

DIN EN 415-11

ICS 55.200

Einsprüche bis 2020-11-04

Entwurf**Sicherheit von Verpackungsmaschinen –
Teil 11: Ermittlung von Effizienz und Verfügbarkeit;
Deutsche und Englische Fassung prEN 415-11:2020**

Safety of packaging machines –
Part 11: Determination of efficiency and availability;
German and English version prEN 415-11:2020

Sécurité des machines d'emballage –
Partie 11: Détermination de l'efficacité et de la disponibilité;
Version allemande et anglaise prEN 415-11:2020

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2020-09-04 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an nam@vdma.org möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM), 60498 Frankfurt am Main, Postfach 71 08 64 oder Lyoner Str. 18, 60528 Frankfurt am Main.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 89 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Dieser Norm-Entwurf basiert auf DIN 8743:2014-01, welche inhaltlich nahezu unverändert in diesen europäischen Norm-Entwurf überführt wurde. Zusätzlich wurde noch der informative Anhang E "Klärung der Ereignisursache als Voraussetzung für die Berechnung von Kennzahlen nach EN 415-11" ergänzt.

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Ausschuss NA 060-18-27 AA „Effizienz und Verfügbarkeit“ im Fachbereich „Verpackungsmaschinen“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Verpackungsmaschinen sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Sicherheit von Verpackungsmaschinen — Teil 11: Ermittlung von Effizienz und Verfügbarkeit

Safety of packaging machines — Part 11: Determination of efficiency and availability

Sécurité des machines d'emballage — Partie 11: Détermination de l'efficacité et de la disponibilité

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe und Symbole	5
3.1 Begriffe	5
3.2 Symbole	13
4 Kennzahlen zum Beschreiben des Betriebsverhaltens von Maschinensystemen	16
4.1 Allgemeines	16
4.2 Berechnungsgrundlagen	16
4.3 Allgemeine Kennzahlen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens	16
4.4 Maschinentechnische Kennzahlen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens	16
5 Systemabnahme	17
Anhang A (normativ) Zeitmodell	18
Anhang B (normativ) Mengenmodell	19
Anhang C (normativ) Für den Abnahmelauf mindestens zu vereinbarende Punkte	20
Anhang D (informativ) Abnahmeprotokoll (Bestimmung des maschinentechnischen Wirkungsgrads E_S nach EN 415-11)	22
D.1 Allgemeine Angaben	22
D.2 Dokumentation Abnahmelauf	24
Anhang E (informativ) Klärung der Ereignisursache als Voraussetzung für die Berechnung von Kennzahlen nach EN 415-11	26
E.1 Klärung der Ereignisursache	26
E.2 Beispiel für die Berechnung von Kennzahlen nach Abschnitt 4 dieses Dokuments: Abfüllanlage für Bierdosen	30
Literaturhinweise	42

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN 415-11:2020) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 146 "Verpackungsmaschinen — Sicherheit" erarbeitet, dessen Sekretariat von UNI gehalten wird.

Dieses Dokument wird derzeit der CEN-Umfrage vorgelegt.

Einleitung

Der Betrieb von Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen unterliegt zahlreichen Einflüssen seitens der Maschinen und Verkettungseinrichtungen selbst, der vor- und nachgelagerten Einrichtungen, des Packgutes, des Packmittels, des Packhilfsmittels, der Produktionsorganisation, der Bedien- und Wartungspersonen und der Umgebungsbedingungen am Aufstellungsort. Dadurch bedingt läuft der Verpackungsprozess nicht störungsfrei ab. Während des Betriebs der Verpackungsmaschine oder Verpackungsanlage wechseln sich Zeiten, in denen qualitäts- und planungsgerecht produziert wird, stochastisch verteilt mit Zeiten ab, in denen Störungen zu Verlusten z. B. durch Ausschuss oder Produktionsunterbrechungen führen. Dieses Betriebsverhalten einer Verpackungsmaschine oder Verpackungsanlage kann durch Kennzahlen charakterisiert werden, die aus Teilzeiten auf der Grundlage der Gliederung der Maschinenarbeitszeit und den in diesen Zeitabschnitten produzierten bzw. produzierbaren Mengen gebildet werden.

Dieses Dokument definiert ein Zeitmodell sowie ein daraus abgeleitetes Mengenmodell. Auf dieser Grundlage werden allgemeine Kennzahlen und maschinentechnische Kennzahlen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens von Verpackungsmaschinen und Verpackungsanlagen definiert. Die maschinentechnischen Kennzahlen berücksichtigen dabei nur Verlustzeiten und Verlustmengen, die der jeweils untersuchten Verpackungsmaschine bzw. Verpackungsanlage zuzurechnen sind.

Maschinentechnische Kennzahlen sind oft Gegenstand vereinbarter Eigenschaften, die im Rahmen eines Abnahmelaufs überprüft werden. Die im Abnahmelauf zugrunde gelegten Systemgrenzen sowie die organisatorischen und technischen Randbedingungen haben in der Praxis einen deutlichen Einfluss auf den ermittelten Wert der jeweiligen Kennzahl. Dieses Dokument legt Anforderungen an die ordnungsgemäße Durchführung eines Abnahmelaufs fest, über die vor der Durchführung Einvernehmen zwischen den beteiligten Parteien hergestellt werden sollte.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument gilt für Verpackungsmaschinen die in den Anwendungsbereich von DIN EN 415-1 fallen, nachfolgend vereinfacht Maschinensystem genannt. Dieses Dokument ist sinngemäß auch auf andere technisch verwandte Verarbeitungsmaschinen anwendbar.

Dieses Dokument enthält keine Festlegungen zu Sicherheitsanforderungen.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 415-1, *Sicherheit von Verpackungsmaschinen — Teil 1: Terminologie und Klassifikation von Bezeichnungen für Verpackungsmaschinen und zugehörige Ausrüstungen*

3 Begriffe und Symbole

3.1 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1.1

Maschinensystem

System

Maschinen und Anlagen mit definierten Systemgrenzen in Bezug auf das Einbringen von Verarbeitungsgütern, Betriebsstoffen, die Abgabe von Ausbringungseinheiten, Abfall oder Ausschuss

3.1.2

Verarbeitungsgut

bezogen auf Verpackungsmaschinen: Packgut, Packmittel, Packhilfsmittel oder Packung

3.1.3

Ausbringungseinheit

Verarbeitungsgut nach Durchlaufen des Maschinensystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Verpackungsprozess besteht aus Teilprozessen entsprechend der Hauptvorgänge des Verpackens Formen, Füllen, Verschließen, Einschlagen sowie der Nebenvorgänge wie Reinigen von Packmitteln oder Etikettieren. Im Sinne dieses Dokuments umfasst der Verpackungsprozess das jeweils betrachtete Maschinensystem mit den definierten Systemgrenzen. Ausbringungseinheit kann ein Zwischenprodukt des Verpackungsprozesses, eine Packung oder eine Ladeinheit sein.

3.1.4

Abnahme

Anerkennung der Erfüllung vereinbarter Eigenschaften des Maschinensystems

3.1.5

Abnahmelauf

Testproduktion zur Ermittlung ausgewählter Eigenschaften des Maschinensystems

3.1.6

Abnahmezeit

vereinbarte Dauer eines Abnahmelaufs

3.1.7

Störung

ungeplantes Ereignis, das die Produktion qualitätsgerechter Ausbringungseinheiten beeinträchtigt oder unterbricht

3.1.7.1

systembedingte Störung

Störung, die dem betrachteten Maschinensystem zuzurechnen ist

3.1.7.2

nicht systembedingte Störung

Störung, die dem betrachteten Maschinensystem nicht zuzurechnen ist

3.1.8

Anlaufzeit

Zeitspanne vom Beginn der Beaufschlagung des ersten Elements im Maschinensystem bis zum Zeitpunkt, zu dem die erste Ausbringungseinheit das letzte Element des Maschinensystems verlässt

3.1.9

Auslaufzeit

Zeitspanne vom Auslösen des Produktionsendes des Maschinensystems bis zu dem Zeitpunkt, zu dem die letzte Ausbringungseinheit das letzte Element des Maschinensystems verlässt

3.1.10

Zeitkategorie

Zusammenfassung von Zeitabschnitten mit gleichen definierten Nutzungsmerkmalen für das betrachtete Maschinensystem

3.1.10.1

theoretisch nutzbare Zeit

t_T

theoretisch nutzbare Zeit

Anmerkung 1 zum Begriff: 24 h an sieben Tagen in der Woche

3.1.10.2

ungenutzte Zeit

t_l

Zeitspanne, für die das Maschinensystem nicht für die Produktion einplanbar ist

3.1.10.3

Maschinenarbeitszeit

t_W

Zeitspanne, für die das Maschinensystem für die Produktion einplanbar ist

3.1.10.4

geplante Stillstandszeit

t_D

geplante Zeit ohne Produktion von Ausbringungseinheiten (z. B. für geplante Reinigung, Wartung, Reparatur, Rüsten oder Umstellen des Maschinensystems sowie Produktwechsel)

Anmerkung 1 zum Begriff: Differenz zwischen Maschinenarbeitszeit und Betriebszeit.

3.1.10.5

Betriebszeit

t_O

Zeitspanne, für die das Maschinensystem für die Produktion von Ausbringungseinheiten vorgesehen ist

3.1.10.6

ungeplante Stillstandszeit

t_F

ungeplante Zeit ohne Produktion von Ausbringungseinheiten aufgrund von Störung

Anmerkung 1 zum Begriff: Ungeplante Stillstandszeit kann automatisch oder manuell erfasst werden.

3.1.10.6.1

systembedingte ungeplante Stillstandszeit

t_{FS}

Summe aller systembedingten ungeplanten Stillstandszeiten

3.1.10.6.2

nicht systembedingte ungeplante Stillstandszeit

t_{FE}

Summe aller nicht systembedingten ungeplanten Stillstandszeiten

3.1.10.7

Laufzeit

t_R

Zeitspanne, in der das Maschinensystem produziert

Anmerkung 1 zum Begriff: Maschinensystem kann in der Laufzeit Ausschuss erzeugen.

3.1.10.8

Ausschusszeit

t_{LQ}

Summe der Zeiten, in denen das Maschinensystem nicht qualitätsgerecht produziert

Anmerkung 1 zum Begriff: rechnerische Größe

3.1.10.9

Verlustzeit infolge verminderter Ausbringung

t_{LP}

Laufzeit abzüglich der Summe aus Qualitätszeit und Ausschusszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: rechnerische Größe.

Anmerkung 2 zum Begriff: Alle nicht den Zeitkategorien t_{LQ} und t_F zurechenbaren Verlustzeiten werden t_{LP} zugerechnet.

Anmerkung 3 zum Begriff: In diese Zeitkategorie fallen rechnerisch zu bestimmende Verlustzeiten aufgrund einer gegenüber der Einstellausbringung verringerten Arbeitsgeschwindigkeit sowie geplante oder ungeplante Zeiten ohne Ausbringung, die nicht auf Störungen zurück zu führen sind, z. B. auf Grund von Anlauf- oder Auslaufzeiten oder Versorgung mit Verarbeitungsgütern (Packgut, Packmittel oder Packhilfsmittel).

3.1.10.10

Qualitätszeit

t_Q

Zeitspanne, in der das Maschinensystem qualitätsgerecht produziert

Anmerkung 1 zum Begriff: rechnerische Größe

3.1.10.11

Verlustzeit

t_L

Summe aus ungeplanter Stillstandszeit, Ausschusszeit und Zeit verminderter Ausbringung

Anmerkung 1 zum Begriff: rechnerische Größe

3.1.10.11.1

systembedingte Verlustzeit

t_{LS}

Summe der Verlustzeiten, die dem Maschinensystem zuzurechnen sind

3.1.10.11.2

nicht systembedingte Verlustzeit

t_{LE}

Summe aller Verlustzeiten, die nicht dem Maschinensystem zuzurechnen sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Gründe können technischer Natur sein (z. B. Auswirkungen vor- und nachgelagerter Systeme, technische Störungen aufgrund von Bedienungsfehlern oder nicht spezifikationsgemäßem Packmittel) oder aber organisatorischer Natur (unternehmensinterne oder unternehmensexterne Ursachen). Zu den organisatorischen Ursachen gehören z. B. Mangel an Produkt oder Packmittel, Nichtverfügbarkeit von Bedienungs- und Wartungspersonal, Ausbringungsverluste aufgrund nicht spezifikationsgemäßem Packmittel- und Produktqualitäten, Stromausfälle, Mangel an Versorgungsmedien.

3.1.11

Produktionsmenge

Summe aller Ausbringungseinheiten in einem definierten Zeitintervall

3.1.11.1

Qualitätsmenge

q_Q

Menge in der Betriebszeit qualitätsgerecht produzierter Ausbringungseinheiten

3.1.11.2

geplante Produktionsmenge

q_0

geplante Qualitätsmenge

Anmerkung 1 zum Begriff: Plangröße

3.1.11.3

vereinbarte Produktionsmenge

q_{OA}

vereinbarte Menge an qualitätsgerechten Ausbringungseinheiten in einem definierten Zeitintervall

3.1.11.4
erzeugte Produktionsmenge

q_M

tatsächliche Menge an produzierten Ausbringungseinheiten einschließlich Ausschuss

3.1.11.5
Verlustmenge

q_L

Differenz zwischen geplanter Produktionsmenge und Qualitätsmenge

Anmerkung 1 zum Begriff: rechnerische Größe

3.1.11.5.1
systembedingte Verlustmenge

q_{LS}

Verlustmenge, die dem Maschinensystem zuzurechnen ist

3.1.11.5.2
nicht systembedingte Verlustmenge

q_{LE}

Verlustmenge, die nicht dem Maschinensystem zuzurechnen ist

3.1.11.5.3
Ausschussmenge

q_{LQ}

Menge an produzierten Ausbringungseinheiten, die nicht den spezifizierten Qualitätsanforderungen genügen

3.1.11.5.4
Ausbringungsverluste

q_{LP}

Differenz zwischen geplanter und produzierter Menge

3.1.12
Ausbringung

p

Ausbringungseinheiten je Zeiteinheit

3.1.12.1
Nominalausbringung

p_n

Ausbringung, für die das Maschinensystem berechnet und ausgelegt wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Nominalausbringung ist abhängig von den Verarbeitungsgütern. Daraus resultiert, dass ein Maschinensystem verschiedene Nominalausbringungen besitzen kann.

3.1.12.2
Einstellausbringung

p_s

theoretische Ausbringung, die bei eingestellter Arbeitsgeschwindigkeit des Maschinensystems erreichbar ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Einstellausbringung hat Einfluss auf die Qualität der Ausbringungseinheiten und die Systemstabilität.

3.1.13

Kennzahl

Zahl zur Charakterisierung der Nutzung eines Maschinensystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Bildung auf der Grundlage empirisch erfasster oder durch Simulation ermittelter Nutzungszeiten, Verlustzeiten und Verlustmengen.

3.1.13.1

allgemeine Kennzahl

Kennzahl, bei deren Berechnung alle relevanten Verlustzeiten und –mengen berücksichtigt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Es erfolgt keine Unterscheidung, ob die erfassten Verlustzeiten durch das betrachtete Maschinensystem selbst oder durch systemexterne Faktoren verursacht wurden.

3.1.13.1.1

Qualitätsausbringung

p_Q

Qualitätsmenge, bezogen auf Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Entspricht dem früheren Begriff „Betriebsausbringung“.

3.1.13.1.2

Qualitätsgrad

Q

Verhältnis von Qualitätsmenge zu produzierter Menge

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Qualitätsgrad wird mengenbasiert ermittelt und kann in eine zeitbasierte Größe umgerechnet werden.

3.1.13.1.3

Laufzeitgrad

R

Verhältnis von Laufzeit zu Betriebszeit

3.1.13.1.4

Leistungsgrad

P

Verhältnis von erzeugter Produktionsmenge zur geplanten Produktionsmenge

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Leistungsgrad wird mengenbasiert ermittelt und kann in eine zeitbasierte Größe umgerechnet werden.

3.1.13.1.5

Verfügbarkeit

A

Verhältnis von Betriebszeit zu Maschinenarbeitszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Maschinentechnische Verfügbarkeit siehe 3.1.13.2.2.

3.1.13.1.6

Nutzungsgrad

L

Verhältnis von Maschinenarbeitszeit zu theoretisch nutzbarer Zeit

3.1.13.1.7

Gesamteffektivität

OEE (en: overall equipment effectiveness)

Verhältnis von Qualitätszeit zu Maschinenarbeitszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Geplante Stillstandszeit wird berücksichtigt.

3.1.13.1.8

Wirkungsgrad

E

Verhältnis von Qualitätsmenge zu geplanter Produktionsmenge bei konstanter Einstellausbringung in Höhe der Nominalausbringung des betrachteten Maschinensystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Geplante Stillstandszeit wird nicht berücksichtigt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Ungeplante Stillstandszeit und Zeiten verminderter Ausbringung werden berücksichtigt.

Anmerkung 3 zum Begriff: $E \leq 1$

3.1.13.1.9

mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung

MTTR (en: mean time to repair)

durchschnittliche Dauer eines störungsbedingten Stillstands des Maschinensystems innerhalb der Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Kennzahl zur Bewertung der Systemstabilität auf Basis empirischer Daten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ermittlung eines gesicherten Mittelwertes für MTTR ist im Rahmen einer realisierbaren Abnahmezeit nicht möglich.

3.1.13.1.10

mittlere Betriebszeit zwischen Ausfällen

MTBF (en: mean time between failures)

durchschnittlicher zeitlicher Abstand zwischen störungsbedingten Stillständen des Maschinensystems (Zeit vom Ende der vorhergehenden Störung bis zum Beginn der nachfolgenden Störung) innerhalb der Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Kennzahl zur Bewertung der Systemstabilität auf Basis empirischer Daten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ermittlung eines gesicherten Mittelwertes für MTBF ist im Rahmen einer realisierbaren Abnahmezeit nicht möglich.

3.1.13.2

maschinentechnische Kennzahl

Kennzahl, bei deren Berechnung systemextern verursachte Verlustmengen und Verlustzeiten nicht berücksichtigt werden

3.1.13.2.1

maschinentechnische Qualitätsausbringung

p_{QS}

Verhältnis von Qualitätsmenge zu um nicht systembedingte Verlustzeitzeit bereinigte Betriebszeit

3.1.13.2.2

maschinentechnische Verfügbarkeit

maschinentechnischer Laufzeitgrad

R_S

Verhältnis von Laufzeit zu um nicht systembedingte ungeplante Stillstandszeit bereinigte Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: $R_S \geq E_S$.

Anmerkung 2 zum Begriff: $R_S = E_S$ für $t_{LP} = 0$ und $t_{LQ} = 0$.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die maschinentechnische Verfügbarkeit berücksichtigt weder Ausbringungsverluste noch Ausschussmenge.

3.1.13.2.3

maschinentechnischer Wirkungsgrad

E_S

Verhältnis von Qualitätsmenge zu der um die nicht dem Maschinensystem zurechenbaren Verlustmengen bereinigten geplanten Produktionsmenge, bei konstanter Einstellausbringung in Höhe der Nominalausbringung des betrachteten Maschinensystems

Anmerkung 1 zum Begriff: Entspricht der früheren "maschinentechnischen Verfügbarkeit".

Anmerkung 2 zum Begriff: Der maschinentechnische Wirkungsgrad ist definitionsbedingt immer ≤ 1 .

3.1.13.2.4

Liefergrad

maschinentechnischer Liefergrad

D_S

Verhältnis von Qualitätsmenge zu der um die nicht dem Maschinensystem zurechenbare Verlustmenge bereinigten vereinbarten Produktionsmenge

Anmerkung 1 zum Begriff: Entspricht dem Liefergrad von DIN 8782:1984-05, siehe Literaturhinweis [1].

Anmerkung 2 zum Begriff: Die erzeugte Produktionsmenge kann größer sein als die vereinbarte Produktionsmenge. Dadurch kann der Liefergrad > 1 sein.

3.1.13.2.5

maschinentechnische mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung

$MTTR_S$

durchschnittliche Dauer eines Stillstands des Maschinensystems aufgrund systembedingter Störungen innerhalb der Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Kennzahl zur Bewertung der Systemstabilität auf Basis empirischer Daten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ermittlung eines gesicherten Mittelwertes für $MTTR_S$ ist im Rahmen einer realisierbaren Abnahmezeit nicht möglich.

3.1.13.2.6

maschinentechnische mittlere Betriebszeit zwischen Ausfällen

$MTBF_S$

durchschnittlicher zeitlicher Abstand zwischen Stillständen des Maschinensystems aufgrund systembedingter Störungen innerhalb der Betriebszeit

Anmerkung 1 zum Begriff: Kennzahl zur Bewertung der Systemstabilität auf Basis empirischer Daten.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Ermittlung eines gesicherten Mittelwertes für $MTBF_S$ ist im Rahmen einer realisierbaren Abnahmezeit nicht möglich.

3.2 Symbole

Symbol	Berechnungsgleichung (sofern zutreffend)	Begriff (de)	Gebräuchliche Einheit, Mengenbezeichnung oder Formate (sofern zutreffend)
t_T		Theoretisch nutzbare Zeit	d; h; min
t_I		Ungenutzte Zeit	d; h; min
t_W	$t_W = t_T - t_I$	Maschinenarbeitszeit	d; h; min
t_D		Geplante Stillstandszeit	d; h; min
t_O	$t_O = t_W - t_D$	Betriebszeit	d; h; min
t_F		Ungeplante Stillstandszeit	d; h; min
t_{FS}		Systembedingte ungeplante Stillstandszeit	d; h; min
t_{FE}		Nicht systembedingte ungeplante Stillstandszeit	d; h; min
t_R	$t_R = t_O - t_F$	Laufzeit	d; h; min
t_{LQ}	$t_{LQ} = t_O (q_{LQ} / q_O)$	Ausschusszeit	d; h; min
t_{LP}	$t_{LP} = t_R - t_Q - t_{LQ}$	Verlustzeit infolge verminderter Ausbringung	d; h; min
t_Q	$t_Q = (q_Q / q_O) \cdot t_O$	Qualitätszeit	d; h; min
t_L	$t_L = t_F + t_{LP} + t_{LQ}$ $= t_{LS} + t_{LE}$	Verlustzeit	d; h; min
t_{LS}		Systembedingte Verlustzeit	d; h; min
t_{LE}		Nicht systembedingte Verlustzeit	d; h; min
q_O		Geplante Produktionsmenge	Stück. hl, l t, kg
q_{OA}		Vereinbarte Produktionsmenge	Stück hl, l t, kg
q_M	$q_M = q_O - q_{LP}$	Erzeugte Produktionsmenge	Stück hl, l t, kg

Symbol	Berechnungsgleichung (sofern zutreffend)	Begriff (de)	Gebräuchliche Einheit, Mengenbezeichnung oder Formate (sofern zutreffend)
q_Q	$q_Q = q_M - q_{LQ}$	Qualitätsmenge	Stück hl, l t, kg
q_L	$q_L = q_O - q_Q$ $= q_{LS} + q_{LE}$ $= q_{LP} + q_{LQ}$	Verlustmenge	Stück hl, l t, kg
q_{LQ}		Ausschuss	Stück hl, l t, kg
q_{LP}	$q_{LP} = q_O - q_M$	Ausbringungsverluste	Stück hl, l t, kg
q_{LS}	$q_{LS} = q_L - q_{LE}$	Systembedingte Verlustmenge	Stück hl, l t, kg
q_{LE}	$q_{LE} = q_L - q_{LS}$	Nicht systembedingte Verlustmenge	Stück hl, l t, kg
p		Ausbringung	Stück/min. l/min. kg/min.
p_n		Nominalausbringung	Stück/min. l/min. kg/min.
p_s		Einstellausbringung	Stück/min. l/min. kg/min.
p_Q	$p_Q = q_Q / t_0$	Qualitätsausbringung	Stück/min. l/min. kg/min.
p_{QS}	$p_{QS} = q_Q / (t_0 - t_{LE})$	Maschinentechnische Qualitätsausbringung	Stück/min. l/min. kg/min.
Q	$Q = q_Q / (q_Q + q_{LQ})$ $= q_Q / q_M$ $= t_Q / (t_Q + t_{LQ})$	Qualitätsgrad	
R	$R = t_R / t_0$	Laufzeitgrad	

Symbol	Berechnungsgleichung (sofern zutreffend)	Begriff (de)	Gebräuchliche Einheit, Mengenbezeichnung oder Formate (sofern zutreffend)
R_S	$R_S = t_R / (t_0 - t_{FE})$	Maschinentechnische Verfügbarkeit Maschinentechnischer Laufzeitgrad	
P	$P = q_M / q_0$ $= (t_Q + t_{LQ}) / t_0$	Leistungsgrad	
A	$A = t_0 / t_W$	Verfügbarkeit	
L	$L = t_W / t_T$	Nutzungsgrad	
OEE	$OEE = t_Q / t_W$ $= Q \cdot P \cdot A$	Gesamteffektivität	
E	$E = q_Q / q_0$ $= Q \cdot P,$ wobei $q_0 = p_n \cdot t_0$ und $p_s \leq p_n$	Wirkungsgrad	
E_S	$E_S = q_Q / (q_0 - q_{LE}),$ wobei $q_0 = p_n \cdot t_0$ und $p_s \leq p_n$	Maschinentechnischer Wirkungsgrad	
D_S	$D_S = q_Q / (q_{0A} - q_{LE})$	Liefergrad Maschinentechnischer Liefergrad	
$MTTR$	$MTTR = t_F / f$ f : Gesamtzahl der erfassten Stillstände des Maschinensystems aufgrund von Störungen	Mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung	
$MTTR_S$	$MTTR_S = t_{FS} / f_S$ wobei: f_S : Gesamtzahl der erfassten Stillstände des Maschinensystems aufgrund systembedingter Störungen	Maschinentechnische mittlere Dauer bis zur Wiederherstellung	
$MTBF$	$MTBF = t_R / f$ wobei: f : Gesamtzahl der erfassten Stillstände des Maschinensystems aufgrund von Störungen	Mittlere Betriebszeit zwischen Ausfällen	
$MTBF_S$	$MTBF_S = t_R / f_S$ wobei: f_S : Gesamtzahl der erfassten Stillstände des Maschinensystems aufgrund systembedingter Störungen	Maschinentechnische mittlere Betriebszeit zwischen Ausfällen	

ANMERKUNG Die Abkürzung "d" steht für das englische Wort "day" und bezeichnet ganze Tage.

4 Kennzahlen zum Beschreiben des Betriebsverhaltens von Maschinensystemen

4.1 Allgemeines

Kennzahlen charakterisieren die Nutzung des Maschinensystems. Die hier angeführten Kennzahlen eignen sich zur Beschreibung des Betriebsverhaltens des Maschinensystems in der Betriebszeit bei zweckentsprechender Anwendung. Die Kennzahlen werden auf der Basis empirisch oder im Rahmen von Simulationen ermittelter Zeit- und Mengenverluste gebildet. Dieses Dokument unterscheidet allgemeine Kennzahlen und maschinentechnische Kennzahlen. Allgemeine Kennzahlen beschreiben das Betriebsverhalten, ohne dass bei der Erfassung der Verlustmengen oder -zeiten unterschieden werden muss, ob deren Ursache im betrachteten Maschinensystem selbst oder außerhalb des betrachteten Maschinensystems, also Maschinensystem extern, liegen. Bei den maschinentechnischen Kennzahlen bleiben im Unterschied dazu Maschinensystem extern verursachte Verlustmengen und -zeiten unberücksichtigt. Damit ist Voraussetzung für die Bildung maschinentechnischer Kennzahlen, dass bei der Erfassung von Verlustmengen und -zeiten auch deren Ursachen geklärt werden. Dies ist in der Praxis mit zusätzlichem Aufwand verbunden, da z. B. angezeigte Störungen des Maschinensystems ihre Ursache in technischen Störungen vor oder nachgelagerter Maschinensysteme, in Bedienungsfehlern oder in mangelhafter Qualität der Verarbeitungsgüter haben kann.

4.2 Berechnungsgrundlagen

Für die Berechnung der allgemeinen Kennzahlen und der maschinentechnischen Kennzahlen sind die in 3.2 dargelegten Berechnungsgleichungen sowie das Zeitmodell in Anhang A und das Mengenmodell in Anhang B anzuwenden.

4.3 Allgemeine Kennzahlen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens

Zur Beschreibung des Betriebsverhaltens von Maschinensystemen sind mindestens die folgenden allgemeinen Kennzahlen zu bestimmen:

- Qualitätsausbringung p_Q
- Wirkungsgrad E , wobei gilt: $E = Q \cdot P$

Die Bestimmung weiterer allgemeiner Kennzahlen ist ggf. gesondert zu vereinbaren.

ANMERKUNG 1 Diese Kennzahlen beziehen sich auf die Betriebszeit. Sie berücksichtigen Störungen des Maschinensystems sowie Ausbringungs- und Qualitätsverluste. Es wird dabei nicht unterschieden, ob die Störungen des Maschinensystems sowie für Ausbringungs- und Qualitätsverluste vom Maschinensystem selbst verursacht wurden oder die Ursachen außerhalb des betrachteten Maschinensystems liegen.

ANMERKUNG 2 Störungen, die dazu führen, dass das Maschinensystem während der Betriebszeit nicht mehr in Produktion gehen kann, werden nicht berücksichtigt. Diese fließen in die Kennzahl A (Verfügbarkeit) und OEE ein.

4.4 Maschinentechnische Kennzahlen zur Beschreibung des Betriebsverhaltens

Zur Beschreibung des Betriebsverhaltens von Maschinensystemen sind mindestens die folgenden maschinentechnischen Kennzahlen zu bestimmen:

- Maschinentechnische Qualitätsausbringung p_{QS} ;
- Maschinentechnischer Wirkungsgrad E_S ;
- Maschinentechnische Verfügbarkeit R_S .

Die Bestimmung weiterer maschinentechnischer Kennzahlen ist ggf. gesondert zu vereinbaren.

ANMERKUNG Diese Kennzahlen beziehen sich auf die Betriebszeit. Sie berücksichtigen Störungen des Maschinensystems sowie Ausbringungs- und Qualitätsverluste soweit deren Ursache nicht außerhalb des betrachteten Maschinensystems liegen. Störungen, die dazu führen, dass das Maschinensystem während der Betriebszeit nicht mehr in Produktion gehen kann, werden nicht berücksichtigt.

5 Systemabnahme

Für die Systemabnahme sind die Kennzahlen nach 4.4 im Rahmen eines Abnahmelaufs nach Anhang C zu bestimmen. Fehlendes Einverständnis bzgl. einzelner nach Anhang C zu vereinbarenden Punkte ist für sich genommen kein Grund für einen Aufschub des Abnahmelaufs oder dafür, die Gültigkeit des Abnahmelaufs in Zweifel zu ziehen.

Die Abnahme von Systemen ohne konstante Einstellausbringung, die produktstrom- oder anderweitig fremdgesteuert sind, darf abweichend auch wie folgt durchgeführt werden, wobei alle Punkte zu erfüllen sind:

- 1) Ermittlung der maschinentechnischen Qualitätsausbringung bei spezifizierter Nominalausbringung (kurzzeitiger Testlauf unter spezifizierten Bedingungen), und
- 2) Abnahmelauf unter den in Anhang C beschriebenen Anforderungen nur für die Bestimmung der maschinentechnischen Verfügbarkeit unter zusätzlicher Berücksichtigung der systembedingten Ausschusszeit.

ANMERKUNG Einzelmaschinen werden häufig in Gesamtanlagen integriert. Dabei wird oft die Einstellausbringung der Maschine abhängig vom vor- oder nachgelagerten Maschinensystem geregelt. In einem Abnahmelauf unter Praxisbedingungen kann für derartige integrierte Maschinensysteme die Einstellausbringung systembedingt nicht konstant gehalten werden. Daher ist eine Wirkungsgradbestimmung nach diesem Dokument für solche Maschinensysteme in der Regel nicht möglich.

Anhang A (normativ)

Zeitmodell

Theoretisch nutzbare Zeit (24 Std., 7 Tage die Woche) t_T								
Maschinenarbeitszeit t_W						Ungenutzte Zeit t_I		
Betriebszeit t_0				Geplante Stillstandszeit t_D Geplante Zeiten ohne Ausbringung, z. B. für — Reinigung — Wartung — Reparatur — Rüsten oder Umstellung (an der Maschine) — Produktwechsel				
Laufzeit t_R			Ungeplante Stillstandszeit t_F Ungeplante Zeiten ohne Ausbringung auf Grund von Störungen					
Qualitätszeit t_Q	Ausschusszeit t_{LQ}	Verlustzeit infolge verminderter Ausbringung t_{LP} Alle nicht den Zeitkategorien t_{LQ} und t_F zurechenbaren Verlustzeiten werden t_{LP} zugerechnet. Geplante oder ungeplante Zeiten z. B. auf Grund von Anlauf- oder Auslaufzeiten oder Versorgung mit Verarbeitungsgütern						
	Verlustzeit t_L — systembedingte Verlustzeiten (dem Maschinensystem zurechenbar) t_{LS} — nicht systembedingte Verlustzeiten (dem Maschinensystem nicht zurechenbar) t_{LE}							

ANMERKUNG Felder für errechnete Größen sind grau, solche für direkt erfassbare Größen weiß hinterlegt. Das Zeitmodell liest sich von oben nach unten (bzw. umgekehrt). Dabei setzen sich die Größen aus den jeweils direkt darunter (bzw. darüber) angrenzenden Feldern zusammen.

BEISPIEL Die theoretisch nutzbare Zeit umfasst Maschinenarbeitszeit und ungenutzte Zeit, die Maschinenarbeitszeit umfasst Betriebszeit und geplante Stillstandszeit, die Betriebszeit beinhaltet u.a. die Laufzeit usw.

Anhang B
(normativ)

Mengenmodell

Geplante Produktionsmenge q_0	Ausbringungsverluste q_{LP}	
	Erzeugte Produktionsmenge q_M	Ausschussmenge q_{LQ}
		Qualitätsmenge q_Q

ANMERKUNG 1 q_0 bezieht sich auf die Betriebszeit t_0 .

ANMERKUNG 2 Die erzeugte Produktionsmenge q_M kann größer sein als die geplante Produktionsmenge q_0 .

ANMERKUNG 3 Ausbringungsverluste und Ausschuss können sowohl durch das betrachtete Maschinensystem (systembedingte Verlustmenge q_{LS}) als auch durch Maschinensystem externe Faktoren (nicht systembedingte Verlustmenge q_{LE}) verursacht werden.

Anhang C (normativ)

Für den Abnahmelauf mindestens zu vereinbarende Punkte

1.	Spezifikation Verarbeitungsgüter Die Verarbeitungsgüter für den Abnahmelauf sind zu spezifizieren und zu vereinbaren. ANMERKUNG Aus den spezifizierten Verarbeitungsgütern ergibt sich die zugehörige Nominalausbringung des Maschinensystems.
2.	Schnittstellen des Maschinensystem Die Schnittstelle(n) des Maschinensystems sollten vor dem Abnahmelauf geklärt sein, z. B. zu(r) a) vorgelagerten Maschinensystemen, b) nachgelagerten Maschinensystemen, c) Versorgung mit Packgut d) Versorgung mit Packmitteln und Packhilfsmitteln e) Energieversorgung, f) Versorgung mit Betriebsstoffen, g) Versorgung mit Hilfs- und Betriebsmitteln, h) Abgabe der qualitätsgerechten Ausbringungseinheiten, i) Entsorgung von Produktions- und Packmittelabfällen, j) Entsorgung von Ausschuss, k) verlorener Probenahme und l) vorgelagerten, nachgelagerten und übergeordneten Informationsverarbeitungssystemen
3.	Abnahmezeit Die Abnahmezeit ist vor dem Abnahmelauf des Maschinensystems zu vereinbaren. Sie sollte, abhängig vom Maschinensystem, 2 h nicht unter- und 8 h nicht überschreiten. Die Abnahmezeit darf während der Abnahmelauf einvernehmlich verändert werden, um z. B. ggf. während des Abnahmelaufs auftretende systemexterne Störungen zu kompensieren.
4.	Anzahl und Aufgaben des Bedienpersonals Die Anzahl und Aufgaben der für den Abnahmelauf benötigten qualifizierten Bediener sind zu vereinbaren. Es ist zu vereinbaren, ob Personal des Anwenders, des Lieferanten oder Fremdpersonal eingesetzt wird. Qualifiziertes Personal ist, sofern nicht anders vereinbart, vom Anwender zu stellen. Wird festgestellt, dass Bediener nicht geeignet sind, dürfen diese ausgetauscht oder durch Personal des Lieferanten ersetzt werden.
5.	Behandlung von geplanter theoretischer Verlustzeit infolge verminderter Ausbringung Fallen in die Abnahmezeit geplante Zeiten verringerter Ausbringung so sind die hierauf zurückführenden Verluste, sofern nicht anders vereinbart, als Nicht-Maschinensystem bedingt zu behandeln.

6.	Voraussetzungen für die Abnahmebereitschaft Als Voraussetzungen für die Abnahmebereitschaft sind mindestens folgende Abnahmebedingungen sicherzustellen: a) Bereitstellung von Energie und Versorgungsmedien in zu spezifizierender Menge und Qualität b) Bedienpersonal steht bereit c) Klärung von Art, Umfang und Durchführung der Informationserfassung d) Klärung von Art, Umfang und Durchführung der Auswertung e) Festlegung der zu erfassenden Ausbringungseinheit einschließlich der zu erfüllenden Qualitätskriterien f) Verarbeitungsgüter stehen in spezifizierter Qualität in ausreichender Menge bereit g) Maschinensystem gereinigt (falls erforderlich) und auf die für den Abnahmelauf zu spezifizierenden Verarbeitungsgüter eingerichtet h) Betrachtetes Maschinensystem betriebsbereit i) Vor- und nachgelagerte Maschinensysteme betriebsbereit j) Maschinensystem vollständig beaufschlagt und in stabilem Betriebszustand Darüber hinaus gehende Punkte sind ggf. zusätzlich zu vereinbaren. Die Abnahmebereitschaft ist durch die Beteiligten herzustellen. Vor Beginn der Abnahmelauf ist die Abnahmebereitschaft von den Beteiligten zu erklären.
7.	Vorgehen im Falle eines Abbruch des Abnahmelaufs Schwerwiegende Verletzungen der Abnahmebedingungen führen zum Abbruch des Abnahmelaufs. Der Abnahmelauf endet in diesem Fall mit dem den Abbruch auslösenden Ereignis. In diesem Fall darf die Dauer des Abnahmelaufs entsprechend Punkt 3 einvernehmlich geändert werden.
8.	Dokumentation des Abnahmelaufs und dessen Auswertung Der Abnahmelauf sowie dessen Auswertung sind in angemessener Form und in angemessenem Umfang zu dokumentieren und von den Beteiligten zu bestätigen. Ein Beispiel für ein Abnahmeprotokoll enthält Anhang D.

Anhang D (informativ)

Abnahmeprotokoll (Bestimmung des maschinentechnischen Wirkungsgrads E_s nach EN 415-11)

Dem Anwender dieses Formblattes ist unbeschadet der Rechte des DIN an der Gesamtheit des Dokumentes die Vervielfältigung des Formblattes gestattet.

D.1 Allgemeine Angaben

Maschinensystem:	Bezeichnung: Auftragsnummer: Lieferant: Kunde:
Datum des Abnahmelaufs:	
Packgut / Packgüter:	
Packmittel:	
Packhilfsmittel:	
Personal (ausreichend qualifiziert):	☐ gestellt vom Lieferanten in ausreichender Anzahl: ____ Personen ☐ gestellt vom Kunden in ausreichender Anzahl: ____ Personen ☐ gestellt von beauftragtem (neutralen) Dritten in ausreichender Anzahl: ____ Personen Name des beauftragten Dritten: Anmerkung:
Geklärte Schnittstelle(n) des Maschinensystems zu(r):	☐ vorgelagerten Maschinensystemen ☐ nachgelagerten Maschinensystemen ☐ Versorgung mit Packgut ☐ Versorgung mit Packmitteln und Packhilfsmitteln ☐ Energieversorgung, ☐ Versorgung mit Betriebsstoffen, ☐ Versorgung mit Hilfs- und Betriebsmitteln ☐ Abgabe der qualitätsgerechten Ausbringungseinheiten ☐ Entsorgung von Produktions- und Packmittelabfällen ☐ Entsorgung von Ausschuss ☐ verlorener Probenahme ☐ vorgelagerten, nachgelagerten und übergeordneten Informationsverarbeitungssystemen

Klärung der Abnahmebereitschaft:	- o Bereitstellung von Energie und Versorgungsmedien in zu spezifizierender Menge und Qualität - o Bedienpersonal steht bereit - o Klärung von Art, Umfang und Durchführung der Informationserfassung - o Klärung von Art, Umfang und Durchführung der Auswertung - o Festlegung der zu erfassenden Ausbringungseinheit einschließlich der zu erfüllenden Qualitätskriterien - o Verarbeitungsgüter stehen in spezifizierter Qualität in ausreichender Menge bereit (Packgut, Packmittel, Packhilfsmittel) - o Maschinensystem gereinigt (falls erforderlich) und auf die für den Abnahmelauf zu spezifizierenden Verarbeitungsgüter eingerichtet - o Betrachtetes Maschinensystem betriebsbereit - o Vor- und nachgelagerte Maschinensysteme betriebsbereit - o Maschinensystem vollständig beaufschlagt und in stabilem Betriebszustand
---	---

D.2 Dokumentation Abnahmelauf

Benennung	Wert	Gebräuchliche Einheit, Mengenbezeichnung oder Formate (sofern zutreffend)	Anmerkungen
Messbare bzw. erfassbare Größen			
Abnahmezeit: t_0	Abnahmezeit: ____ Beginn: ____ Ende: ____	h Uhr Uhr	
Einstellausbringung: $p_s \leq p_n$		(nach Vereinbarung): ____	Die Nominalausbringung p_n ergibt sich aus den für den Abnahmelauf spezifizierten Verarbeitungsgütern
Produzierte Menge: q_M		Stück	
Qualitätsmenge (errechnete oder gemessene Größe): $q_Q = q_M - q_{LQ}$		Stück	
Ausschuss: q_{LQ}		Stück	
ungeplante Stillstandszeit: t_F		min	Aufstellung Einzelwerte und Ursachen siehe Dokument ____
Nicht systembedingte ungeplante Stillstandszeit: t_{FE}		min	Aufstellung Einzelwerte und Ursachen siehe Dokument ____
nicht systembedingter Ausschuss: q_{LQE}		Stück	
nicht systembedingte Ausbringungsverluste: q_{LPE}		Stück	
Rein rechnerisch ermittelte Größen			
Maximale Produktionsmenge: $q_0 = p_s \cdot t_0$			
Nicht systembedingte Qualitätsverlustzeit ($t_{LQE} = q_{LQE} \cdot q_0 / t_0$)			

Benennung	Wert	Gebräuchliche Einheit, Mengenbezeichnung oder Formate (sofern zutreffend)	Anmerkungen
Nicht systembedingte Verlustzeit infolge verminderter Ausbringung ($t_{LPE} = q_{LPE} \cdot q_0 / t_0$)			
Nicht systembedingte Verlustzeit: $t_{LE} = t_{FE} + t_{LPE} + t_{LQE}$			
Verlustmenge: $q_L = q_0 - q_Q$			
Nicht systembedingte Verlustmenge: $q_{LE} = (t_{LE} / t_0) \cdot q_0$		Stück	Die genaue Bestimmung von q_{LE} setzt voraus, dass die Ausbringungsverluste q_{LP} den jeweils auslösenden Ereignissen zugeordnet werden können.
Laufzeit: $t_R = t_0 - t_F$		min	
Kennzahlen			
Maschinentechnischer Wirkungsgrad $E_S = q_Q / (q_0 - q_{LE})$			
Maschinentechnische Verfügbarkeit: $R_S = t_R / (t_0 - t_{FE})$			
Maschinentechnische Qualitätsausbringung: $p_{QS} = q_Q / (t_0 - t_{LE})$			

Ort: _____ Datum: _____

Name Vertreter Lieferant: _____ Unterschrift: _____

Name Vertreter Kunde: _____ Unterschrift: _____