

DaProS[®] - MDA

**Maschinenzeiten und Produktivität
von Verpackungslinien**

0 Inhaltsverzeichnis

0	Inhaltsverzeichnis	2
1	Maschinenzeiten und Produktivität von Verpackungslinien	3
1.1	Warum Maschinenzeiterfassung und Produktivitätsermittlung?	3
1.2	Ermittlung der Kennzahlen zur Produktivitätsoptimierung	3
1.2.1	Maschinenzeiten nach DIN 8743	3
1.2.2	Overall Equipment Effectiveness (OEE)	4
1.3	Vorteile der Software-Suite DaProS®-MDA	4
2	Aufbau und Funktionsweise von DaProS®-MDA	5
2.1	Systemaufbau	5
2.2	Funktionsweise	5
2.3	Auswertungen der Maschinenzeiten	8
2.4	Erweiterte Funktionen	8
2.4.1	Durchsatzermittlung	8
2.4.2	Auftragszuordnung	9
3	Die Leistungen von DaProS®-MDA im Überblick	10
3.1	Grundsätzliche System-Eigenschaften	10
3.2	System-Funktionen	10
3.3	BDE-Terminals	10
3.4	Optionen	10

1 Maschinenzeiten und Produktivität von Verpackungslinien

1.1 Warum Maschinenerfassung und Produktivitätsermittlung?

Der Wettbewerb zwingt jedes Unternehmen, die Betriebsabläufe so effizient wie möglich zu gestalten. Daher sind Produktionsbetriebe laufend auf der Suche nach Ansatzpunkten zur Reduzierung von Kosten und Ausschuss sowie zur Steigerung der Kapazität vorhandener Maschinen und Anlagen. Durch ihre optimierte Nutzung lassen sich nicht nur kostspielige Investitionen vermeiden, sondern auch die Wirtschaftlichkeit und damit die Wettbewerbsposition des Anbieters auf den internationalen Märkten verbessern.

Zahlreiche Untersuchungen haben gezeigt, dass die tatsächlich ausgebrachte Produktionsmenge aus verschiedenen Gründen erheblich hinter der Anlagenkapazität zurückbleibt. Viele Maschinen und Anlagen arbeiten mit einer Effektivität von weniger als 50%. Diese versteckte Produktionskapazität gilt es zu erkennen und abzustellen. Um im Rahmen einer Schwachstellen-Analyse aussagekräftige Informationen zu erhalten, müssen die Stillstandszeiten der Maschinen und Anlagen exakt ermittelt und daraus entsprechende Kennzahlen abgeleitet werden. Manuelle Aufzeichnungen und Auswertungen sind nicht nur personalintensiv, sondern auch subjektiv und ungenau, so dass sich aus den Daten keine gesicherten Erkenntnisse gewinnen lassen.

Mit der Erfassung und Auswertung der Maschinenzeiten und Betriebsdaten über DaProS[®]-MDA von GTI-process erhält der Anwender ein leistungsfähiges Tool zur permanenten Überwachung der Effizienz seiner Verpackungslinien. Die modular aufgebaute Software-Suite besteht aus verschiedenen Oberflächen und Server-Komponenten, die projektspezifisch zusammengestellt werden. DaProS[®]-MDA schließt die Lücke zwischen den Maschinen(Steuerungen) und dem Enterprise Resource Planning (ERP)-System, indem eine vertikale Integrationsplattform von den Produktionseinrichtungen zur Unternehmensleitebene geschaffen wird. In der ersten Ausbaustufe stellt die Software eine umfassende Betriebsdatenerfassungs-(BDE)- oder MES-Lösung zur Verfügung.

1.2 Ermittlung der Kennzahlen zur Produktivitätsoptimierung

Verpackungsmaschinen werden als für sich allein stehende Maschine oder im Rahmen einer Verpackungslinie national und international vertrieben. Entsprechend unterschiedlich sind die Anforderungen an die zu ermittelnden Kennzahlen.

1.2.1 Maschinenzeiten nach DIN 8743

Soll nur eine Maschine ausgewertet werden, bieten sich die Maschinenzeiten nach DIN 8743 an, die die Grundlage für die Beurteilung technischer Einrichtungen bilden, die zum Verpacken von Waren bestimmt oder im Rahmen von Verpackungslinien mit diesen verkettet sind. Allerdings kann die Qualität der produzierten Güter hier nicht in die Bewertung einbezogen werden.

Die Maschinen-Arbeitszeit ergibt sich gemäß DIN 8743 aus der Summe aus effektiver Laufzeit, der maschinenbedingten und maschinenfremden Störzeiten sowie der Kontroll-, Beschickungs- und Nebenzeiten. Nebenzeiten werden beispielsweise zum (Um)Rüsten, Warten, Pflegen sowie An- und Auslaufen der Maschine benötigt. Zieht man sie von der Maschinen-Arbeitszeit ab, ergibt sich die Betriebszeit.

Im Rahmen der Maschinenzeiten nach DIN 8743 errechnet sich der Wirkungsgrad der Maschine, indem ihre Effektivausbringung durch die Einstellausbringung geteilt wird:

$$\text{Wirkungsgrad } n = \frac{\text{Effektivausbringung } Q_{\text{eff}}}{\text{Einstellausbringung } Q_{\text{est}}}$$

Bei der Einstellausbringung Q_{est} handelt es sich um die eingestellte Arbeitsgeschwindigkeit, welche die theoretische Ausbringung pro Zeiteinheit angibt:

$Q_{est} = \text{eingestellte Packungszahl} : \text{Zeiteinheit}$

Die Effektivausbringung Q_{eff} ist die Packungszahl geteilt durch die allgemeine Laufzeit, die sich aus der Summe von effektiver Laufzeit und maschinenbedingten Störungen ergibt:

$Q_{eff} = \text{Packungszahl} : (\text{effektive Laufzeit} + \text{maschinenbedingte Störungen})$

1.2.2 Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Die Overall Equipment Effectiveness (OEE) ist eine international anerkannte Kennzahl, welche die Gesamtanlagen-Effektivität bezeichnet. Sie wurde vom Japan Institute of Plant Maintenance als Ergebnis der jahrzehntelangen Entwicklung des TPM-Konzepts (Total Productive Maintenance) erarbeitet. In die OEE, welche die Wirtschaftlichkeit von Verpackungslinien angibt, wird auch der Ausschuss, also Schlecht-Teile, mit einbezogen.

Die OEE einer Gesamtanlage ist das Produkt aus den Faktoren Verfügbarkeit, Leistungsgrad und Qualität, die sich wie folgt berechnen:

$\text{Verfügbarkeit} = \text{Laufzeit} : \text{Rüstzeit}$

$\text{Leistungsgrad} = \text{tatsächliche Produktionsmenge} : \text{mögliche Produktionsmenge}$

$\text{Qualität} = \text{einwandfreie Produktionsmenge} : \text{mögliche Produktionsmenge}$

Über DaProS[®]-MDA können neben den Maschinenzeiten nach DIN 8743 und der OEE je nach Art und Umfang der von den Maschinen erfassten Daten weitere Kennzahlen ermittelt werden. Ferner lässt sich ein Bezug zu den Auftragsdaten sowie anderen Ordnungskriterien herstellen. Somit erhält der Anwender einen umfassenden Einblick in die Effizienz seiner Verpackungslinien.

1.3 Vorteile der Software-Suite DaProS[®]-MDA

Durch die permanente Online-Überwachung und –Auswertung der Verpackungseinrichtungen auf Basis von DaProS[®]-MDA erschließen sich dem Anwender folgende Potenziale:

- laufende Produktivitäts- und Verlust-Analyse
- Bewertung unterschiedlicher Produkte oder Werkzeuge
- Ermittlung des optimalen Arbeitsbereichs
- Kontrolle geplanter Rüst- und Bearbeitungszeiten
- Steuerung des kontinuierlichen Verbesserungsprozesses (KVP)
- Erfolgskontrolle der eingeleiteten Optimierungsaktivitäten
- Prüfung der Leistungsdaten bei Neuanlagen.

Durch die Einleitung entsprechender Maßnahmen ...

- ... lassen sich Stillstandszeiten und damit Maschinen- und Personalkosten erheblich reduzieren.
- ... erhöht sich die Produktivität, was zu geringeren produktspezifischen Personalkosten und damit zu günstigeren Produktpreisen führt.
- ... steigt die Produktionskapazität, so dass Investitionen in zusätzliche Maschinen vermieden oder in die Zukunft verschoben werden können.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass sich die Investitionskosten in DaProS[®]-MDA innerhalb von einem Jahr bei gestiegener Wettbewerbsfähigkeit des Anwenders amortisieren.

2 Aufbau und Funktionsweise von DaProS[®]-MDA

2.1 Systemaufbau

Bei DaProS[®]-MDA handelt es sich um eine PC-basierte sowie Datenbank-gestützte Client/Server-Software. Die Komponenten zur Datenerfassung und –protokollierung werden auf einem Server installiert, der Stillstandszeiten über die dezentrale Peripherie (digitale und analoge Eingänge) oder den Kommunikationstreiber für das jeweilige Steuerungssystem erkennt und darauf reagiert.

Viele Gründe für einen Anlagenstillstand können weder signaltechnisch noch über die Kopplung zur Maschinensteuerung eindeutig zugeordnet werden. Deshalb wird der konkrete Stillstandsgrund bei DaProS[®]-MDA über ein BDE-Terminal abgefragt. So lassen sich auch geplante Stillstandszeiten zur Umrüstung oder Wartung der Verpackungslinie identifizieren. Ferner können zusätzliche Informationen zu Aufträgen sowie Qualitätsdaten, Stückzahlen oder Mitarbeiterzeiten erfasst werden. Über das Terminal-Display werden dem Bedienpersonal die aktuellen Kennzahlen direkt angezeigt. Allein der Visualisierungseffekt bringt meist 5 bis 10% Leistungssteigerung.

Alle erfassten Daten werden in einer SQL-Datenbank gespeichert und über den Server ausgewertet. Für die verschiedenen Analysen stehen eigene Benutzeroberflächen zur Verfügung, die auf beliebigen PCs im Office-Netzwerk lauffähig sind.

2.2 Funktionsweise

Die Komponenten sowie die Funktionsweise von DaProS[®]-MDA sollen anhand einer beispielhaften Verpackungslinie vorgestellt werden.

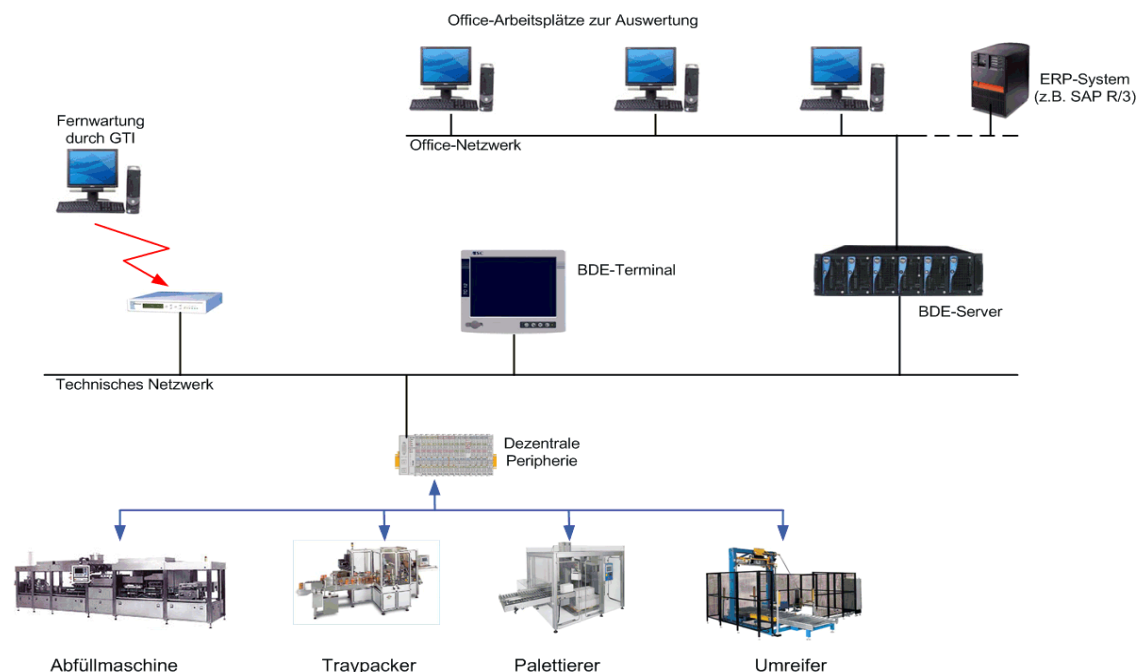


Abbildung 1: BDE-System mit Server, Maschinenankopplung über dezentrale Peripherie und BDE-Terminal

Die Verpackungslinie besteht aus einer Abfüllmaschine, einem Traypacker, einem Palettierer sowie einem Umreifer. Zur Erfassung der Maschinenzeiten wird ein BDE-Server installiert, der die gewonnenen Daten zentral speichert und entsprechende Auswertungen liefert. Stillstände werden durch die Kopplung an wenige Signale der Verpackungslinie über die dezentrale Peripherie erkannt. Dazu werden folgende Signale benötigt:

- Mangel an Produkt
- Mangel an Verpackungsmaterial 1 ... n
- Stau zur nachfolgenden Maschine
- Maschine steht
- Impulseingänge für Gut- und Schlecht-Teile.

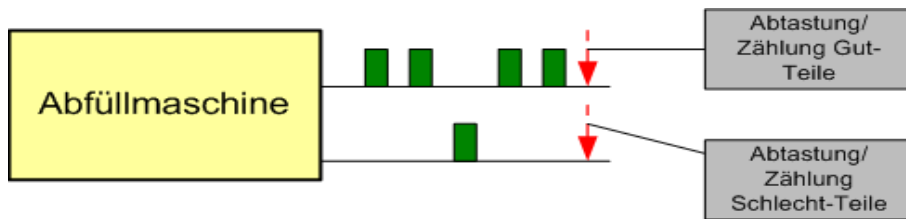


Abbildung 2: Zählung Gut-/Schlecht-Teile mit abgeleiteter Stillstanderkennung!

Die Impulseingänge, die der Zählung der produzierten Stückzahlen dienen, können auch zur Stillstands-Erkennung herangezogen werden. In diesem Fall erkennt die Signalauswertung in der dezentralen Peripherie, dass innerhalb eines konfigurierten Zeitfensters kein neues Teil festgestellt worden ist.

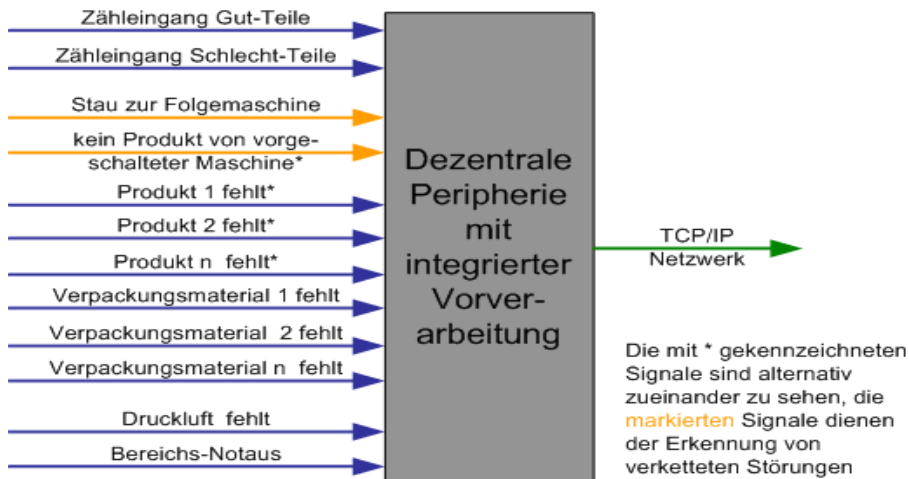


Abbildung 3: Typische Signalbelegung

Die Signale werden auf die dezentrale Peripherie aufgeklemt und über das Netzwerk vom Server erfasst, wobei die Meldungen „Mangel an Produkt/Verpackungsmaterial“ und „Stau zur nachfolgenden Maschine“ direkt von DaProS[®]-MDA ausgewertet werden. Steht die Maschine aus einem anderen Grund, wird dem Bediener am BDE-Terminal eine einfach gestaltete Auswahlmaske mit den für die Maschine konfigurierten Stillstandsgründen angeboten. Nun kann er eine der aufgelisteten Kategorien wählen, die wiederum bis zu 20 Unterpunkte enthalten kann, um den Stillstandsgrund möglichst exakt zu ermitteln. Die Zuordnung der Stillstandsursache ist auch später – zum Beispiel nach Schichtende – möglich, da DaProS[®]-MDA die Uhrzeiten elektronisch erfasst und protokolliert. Somit kann sich das Bedienpersonal auf die sofortige Beseitigung der Störung konzentrieren.

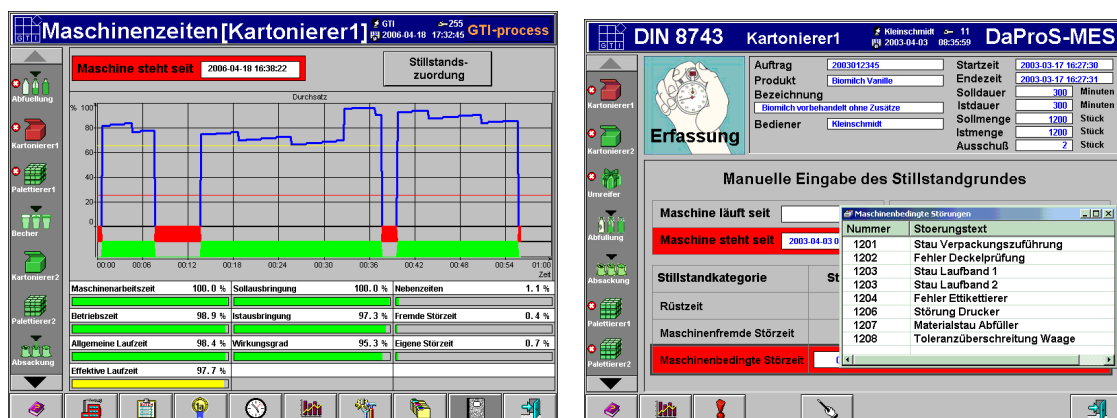


Abbildung 4: Zwei Beispiele für die Oberfläche zum Nachspezifizieren (Zuordnen) einer Stillstandsursache

In Anlehnung an die Maschinenzeiten nach DIN 8743 unterscheidet DaProS[®]-MDA zwischen maschinenbedingten und maschinenfremden Störungen. Maschinenbedingte Störungen liegen vor, wenn die Maschine aufgrund von Problemen an ihr selbst steht oder die Produktionsmenge deshalb vermindert ist - beispielsweise durch das Verkleben eines Querschiebers oder den Ausfall eines Antriebs. Stillstände durch externe Einflüsse, wie das Fehlen von Verpackungsmaterial oder den Stau an der nachgelagerten

Maschine, werden als maschinenfremde Störungen bezeichnet. Im Rahmen der Schwachstellen-Analyse werden nur die maschinenbedingten Störungen betrachtet.

In der nachfolgenden Grafik wird aufgezeigt, wann es sich bei den in einer Verpackungslinie integrierten Maschinen um eine maschinenbedingte und wann um eine maschinenfremde Störung handelt.

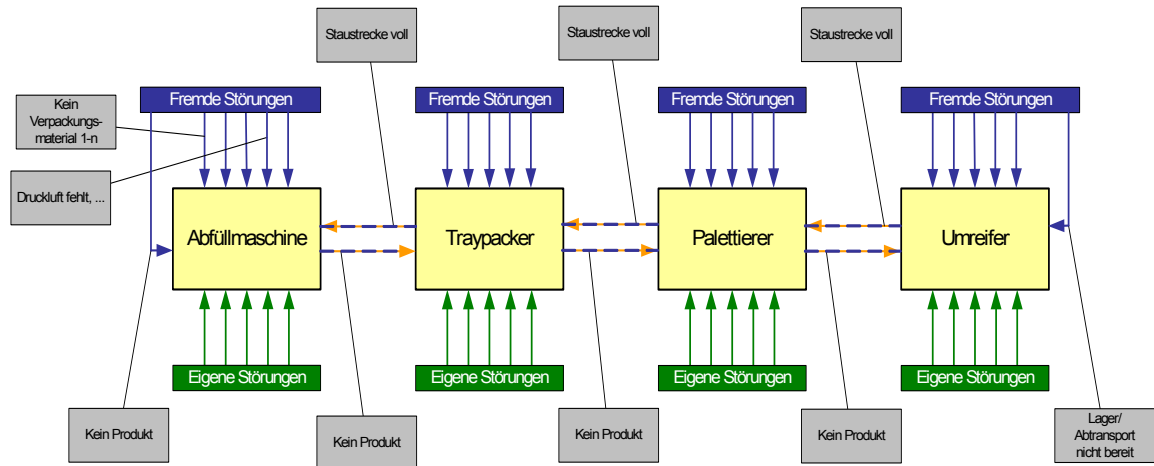


Abbildung 5: Signale für die Erfassung von Stillstandszeiten (und Ursachen)

Bei Stillständen, die durch eine Maschine ausgelöst werden und nach dem Volllaufen des Puffers auf die nachfolgenden Maschinen übergreifen, muss der Stillstandsgrund nur bei der auslösenden Maschine interaktiv angegeben werden. Abbildung 7 verdeutlicht anhand eines Beispiels, wie verkettete Stillstände aussehen können.

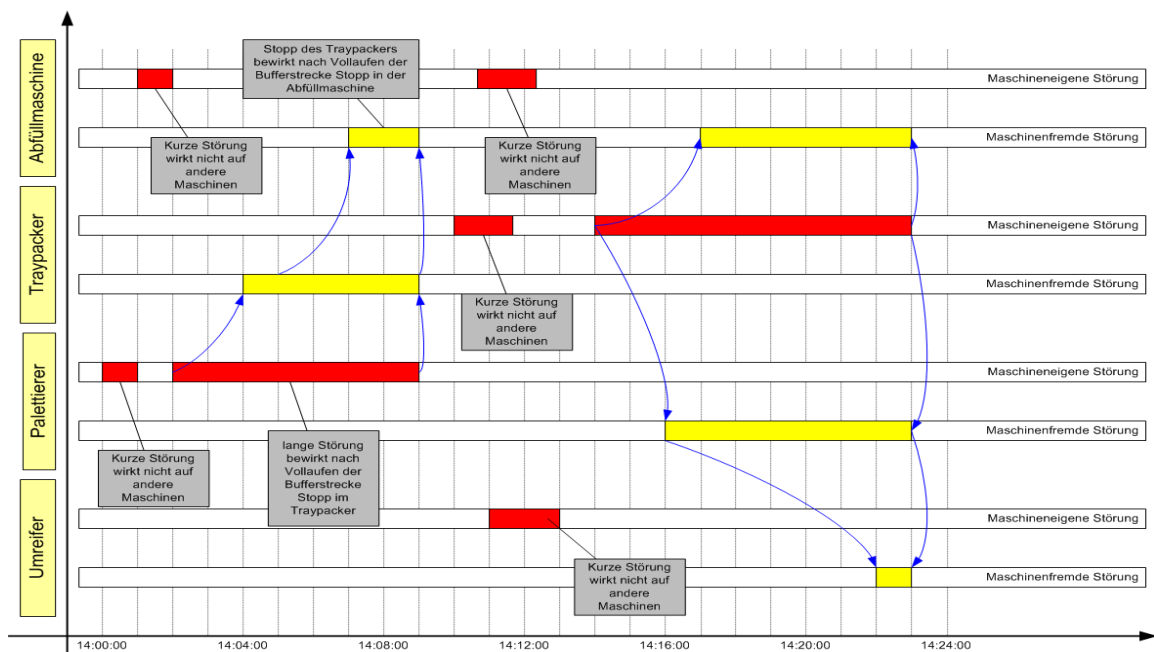


Abbildung 6: Beispiel für den Verlauf von Stillständen

Dabei werden folgende Zusammenhänge unterstellt, um die Darstellung zu vereinfachen:

- Zwischen der Abfüllmaschine und dem Traypacker befindet sich eine Stauzone für Material, die nach etwa drei Minuten vollgelaufen ist.
- Zwischen dem Traypacker und dem Palettierer ist die Stauzone nach zwei Minuten, zwischen dem Palettierer und dem Umreifer nach etwa sechs Minuten gefüllt.
- Die Stauzonen arbeiten verzögerungsfrei, weshalb alle Maschinen gleichzeitig anlaufen.

Selbstverständlich werden in der Praxis auch Konstellationen, die von dieser Annahme abweichen, durch DaProS[®]-MDA abgedeckt, da bei einer maschinenfremden Störung jeweils der letzte Eintrag der vor- oder nachgelagerten Maschine ausgewertet wird.

2.3 Auswertungen der Maschinenzeiten

Die beschriebene Funktionsweise von DaProS[®]-MDA erlaubt neben der maschinenorientierten Auswertung von Störungen eine aufschlussreiche Analyse auf der Linienebene. Dabei wird folgende Regel zugrunde gelegt:

„Der Durchsatz einer Linie wird durch die Abfüllmaschine als der führenden Maschine bestimmt, da die nachfolgenden Maschinen üblicherweise einen höheren Durchsatz ermöglichen würden.“

Diese Regel ergibt sich aus der typischen Auslegung einer Verpackungslinie sowie der Tatsache, dass die nachgeschalteten Maschinen in der Regel mehr Produkte innerhalb eines Arbeitstaktes verarbeiten können. Die Abfüllmaschine ist darüber hinaus zumeist die teuerste Maschine innerhalb der Linie.

Bei der linienbezogenen Auswertung interessiert den Anlagenbetreiber insbesondere die Verfügbarkeit der Abfüllmaschine als der führenden Maschine. Dabei ist zu berücksichtigen, welche Stillstände der nachgeschalteten Maschinen sich wie auf die Abfüllmaschine ausgewirkt haben. Zu diesem Zweck wird eine Störstatistik für die Abfüllmaschine erstellt, aus der im Fall einer maschinenfremden Störung der jeweilige Verursacher ersichtlich ist. In der Auswertung wird dabei nicht die gesamte Stillstandszeit der verursachenden Maschine angezeigt, sondern nur der zeitliche Anteil, der sich nach der Teilkompensation durch die Pufferstrecken auf die Abfüllmaschine ausgewirkt hat.

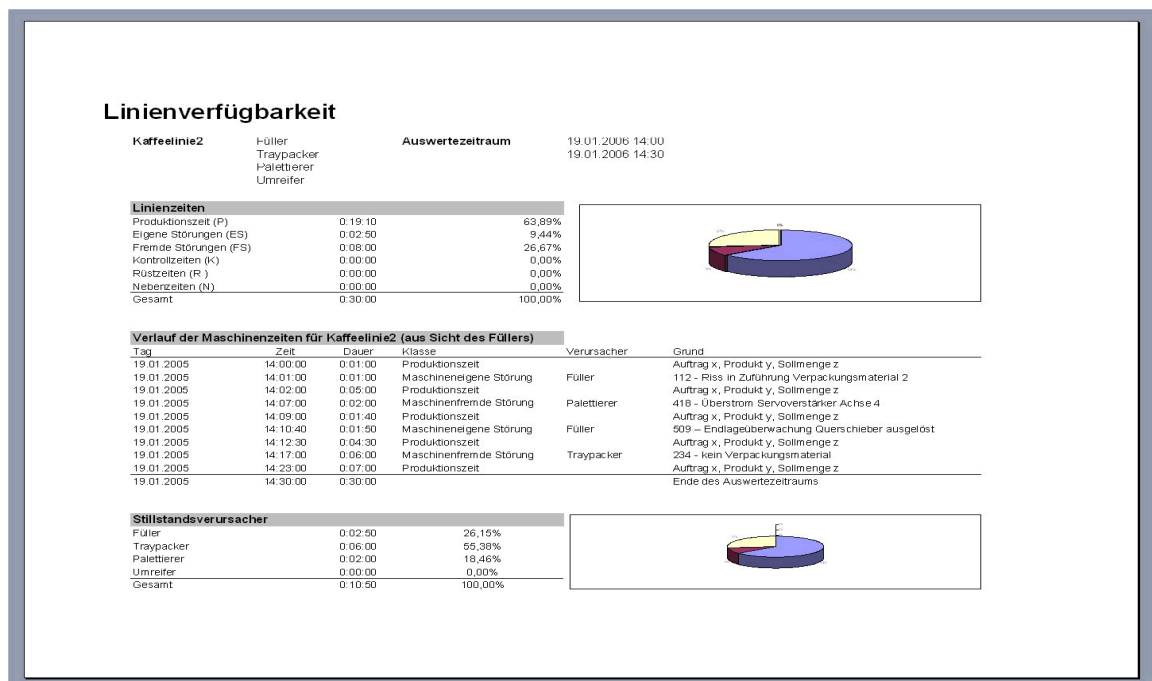


Abbildung 7: Auswertung der Linienstillstände zu vorherigem Beispiel

2.4 Erweiterte Funktionen

2.4.1 Durchsatzermittlung

Die bisher beschriebenen Leistungen von DaProS[®]-MDA beziehen sich ausschließlich auf die Erfassung und Auswertung der Maschinenzeiten. Die gewonnenen Daten reichen jedoch für eine Produktivitätsbetrachtung oder eine OEE-Analyse nicht aus. Zu diesem Zweck muss die tatsächliche Maschinenleistung in Bezug zu ihren Nennwerten gesetzt werden, die sich unter optimalen Produktionsbedingungen ergeben. Dies erfordert das Vorgeben sowie das Protokollieren eines produktbezogenen Nenndurchsatzes sowie der tatsächlichen Ausbringungsmenge.

Der Nenndurchsatz ist in DaProS[®]-MDA als Zahlenwert (z.B. Stück/Stunde) anzugeben. Zur Erfassung der Istwerte wird die produzierte Stückzahl gezählt oder alternativ aus dem Steuerungssystem der Maschine übernommen. Im Rahmen einer OEE-Analyse muss darüber hinaus auch die Stückzahl der Schlecht-Teile erfasst werden.

Mit den Informationen über Nenn- und Ist-Durchsatz sowie der Ist-Stückzahl an Gut- und Schlecht-Teilen kann DaProS[®]-MDA alle Kennzahlen gemäß DIN 8743 sowie die Maschinenleistung ermitteln.

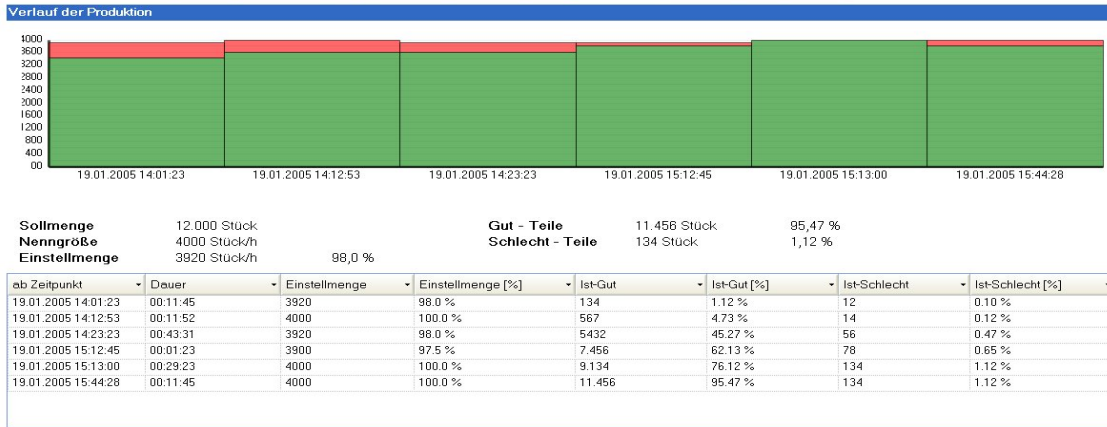


Abbildung 8: Auswertung der Linienproduktivität

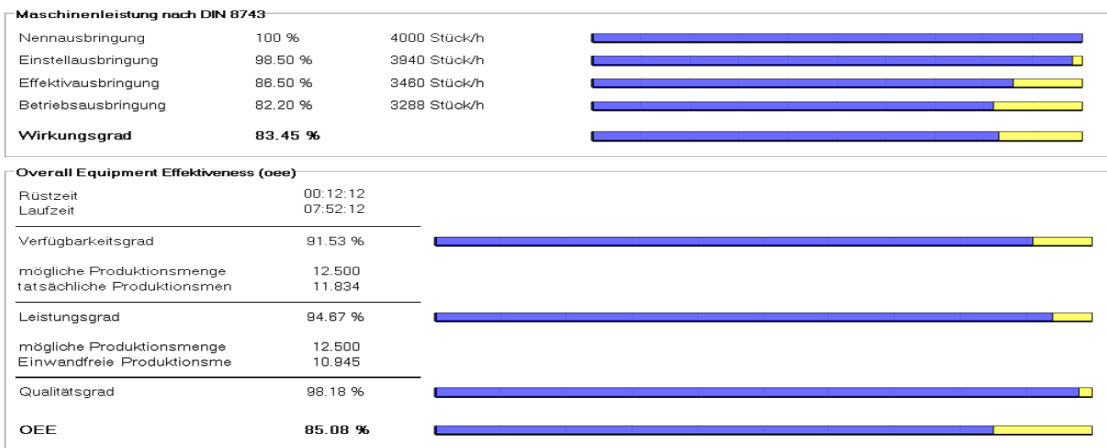


Abbildung 9: Auswertung der Kennzahlen nach DIN8743 und OEE

2.4.2 Auftragszuordnung

Auch ohne Kopplung an ein übergeordnetes Produktionsplanungs- (PPS)- oder ERP-System kann DaProS[®]-MDA einen Auftragsbezug für die Auswertungen herstellen. Hierzu werden die in der Verpackungslinie gefertigten Produkte in der SQL-Datenbank benannt. Beim Start eines Auftrags wählt der Bediener das entsprechende Produkt aus und gibt ein Auftragskennzeichen ein, so dass DaProS[®]-MDA einen Bezug zwischen Maschinenzeiten, Auftrag und Produkt herstellen kann. Auf diese Weise ist unter anderem ersichtlich, auf welcher Maschine bestimmte Produkte gut oder schlecht laufen. Ferner sind Maschinendurchsätze zum Teil nur mit einem Produktbezug sinnvoll vergleichbar.

Auftraege am Becherfueller

Aufträge	Produkt	Sollmenge	Start	Ende	Laufzeit	Ist (Gut)	Ist (Schlecht)
Auftrag 1	Produkt 1	12.500	15.01.2005 14:01:22	19.01.2005 14:01:22	00:11:01	12.623	234
Auftrag 2	Produkt 1	41.200	15.01.2005 14:01:22	19.01.2005 14:01:22	00:12:01	12.623	234
Auftrag 3	Produkt 1	12.500	15.01.2005 14:01:22	19.01.2005 14:01:22	00:13:01	12.623	234
Auftrag 4	Produkt 1	12.500	15.01.2005 14:01:22	19.01.2005 14:01:22	00:14:01	12.623	234
Auftrag 5	Produkt 1	30.000	15.01.2005 14:01:22	19.01.2005 14:01:22	00:15:01	12.623	234

Abbildung 10: Liste der gefahrenen Aufträge mit Produktbezeichnung und produzierten Gut- und Schlechteilen

3 Die Leistungen von DaProS[®]-MDA im Überblick

3.1 Grundsätzliche System-Eigenschaften

- moderne 32 Bit-Windows-Software (Microsoft .NET)
- Windows-Oberfläche
- Datenbank-gestützte Anwendung auf Basis einer Microsoft-SQL-Datenbank für eine offene Datenablage
- Client/Server-System mit skalierbarer Anzahl an Bedien- und Auswertungs-Plätzen
- integrierte Benutzerverwaltung auf Basis eines feinstufig definierbaren Rechtesystems
- vom unterstützten Mengengerüst abhängige Lizenzkosten

3.2 System-Funktionen

- Kopplung an die Maschinen durch eine modular aufgebaute dezentrale Peripherie (handelsübliche Standard-Komponenten) oder den direkten Anschluss an die Steuerung der Verpackungsmaschine
- automatische Erfassung und Protokollierung von Stillstandszeiten
- Bedienoberfläche zum Spezifizieren der Stillstandszeiten aus einer maschinenspezifisch projektierten Auswahl
- Erfassen und Protokollieren von Stückzahlen
- Erfassen und Protokollieren von Auftragsdaten
- Auswertung von Maschinenzeiten durch Ermittlung der Kennzahlen nach DIN 8743 und OEE
- Schwachstellen-Analyse auf der Grundlage der Störungsstatistik

3.3 BDE-Terminals

- Grundsätzlich können alle Industrie-PCs oder Terminal-Clients verwendet werden, die über ein ausreichend großes Display verfügen.
- GTI-process liefert robuste und komplett gekapselte Geräte, die in Schutzart IP65 sowie in Edelstahl-Ausführung auch für die raue Umgebung in der Nahrungsmittel-Industrie geeignet sind.
- optionale Ausstattung mit Transponder-Lesegeräten für die schnelle Benutzer-Anmeldung zur Datenerfassung
-

3.4 Optionen

- Datenaustausch mit übergeordneten ERP-Systemen zur Übernahme und Rückmeldung von Auftragsdaten
- auftragsbezogene Erfassung von Mitarbeiterzeiten
- interaktives Erfassen von Qualitätsdaten über Formulare
- Erfassen von qualitätsorientierten Prozessgrößen über Datenlogger
- komfortable Anlagen-Visualisierung mit Darstellung aller wichtigen Anlagenstati