunreinigungen hauptsächlich an den Hauptteilen der Anlagen, das Festziehen von Schrauben und Muttern sowie die Entdeckung und Korrektur von Problemen.

Wichtig dabei ist, dass mit den richtigen Maschinen begonnen wird. Die anfängliche Reinigung einer ohnehin schon sauberen Maschine wird nicht den erwarteten Erfolg bringen und somit auch die Begeisterung und den Einsatz der Mitarbeiter weniger fördern, als messbare Erfolge schon im ersten der sieben Schritte.

Beim ersten Schritt und auch in weiterer Folge gilt:

#### **Reinigung = Inspektion**

- Die bei der Reinigung gefundenen Schwachstellen und Fehler müssen gekennzeichnet werden, um sie beheben zu können und um im zweiten Schritt Gegenmaßnahmen setzen zu können.
- Die Kennzeichnung sollte in Form von Anhängern erfolgen, die direkt an der Problemstelle angebracht werden.
- Es sollten zumindest drei verschiedene Farben unterschieden werden:
  1. Für Tätigkeiten, die vom Instandhaltungspersonal durchgeführt werden müssen.
  2. Für Tätigkeiten, die vom Bedienungspersonal durchgeführt werden müssen.
  3. Für Tätigkeiten in schwer erreichbaren Bereiche oder zum Aufzeigen eines Sicherheitsrisikos.
- An den Farben wird auch erkannt, wie viel Prozent der Instandhaltungs- und Fehlerbehebungstätigkeiten vom Bedienungspersonal und wie viel vom Instandhaltungspersonal erledigt wird.
- Das Ziel der autonomen Instandhaltung ist es, dass möglichst viele Anhänger dem Typ 2 entsprechen.

Bei der Reinigung treten Schwachstellen ans Tageslicht, die bei einer verschmutzten Maschine unentdeckt geblieben wären. Zum Beispiel bedeutet Ölaustritt Druckverlust und somit baldigen Stillstand der Maschine. Mit der anfänglichen Grundreinigung soll ein Zustand erreicht werden, bei dem jedes Problem sofort sichtbar wird.

### Motto für den 1. Schritt

Kleine Probleme erkennen und beheben, bevor daraus große Probleme werden.

### **2. Schritt: Ursachenermittlung, vorbeugende Maßnahmen**

Im 2. Schritt werden Ursachen der Verunreinigungen erforscht, schwer zu reinigende Teile verbessert und eine Reduzierung der für Reinigung und Schmierung erforderlichen Zeit angestrebt. Außerdem werden in diesem Schritt Maßnahmen angestrebt, die zukünftige Verschmutzungen verhindern oder reduzieren sollen. Beispiele dafür sind die Anbringung von Abdeckungen und Abschirmungen.

- Überprüfung der Verschmutzungsursachen.
- Beseitigung von Verschmutzungsquellen.
- Überprüfung und Verbesserung des Kühl-/Schmierstoff- und Spänekreislaufs.
- Verbesserung schwer zu reinigender Anlagenteile.
- Erarbeitung vorläufiger Reinigungsstandards.
- Erarbeitung vorläufiger Reinigungsintervalle.

### Motto für den 2. Schritt

Eine Anlage gar nicht erst verschmutzen zu lassen ist besser als sie zu reinigen.

### **3. Schritt: Vorläufige Reinigungs- und Schmierstandards**

Nachdem die Maschinenarbeiter in den Schritten 1 und 2 den grundlegenden Zustand der Anlagen erkennen, sind im 3. Schritt Standards für Basisinstandhaltungsarbeiten (z. B. Reinigungs- und Schmierstandards) mit täglichen und periodischen Aufgaben festzulegen.

Wichtig für die Erstellung der Standards ist, dass sie von jenen Mitarbeitern mitgestaltet werden, die später danach arbeiten müssen.

Besonderen Wert sollte bei diesem Schritt auf Schmierungsstandards gelegt werden, da ein großer Prozentsatz der Maschinenausfälle durch mangelhafte Schmierung verursacht wird.

- Herausfinden kritischer Bereiche wie z. B.:
  - Schwer zu schmieren
  - Ölstand nicht überprüfbar
  - Störungen im Schmiermittelkreislauf
  - Anlage wird während des Schmiervorgangs ölig
- Überprüfen der Verbesserungsmaßnahmen
- Schmierungstest
- Periodische Inspektion
- Entwurf eines provisorischen Reinigungs- und Schmierungsstandards
- Arbeit nach diesen Standards und Bewertung der Ergebnisse
- Festschreibung der neuen Standards

#### **Motto für den 3. Schritt**

Reinigungs- und Schmierstandards sollen kein bürokratisches System sein, sondern sollen durch optimale Abläufe den nötigen Freiraum für die nächsten Schritte schaffen.

#### **4. Schritt: Entwicklung und Training der Maschinenbediener**

Im 4. Schritt soll der Zustand der gesamten Produktionsanlage durch eine allgemeine Inspektion festgestellt und die Mitarbeiter entsprechend geschult werden. Die Schulung erfolgt anhand des Inspektionshandbuchs und muss gewährleisten, dass die Mitarbeiter die für sie neuen Tätigkeiten der Instandhaltung ausführen können. Da alle Maschinenarbeiter die Fähigkeit entwickeln müssen, Abweichungen zu erkennen und zu korrigieren, wird dieser vierte Schritt relativ viel Zeit in Anspruch nehmen. Dafür zeigen sich nach diesem Schritt erstmals erstaunliche Resultate, wie zum Beispiel eine Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz auf über 80%.

#### **Motto für den 4. Schritt**

Maschinenarbeiter verstehen ihre Maschinen.

### 5. Schritt: Selbständige Inspektion und Wartung

Im 5. Schritt werden Prüfformulare für die selbständige Inspektion entwickelt und eingesetzt. Dafür werden die in den ersten drei Schritten eingeführten vorläufigen Standards für Reinigung, Schmierung und Inspektion überarbeitet und um die im 4. Schritt gewonnenen Erfahrungen verbessert. Die Ergebnisse werden mit der Instandhaltungsabteilung abgesprochen, um Verantwortlichkeiten festzulegen.

**Tabelle 14-5:** Was soll in den Prüfformularen enthalten sein?

<b>Prüfformular für autonome Inspektion</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ort der Durchführung der Maßnahmen.</li> <li>• Zustand, der mit der Maßnahme erreicht werden soll.</li> <li>• Methoden, um den Zustand zu erreichen.</li> <li>• Notwendige Werkzeuge und sonstige Hilfsmittel.</li> <li>• Zeitdauer der Maßnahmen.</li> <li>• Intervalle.</li> <li>• Wer ist verantwortlich?</li> </ul>

<b>Motto für den 5. Schritt</b>
Nur ein Plan für tägliche Inspektions- und Schmiermaßnahmen kann ein Schritt in Richtung der Vision einer hundertprozentigen Anlagenverfügbarkeit sein.

### 6. Schritt: Weiterentwicklung der Standards

Die Schritte 1 bis 5 beschränken sich auf Aktivitäten der Maschinenarbeiter im Zusammenhang mit den Produktionsanlagen. Im 6. Schritt werden die Aktivitäten auf das gesamte Arbeitsumfeld ausgeweitet. Es werden Gesichtspunkte festgelegt, wie der Arbeitsplatz zu führen ist. Die Instandhaltungskontrolle wird systematisiert. In Tabelle 14-6 wird ein Beispiel von Standards der Organisation und Ordnung der autonomen Instandhaltung gezeigt.

<b>Motto für den 6. Schritt</b>
Institutionalisierung von Standards und visuellen Kontrollen.

**Tabelle 14-6:** Einführung von Standards der Organisation und Ordnung [6]

Teilschritt	Teilvorgang
Aufgabe der Maschinenarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaffung von Standards</li> <li>• Halten an Standards</li> <li>• Durchführung von Datenaufzeichnungen</li> </ul>
Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unterstützung der Arbeitsvorbereitung</li> <li>• Visuelle Steuerung von unfertigen Produkten, Fehlern und Verbrauchsgütern</li> </ul>
Formen, Vorrichtungen, Werkzeuge	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Werkzeuge, Formen und Vorrichtungen sollten leicht auffindbar sein</li> <li>• Standards für Präzision und Instandsetzung</li> </ul>
Messgeräte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sicherstellung der Funktionen der Messgeräte</li> <li>• Kontrolle und Korrektur von Verschlechterungen</li> <li>• Schaffung von Standards für die Inspektion</li> </ul>
Präzision der Anlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überprüfung der Präzision der Anlagen da diese die Qualität beeinflusst</li> <li>• Standardisierung der Überprüfung</li> </ul>
Betrieb und Behandlung von Abweichungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überwachung des Betriebes</li> <li>• Festlegung von Verfahrensbedingungen</li> <li>• Standardisierung von Qualitätsprüfungen</li> <li>• Verbesserung der Problemlösungsfähigkeiten</li> </ul>

#### 14.4.5 TPM auf der Anlagenseite

Um die Vorteile der produktiven, autonomen Instandhaltung und die damit verbundene Ausschaltung der sechs großen Verluste auch zu erreichen, ist es notwendig, schon beim Maschinenkauf auf die entsprechende Zuverlässigkeit und Prozessfähigkeit zu achten. Bereits beim Maschinenkauf erfolgt die Weichenstellung für eine Maximierung der Gesamtanlageneffizienz. Schon die durch die Konstruktion der Betriebsmittel bedingte Instandhaltbarkeit und Prozesssicherheit tragen wesentlich zur Erhöhung der Verfügbarkeit bei. Bei der Installation von Neuanlagen zeigen sich Probleme oft schon während des Testlaufs, der Inbetriebnahme und des Anlaufbetriebes.

**Betriebsanlagenmanagement im Zuge der TPM-Einführung [2]**

- Verbesserung der vorhandenen Betriebsanlagen.
- Halten der verbesserten Betriebsanlagen auf einem hohen Leistungs- und Verfügbarkeitsniveau.
- Beschaffung von neuen Betriebsanlagen.

Die Verbesserung der vorhandenen Betriebsanlagen und das Halten der verbesserten Betriebsanlagen auf einem hohen Leistungs- und Verfügbarkeitsniveau soll das Ergebnis der TPM-Einführung in sieben Schritten auf Seite der Maschinenarbeiter sein.

Was in diesen sieben Schritten noch nicht behandelt wurde, ist die Beschaffung neuer Betriebsanlagen. Leitfaden 9-7 gibt die Vorgangsweise für eine TPM-konforme Anlagenbeschaffung mit definierten Hochleistungsspezifikationen und niedrigen Lebenszykluskosten an [2].

Die Verfahren zur Überprüfung und Abnahme der Anlage werden in Kapitel 7 „Abnahme und Qualifikation von Fertigungseinrichtungen“ ausführlich erläutert.

**TPM bei der Anlagenbeschaffung**

- Entwicklung einer technischen Spezifikation.
- Sammlung der Erfahrungen der Maschinenarbeiter mit den bestehenden Anlagen.
- Sammlung der Erfahrungen des Instandhaltungspersonals mit den bestehenden Anlagen.
- Beseitigen der früheren Probleme (durch einen besseren Entwurf oder durch Spezifikationen, die auf den gesammelten Erfahrungen basieren).
- Anlagenentwurf mit neuen Technologien (bessere Leistungsfähigkeit, höhere Sicherheit, besserer Umweltschutz).
- Vorsehen von Fehler-Diagnoseverfahren.
- Vorsehen von Instandhaltungsmaßnahmen bereits in der Entwurfsphase (nach Möglichkeit wartungsfreie oder wartungsarme Anlagen).
- Schulung von Maschinen- und Instandhaltungspersonal.
- Abnahme der Anlage, nur wenn die Spezifikationen erfüllt sind (anhand der praktischen Arbeit an den Teilen, um Anlaufverluste zu vermeiden).

Die Beseitigung der sechs großen Verlustquellen beginnt somit schon vor dem Kauf der Maschinen, wobei die vom Werkzeugmaschinenhersteller garantierte Prozessfähigkeit eine wichtige Kenngröße darstellt (siehe auch Kapitel 7).

## 14.5 Ausblick: Der Weg zur Weltklasse-Instandhaltung

Die Auswirkungen von TPM können am anschaulichsten anhand von Beispielen gezeigt werden, da üblicherweise erwartete Rationalisierungserfolge weit in den Schatten gestellt werden. Aus Erfahrungsberichten von Firmen, die den TPM Award erhielten, ging hervor, dass die Anlageneffizienz gesteigert werden konnte, die Produktqualität erhöht wurde, die Unfälle reduziert werden konnten und der Ausbildungsstand der Mitarbeiter verbessert wurde. Die TPM-Philosophie hatte einen positiven Effekt auf die Arbeitsmethoden und den Teamgeist, was wiederum die Konkurrenzfähigkeit des Unternehmens steigerte.

Der Mensch steht im Mittelpunkt der TPM-Philosophie, wobei die oben erwähnten Auswirkungen von TPM hauptsächlich auf das gestiegene Verantwortungs-  
bewusstsein der Maschinenarbeiter für „ihre“ Anlage zurückzuführen ist. Die Verwirklichung der produktiven, autonomen Instandhaltung setzt allerdings einen qualitativ hochwertigen Maschinenpark voraus.

Die Instandhaltungsabteilung wird durch die Einführung von TPM nicht überflüssig. Sie gewinnt sogar noch an Bedeutung, da von ihr die Koordination sämtlicher notwendiger Instandhaltungsaktivitäten erfolgt. Dort, wo autonome Instandhaltung aufgrund der notwendigen hohen Qualifikation nicht möglich ist, oder wenn Maschinendiagnosesysteme für eine eindeutige Erkennung des Anlagenzustandes nicht mehr ausreichen, beginnt das Aufgabengebiet der Spezialisten aus der Instandhaltungsabteilung. Das gesamte Instandhaltungsmanagement unter Einbeziehung eventueller Wartungsverträge wird weiterhin von der Instandhaltungsabteilung durchgeführt.

Da alle Mitarbeiter in den Verbesserungsprozess einbezogen werden, führt die Verwirklichung von TPM auch in Europa langfristig zu einer Erhöhung der Anlageneffizienz, und das Ziel einer hundertprozentigen Verfügbarkeit der Anlagen ist keine Utopie mehr.

### Literatur

- [1] Al-Radhi, M.: Total Productive Management – Erfolgreich produzieren mit TPM; Hanser Verlag München 2002
- [2] Hartmann, E. H.: Erfolgreiche Einführung von TPM in nichtjapanischen Unternehmen. Verlag Moderne Industrie, Landsberg 1998
- [3] Imai, Masaaki: KAIZEN – Der Schlüssel zum Erfolg der Japaner im Wettbewerb; Wirtschaftsverlag Langen Müller/Herbig, München 1992
- [4] Maggard, Bill N.: TPM: Instandhaltung, die funktioniert. Verlag moderne Industrie 1995
- [5] Matyas Kurt: Taschenbuch Instandhaltungslogistik – Qualität und Produktivität steigern. (4. Auflage) Carl Hanser Verlag München Wien 2010

- 
- [6] Nakajima, Seiichi: Management der Produktionseinrichtungen. Campus Verlag Frankfurt/New York 1995
  - [7] Suzaki, Kiyoshi: Modernes Management im Produktionsbetrieb. Carl Hanser Verlag München Wien 1989
  - [8] Womack James, P; Jones, Daniel T.; Roos, Daniel: Die zweite Revolution in der Autoindustrie. Campus Verlag Frankfurt/New York 1992
  - [9] Sommer, M.: TPM bei Pirelli In: INSTA 98 IIR Konferenz 1998
  - [10] Warnecke, H.-J.: Die Fraktale Fabrik. Springer Verlag, Berlin, 1992