



# ZB

No. 57 1.2012

## [ VERFÜGBARKEIT ÜBER ALLES ]

Der Begriff "Verfügbarkeit" ist heutzutage omnipräsent: Es wird kaum noch eine Ausschreibung oder ein Pflichtenheft verfasst, welches nicht eine entsprechende Anforderung enthält. Einmal quantitativ in Zahlen gefasst (99.9 %), einmal qualitativ umschrieben (hochverfügbar, höchstverfügbar) werden Anforderungen bezüglich Verfügbarkeit aufgestellt. Nur: Was bedeutet das konkret? Wie werden Anforderungen sinnvoll gestellt, wie plant und realisiert man solche Systeme und was ist im Betrieb zu beachten? Gibt es ein Optimum oder soll die Verfügbarkeit immer maximiert werden? Diese Fragen beantworten wir in diesem zB und zeigen dabei auf, wie man als Bauherr vorgehen muss, damit der Begriff "Verfügbarkeit" nutzbringend in die Projekte einfließt.

Die Verfügbarkeit ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein System seine spezifizierte Funktion zu einem beliebigen Zeitpunkt erfüllt. Sie ergibt sich aus der mittleren Uptime (Produktionszeit) und der mittleren Downtime (Wartung, Instandsetzung, Austausch) eines Systems.

$$\text{Verfügbarkeit} = \frac{\text{Uptime}}{\text{Uptime} + \text{Downtime}}$$

Ein Beispiel: Die öffentliche Stromversorgung im Raum Zürich wies in den letzten Jahren eine durchschnittliche Verfügbarkeit von > 0.9999 auf (Ausfall 5.5 Minuten pro Kunde und Jahr).

Dabei sagt die Verfügbarkeit als Zahl (ohne Angabe der Uptime und Downtime) wenig über die Einsatztauglichkeit eines Systems aus, da in der einen Anwendung die Downtime entscheidend ist und bei der anderen die Häufigkeit von Ausfällen.

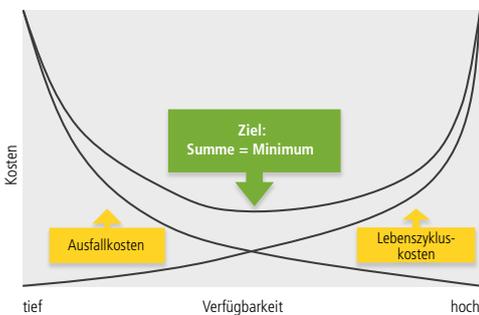
Uptime	Downtime	Ausfallverhalten (qualitativ)	Einsatztauglichkeit
10 Jahre	1 Stunde		😊
1 Monat	30 Sekunden		😐
1 Tag	1 Sekunde		😞

### 1 Gleiche Verfügbarkeit – unterschiedliche Einsatztauglichkeit

"Hochverfügbarkeit" ist kein eindeutig definierter Begriff. Ohne Präzisierungen ist er daher in einer Ausschreibung oder einem Pflichtenheft nicht von Nutzen. In vielen Fällen ist es zielführender, konkrete Anforderungen bezüglich Redundanzen zu formulieren. Dazu sind frühzeitige Analysen der Ausfallrisiken notwendig.

### Grundsatz: So viel wie nötig

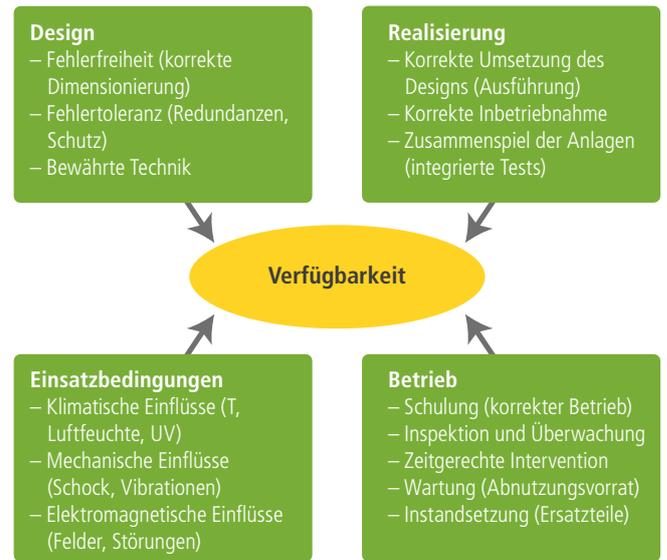
Oft stellt sich die Frage, wie viel eine höhere Verfügbarkeit kosten darf. Redundante Komponenten treiben die Lebenszykluskosten eines Systems nach oben, ein überlegter Einsatz ist daher essenziell. Im Betrieb stellen sich Fragen zu den nötigen Instandhaltungsmassnahmen, welche ebenfalls Kostentreiber darstellen. Das beste Konzept ist dasjenige, für welches die Ausfallkosten und die Lebenszykluskosten in der Summe am geringsten sind.



### 2 Optimierung Ausfallkosten und Lebenszykluskosten

### Was beeinflusst die Verfügbarkeit?

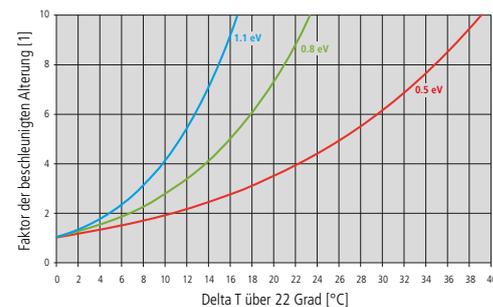
Um die Verfügbarkeit zu gewährleisten ist es wichtig, die Einflussgrößen zu kennen, diese zu bewerten und geeignet zu beeinflussen. Die Verfügbarkeit wird durch die folgenden Elemente wesentlich bestimmt: Design, Realisierung, Einsatzbedingungen und Betrieb. Nur eine ausgewogene Berücksichtigung aller Einflussfaktoren führt zu einer wirtschaftlichen Lösung und einer optimalen Verfügbarkeit.



### 3 Einflussfaktoren der Verfügbarkeit

#### Einsatzbedingungen: Hot Spots nicht unterschätzen

Einer der wichtigsten Einflussfaktoren, welcher häufig unterschätzt wird, ist der Einfluss der Betriebstemperatur auf die Alterung eines Systems. Der Nobelpreisträger Svante Arrhenius hat bereits im vorletzten Jahrhundert aufgezeigt, dass die Alterung eines Systems direkt mit der Temperatur zusammenhängt. Die Regel, dass die Alterung bei 10 Grad Temperaturerhöhung um den Faktor 2 zunimmt, kann als gute Abschätzung der Situation verwendet werden. Eine sorgfältige Konzeption der Anlagen bezüglich der Temperaturbelastung lohnt sich folglich in jedem Fall.



Nobelpreisträger Svante Arrhenius

### 4 Beschleunigte Alterung bei erhöhter Temperatur in Abhängigkeit zur Aktivierungsenergie

### Design: Optimieren statt überdimensionieren

Zu Beginn der Planung steht eine Risikoanalyse der kritischen Funktionen und deren Ausfallkosten. Dabei sind die direkten Kosten (z.B. Produktionsausfall) sowie die indirekten Kosten (z.B. Terminverzug, Reputationsschäden) zu berücksichtigen. In einem zweiten Schritt ist die Verfügbarkeit der für die kritischen Funktionen nötigen Anlagen einzuschätzen. Im Sinne der Nullvariante ist zunächst von einem Design ohne Redundanzen auszugehen, was die preiswerteste Variante darstellt. Die Verfügbarkeit jeder Komponente ist abzuschätzen, wobei sämtliche Faktoren einzubeziehen sind. Resultiert eine zu tiefe Verfügbarkeit des Gesamtsystems, so ist die schwächste Komponente - das schwächste Glied in der Kette - redundant auszuführen. Dadurch kann mit Hilfe quantitativer Analysen das Design schrittweise an das Optimum herangeführt werden.

Abbildung 5 zeigt vereinfacht drei unterschiedliche Elektroschemas für einen Mittelspannungskunden. Die Nullvariante ohne Redundanz, Variante 1 mit Netzersatzanlage und redundanten Verteilungen/Zuleitungen, und Variante 2 mit redundanter Versorgung von unterschiedlichen EVU und redundanten Netzersatzanlagen.

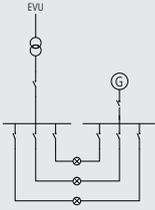
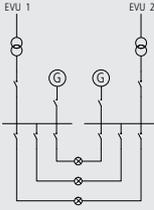
Anhand der Verfügbarkeitsdaten für die Einzelanlagen lassen sich die Verfügbarkeiten für die Systeme probabilistisch berechnen. Zusammen mit den Lebenszykluskosten der Varianten und den Ausfallkosten lässt sich die optimale, risikobasierte Auslegung ermitteln. Das durch die quantitative Analyse entstandene Systemmodell stellt ein wertvolles Werkzeug für das technische Risikomanagement dar und lässt sich bei Erweiterungen anpassen. So kann gewährleistet werden, dass Redundanzen bei Erweiterungen bestehen bleiben und die Verfügbarkeit nicht abnimmt.

### Betrieb: Langfristige Herausforderungen

Die Erfahrung zeigt, dass ein technisch gutes Design nicht zur gewünschten Verfügbarkeit führt, wenn nicht auch betriebliche Voraussetzungen erfüllt werden. Das für den Betrieb notwendige Personal muss in ausreichender Anzahl und mit der notwendigen Qualifikation zur Verfügung stehen. Eine effektive Instandhaltung muss eine systematische präventive Wartung, Service Level Agreements bezüglich Bereitschaft und Ersatzteilbeschaffung und eine Lebenszyklusplanung für den Komponentenersatz umfassen. Zudem sind Instandhaltungsarbeiten in enger Zusammenarbeit mit dem Nutzer zu koordinieren. Die Redundanzen sind im Rahmen von Erweiterungen zu kontrollieren. Auch braucht es Vorgaben bezüglich der Dokumentation von Tests und Zustandserfassungen sowie von ausgeführten Änderungen am System. Sämtliche Rollen und Verantwortlichkeiten müssen definiert und periodisch überprüft werden.

### Fazit

Die Verfügbarkeit der Technik ist oft ein Glied in der gesamten Produktionskette eines Unternehmens. Das Ziel ist, die Verfügbarkeit risikobasiert nach dem Motto "so viel wie nötig" zu realisieren. Die Thematik ist möglichst früh in den Projekten zu behandeln und über den ganzen Projektverlauf zu verfolgen. Auch im Betrieb sind intelligente Konzepte gefragt, um die Verfügbarkeit langfristig auf dem nötigen Level zu halten.

	Nullvariante ohne Redundanzen	Netzersatzanlage mit eigener Verteilung	Vollredundant
Single Points of Failure	Ja, jede Anlage	Nein	Nein
Resistent gegen Mehrfachausfall	Nein	Nein	Teilweise
Skizze			
Verfügbarkeit*	0.998296	0.999997	0.999999
Downtime per annum	14.9 h	1 min. 47 sek	32 sek
Kosten	100 %	200 %	350 %

\*Aus den Verfügbarkeitsdaten der Einzelanlagen berechnet

## 5 Varianten Energieversorgung



## DIENSTLEISTUNGSANGEBOT

- Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitsanalysen
- Übergeordnete Risikoanalysen
- Schwachstellenanalysen
- Aufbau von Risikomanagement- und QM-Systemen
- Entwicklung von Massnahmenkonzepten
- Sicherheits- und Überwachungssysteme
- Planung, Ausschreibung, Fachbauleitung
- Integrierte Tests
- System-Verifizierung und Validierung
- Instandhaltungsmanagement
- Alarm- und Interventionskonzepte
- Schulung und Weiterbildung

## REFERENZEN

- Six Group, Verfügbarkeitsanalyse Rechenzentrum
- Six Group, Schwachstellenanalyse
- Credit Suisse, Verfügbarkeitsanalyse Rechenzentren
- Alptransit Gotthard, RAMS-Analysen
- CSS Luzern, Risikoanalyse Umbau Rechenzentrum

## KONTAKT

Urs Welte  
Dipl. El. Ing. ETH  
urs.welte@amstein-walthert.ch

Robert Schneider  
Dipl. El. Ing. ETH  
robert.schneider@amstein-walthert.ch

Amstein + Walthert Progress AG  
Andreasstrasse 11  
Postfach  
CH-8050 Zürich  
Tel. +41 44 305 91 11  
Fax +41 44 305 92 14