

VEREIN  
DEUTSCHER  
INGENIEURE

Anwendung der Verfügbarkeitsrechnung  
für Förder- und Lagersysteme

VDI 3649

Calculation of availability  
in handling and storage systems



Inhalt	Seite
<b>1 Einleitung</b> .....	2
<b>2 Grundlagen</b> .....	2
2.1 Theorie .....	2
2.1.1 Definition .....	2
2.1.2 Formeln für Verfügbarkeit .....	2
2.2 Systemstruktur .....	3
2.2.1 Elemente eines Systems .....	3
2.2.2 Beschreibung Taktzeit oder Durchsatz .....	3
2.2.3 Aufteilung in Teilbereiche .....	4
2.2.4 Hierarchie .....	4
<b>3 Anwendung</b> .....	4
3.1 Beeinflussung der Verfügbarkeit in der Planung .....	4
3.1.1 Technische Elementgestaltung .....	4
3.1.2 Elementanordnung .....	5
3.1.3 Gestaltung der Abläufe .....	10
3.2 Vereinbarung über Verfügbarkeitsnachweis bei Verträgen bzw. Bestellungen .....	11
3.3 Messung bestehender Systeme .....	11
3.3.1 Verfahren .....	11
3.3.2 Zeitablauf .....	12
3.3.3 Ergebnisdarstellung .....	13
3.3.4 Ziel und Zweck der Messung .....	13
3.4 Beeinflussung der Verfügbarkeit bestehender Systeme .....	13
3.4.1 Technische Änderungen .....	13
3.4.2 Schulung .....	14
3.4.3 Instandhaltung .....	14
3.4.4 Organisation .....	14

VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluß Logistik  
Ausschuß Stetigförderer für Stückgut

VDI-Handbuch Materialfluß und Fördertechnik

Frühere Ausgabe: 6.90 Entwurf

Zu beziehen durch Beuth Verlag GmbH, Berlin – Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure, Düsseldorf 1992

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet

## 1 Einleitung

Diese Richtlinie bildet die notwendige Ergänzung zu der seit 1983 vorliegenden Richtlinie VDI 3581 „Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit von Transport- und Lageranlagen“, die theoretische Grundlagen der Verfügbarkeitsrechnung enthält.

In der Praxis zeigt es sich, daß diese Ergänzung der Richtlinie die Betrachtung zur Verfügbarkeit erleichtert und erweitert. Über die reine Theorie hinaus wird gezeigt, welchen Einfluß die Verfügbarkeit einzelner Systemelemente auf die gesamte Anlage hat, wie man die Verfügbarkeit solcher Anlagen auch bei gegebenen Elementen steigern und wie man sie beispielsweise durch das Einschalten von Puffern in den Materialfluß bereits im Planungsstadium beeinflussen kann.

In den meisten Fällen fehlen präzise Grundlagen für eine exakte Rechnung. Daher wird ein leicht handhabbares Näherungsverfahren angegeben. Damit genügen die verfügbaren Daten und Strukturen für ein ausreichend genaues Ergebnis.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Theorie

#### 2.1.1 Definition

Als Verfügbarkeit wird die Wahrscheinlichkeit bezeichnet, ein Element oder ein System zu einem vorgegebenen Zeitpunkt in einem funktionsfähigen Zustand anzutreffen. Die Verfügbarkeit wird mit dem Zeichen „ $\eta$ “ bzw. im englischen Sprachraum mit „A“ (availability) gekennzeichnet.

#### 2.1.2 Formeln für Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit wird mit folgender Formel berechnet:

$$\eta = \frac{T_E - T_A}{T_E} \quad (1)$$

$T_E$  Einsatzzeit

Dies ist die Summe aus Bereitschaftszeit (Anlage eingeschaltet, Funktion nicht ausgeübt) und Betriebszeit (Anlage funktionsbedingt beansprucht).

$T_A$  Ausfallzeit

Dies ist die gesamte Zeitdauer vom Auftreten einer Störung bis zur Wiederherstellung der Funktionsfähigkeit der Anlage.

Die Verfügbarkeit wird auch wie folgt ermittelt:

$$\eta = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2)$$

Hier bedeutet:

*MTBF* mittlere störungsfreie Zeit (mean time between failures)

*MTTR* mittlere Reparaturdauer (mean time to repair)

Beide Formeln sind mathematisch gleich: Gleichung (1) ist zur Überprüfung bestehender Anlagen geeignet, weil Meßwerte direkt eingesetzt werden. Gleichung (2) eignet sich dagegen für Planungen, weil Erfahrungswerte verarbeitet werden.

## 2.2 Systemstruktur

### 2.2.1 Elemente eines Systems

Förder- und Lagersysteme sind je nach Umfang und Komplexität mehr oder weniger stark in sich gegliedert. Zweck solcher Gliederung ist es u. a., durch Schaffung zumindest teilautarker Einheiten die unmittelbare Auswirkung einer Störung auf einen Teilbereich der Anlage zu begrenzen.

Im Rahmen der Verfügbarkeitsbetrachtung kann ein Systemelement jedes betrachtete Teilsystem sein, bis hinunter zum einzelnen Gerät.

Hierarchisch gesehen können diese Elemente horizontal (gleiche Hierarchieebene) und vertikal (verschiedene Hierarchieebenen) verknüpft sein.

Für die Verfügbarkeit ist jedoch ausschließlich der Funktionszusammenhang maßgeblich.

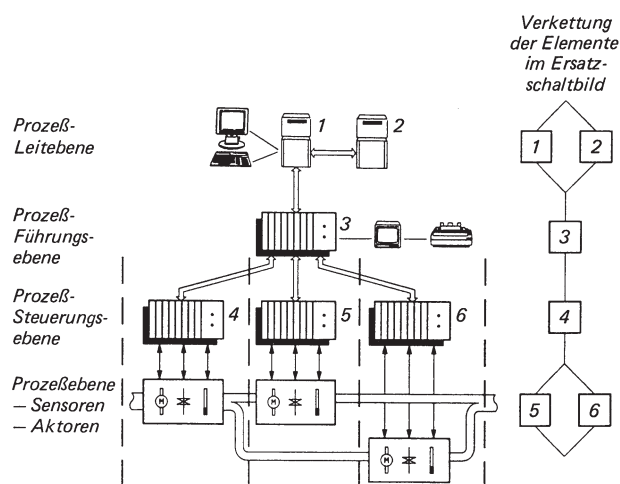


Bild 1. Beispiel für eine hierarchische Systemstruktur

Man unterscheidet:

- *Reihenschaltung*, wenn zur Erfüllung der Gesamtfunktion die Funktion jedes einzelnen Elementes erforderlich ist.
- *Parallelschaltung*, wenn zwei oder mehrere Elemente für eine bestimmte Funktion zur Verfügung stehen.

### 2.2.2 Beschreibung Taktzeit oder Durchsatz

Für jedes betrachtete Teilsystem/Element müssen SOLL-Durchsatzdaten vorgegeben werden. Eine Störung liegt vor, wenn dieser Durchsatz nicht erreicht wird. Bei einem kontinuierlichen Prozeß wird