

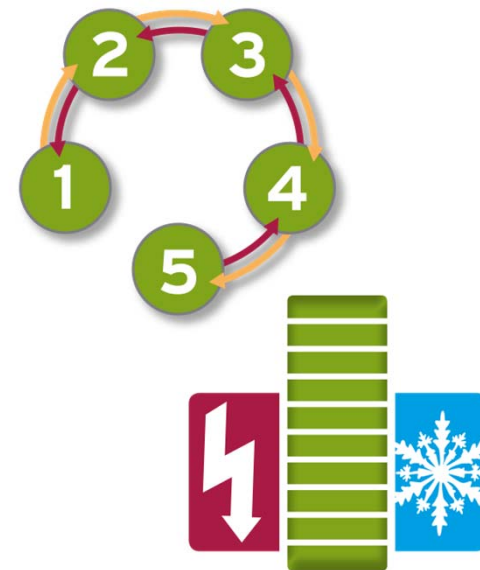
Verfügbarkeit und Fehlertoleranz (Resilienz)



unter Berücksichtigung des
Rechenzentrumsbetriebs

Ein Beitrag von

Dipl.-Ing. Uwe Müller
Geschäftsführender Gesellschafter
InfraOpt® GmbH



www.infraopt.eu

Data Center Buzzwords

Kategorie B **Verfügbarkeitsklasse IV** **Höchste Verfügbarkeit**
Fehlertoleranz **Tier II** **Level III** **Resilienz** **Versorgungspfade**
Five Nines **Hohe Verfügbarkeit** **2N+M** **Redundanz** **Kategorie A**
KRITIS **Tier I** **Drei Sterne** **Kategorie D** **Single Point of Failure**
2N+1 **Kategorie 2** **Ausfallsicherheit** **Level I** **Kategorie 4**
Verfügbarkeitsklasse I **Level III+** **Vier Sterne** **Zuverlässigkeit**
Tier IV **Level II** **SLA** **Double Point of Failure** **Level IV**
Verfügbarkeit **99,99 %** **Verfügbarkeitsklasse II** **Zwei Sterne** **N+1**
Verfügbarkeitsklasse IV erweitert **Kategorie 1** **Tier III** **99 %**
Ein Stern **Verlässlichkeit** **Fünf Sterne** **m of n** **Level III++**
99,9 % **Kategorie 3** **Verfügbarkeitsklasse III** **Kategorie C** **2N**

**„Was man nicht messen kann,
kann man nicht lenken.“**

Peter F. Drucker

Ökonom, *1909 Wien; †2005 Claremont

Agenda · 04. Juli 2018 · München

Fünf typische Fragen:

- Erreiche ich ein vertraglich zugesichertes Service Level Agreement?
- Wie hoch ist die Verfügbarkeit meines Rechenzentrums?
- Benötige ich eine (zusätzliche) Notstromversorgung?
- An welchen Stellen der Infrastruktur (und wann) besteht Investitionsbedarf?
- **Was ist die (für mich) optimale Infrastruktur?**

Service Level Agreement (SLA)

Vereinbarung von **zugesicherten Leistungseigenschaften**, wie bspw.:

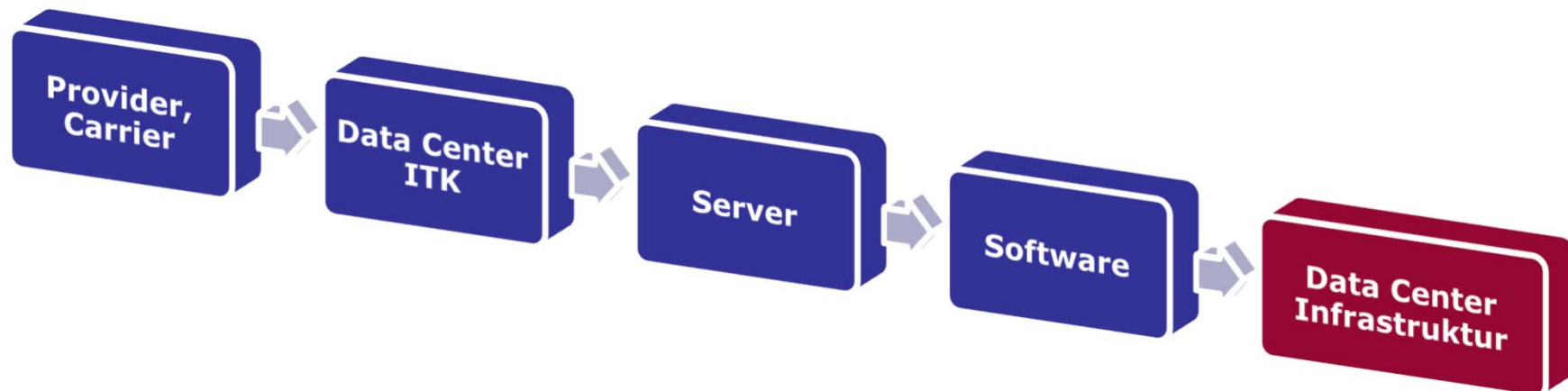
- Erreichbarkeit 24 Stunden je Tag, 7 Tage je Woche
- Festlegung der **maximal zulässigen Ausfallzeit** in einem bestimmten Zeitraum
- Festlegung der **Anzahl zulässiger Unterbrechungen** in einem bestimmten Zeitraum

Ziel: **Definition, Überwachung, Optimierung von Dienstleistungen**

Beispiel: Dienstverfügbarkeit 99,95 %

$$t_{avail} = \frac{8760 h * 99,95 \%}{100 \%} = 8760 h * 0,9995 \% = 8755,62 h$$

$$t_{fail} = 8760 h - t_{avail} = 4,38 h$$



Beispiel: Dienstverfügbarkeit 99,95 %

Angenommen, gleiche Verfügbarkeit der Anlagengruppen:

- Provider (Carrier, Internetanbindung): $A_{Prv} = 0,9995$
- ITK-Netzwerk (aktiv und passiv): $A_{ITK} = 0,9995$
- Server (Hardware): $A_{Srv} = 0,9995$
- Software (OS, Apps): $A_{Swr} = 0,9995$
- Data Center Infrastruktur (Strom, Klima): $A_{DCI} = 0,9995$

$$A_{Res} = A_{Prv} * A_{ITK} * A_{Srv} * A_{Swr} * A_{Swr} = 0,9995^5 = \mathbf{0,9975}$$

Die Verfügbarkeit der notwendigen Dienste **muss** höher sein als die zu erreichende Gesamtverfügbarkeit!

Beispiel: Dienstverfügbarkeit 99,95 %

Angenommen, gleiche Verfügbarkeit der Anlagengruppen:

- Provider (Carrier, Internetanbindung): $A_{Prv} = 0,9999$
- ITK Netzwerk (aktiv und passiv): $A_{ITK} = 0,9999$
- Server (Hardware): $A_{Srv} = 0,9999$
- Software (OS, Apps): $A_{Swr} = 0,9999$
- **Data Center Infrastruktur (Strom, Klima): $A_{DCI} = 0,9999$**

$$A_{SLA} = A_{Prv} * A_{ITK} * A_{Srv} * A_{Swr} * A_{Swr} = 0,9999^5 = 0,9995$$

Wie helfen uns die anerkannten Normen und Richtlinien,
das Service-Level-Agreement sicher zu stellen?

Berechnung der Verfügbarkeit

Verfügbarkeit (Availability):

$$A = \frac{(\text{Betrachtungszeit} - \text{Ausfallzeit})}{\text{Betrachtungszeit}}$$

Verfügbarkeit in %:

$$A = \frac{(\text{Betrachtungszeit} - \text{Ausfallzeit})}{\text{Betrachtungszeit}} * 100 \%$$

Schwierigkeiten:

1. Die Ausfallzeit kann nur **für Data Center** angegeben werden, die sich bereits **im Betrieb** befinden!
2. Die **Verfügbarkeit allein** ist zur Bewertung einer Infrastruktur **nicht ausreichend**.

Data Center Resilienz (resiliency)



Synonym für:

Belastbarkeit

Widerstandsfähigkeit

Stabilität

Elastizität

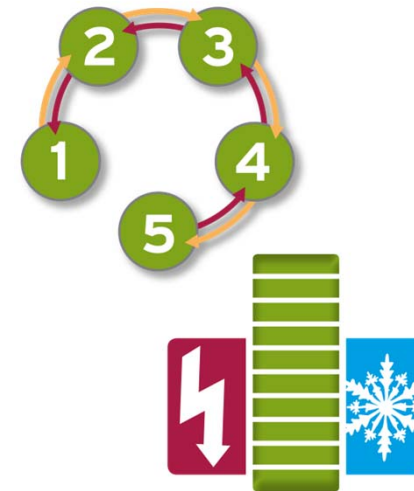
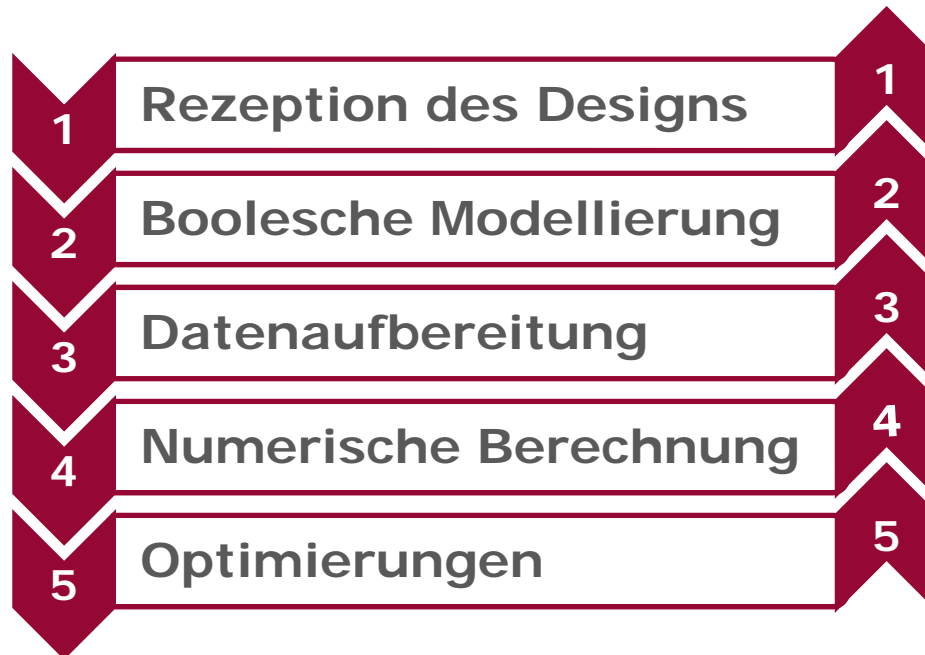
Ausfallsicherheit (DIN EN 50600)

„... **Fähigkeit** von technischen Systemen, bei Störungen bzw. Teil-Ausfällen **nicht** vollständig **zu versagen** ...“ (Wikipedia)

Kennzahlen der Data Center Resilienz

Zuverlässigkeit	$R(t) = e^{-t/MTBF}$	Merkmal für die Wahrscheinlichkeit, dass die DCI die Funktion erfüllt, unter Berücksichtigung der Betriebszeit
Inhärente Verfügbarkeit	$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$	Berechnete Verfügbarkeit auf Grundlage der eingesetzten Komponenten und Systeme, bei „idealer“ Wartung und Instandsetzung
Operationale Verfügbarkeit	$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$	Berechnete Verfügbarkeit unter Berücksichtigung von Wartung, Umbauten, Elementarereignissen, Fehlhandlungen, tatsächlichen Liefer- und Reparaturzeiten usw.
Single Point of Failure	$ SPoF $	Anzahl der 1-Fehlerpunkte , durch welche die DCI ausfallen kann, analytische Bestimmung der VK nach EN 50600-2-2, -2-3
Double Point of Failure	$ DPoF $	Anzahl der 2-Fehlerkombinationen , durch welche die DCI ausfallen kann zur Vorhersage, ob Verfügbarkeit im Fall von geplanten oder ungeplanten Fehlerereignissen besteht.

Analyseprozess in fünf Schritten



www.infraopt.eu

Praxiserprobt: Automotive, Colocation, Industrie, Telekommunikation ...

Data Center Infrastructure (DCI)

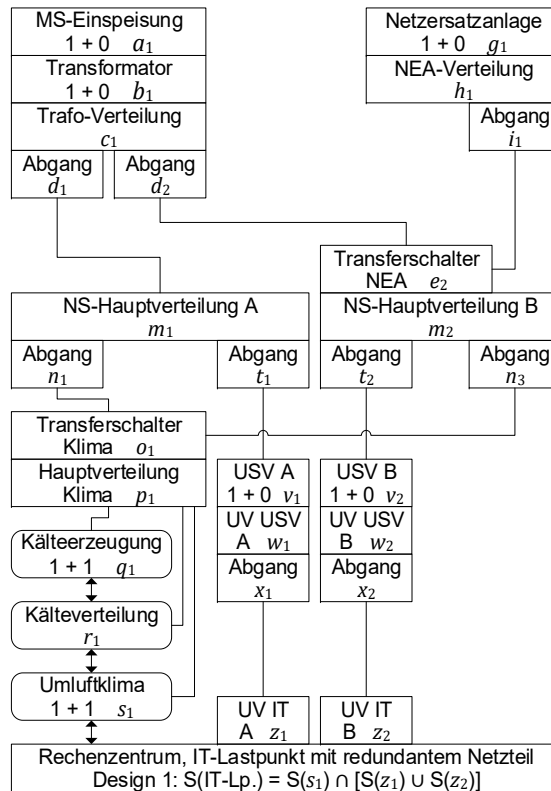
Notwendige Teilsysteme der DCI:

- Power Distribution – Stromversorgung EN 50600-2-2
- Environmental Control – Regelung der Umgebungsbedingungen EN 50600-2-3

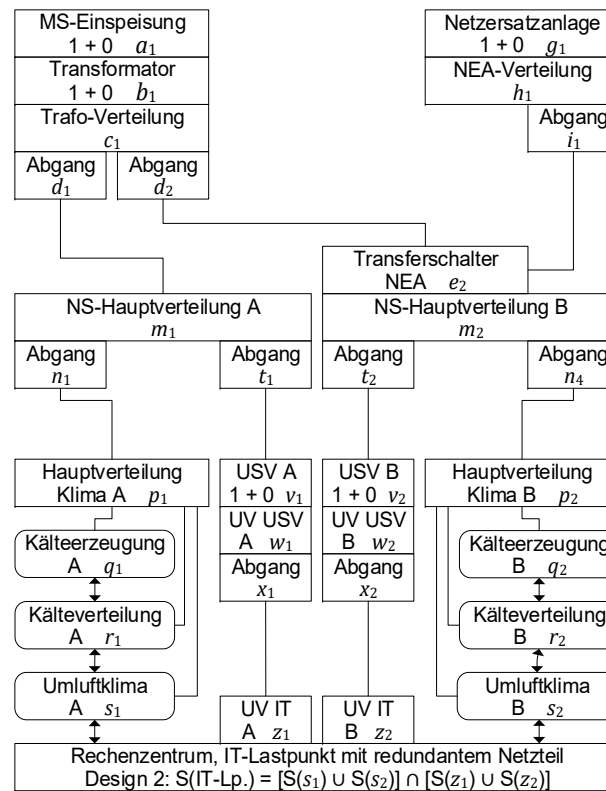
Systemerfolg S eines Lastpunktes (z.B. Servers):

- $S(\text{Loadpoint}) = S(\text{Power}) \wedge S(\text{Environmental Control})$
- Ein Erfolgspfad beschreibt genau eine notwendige, minimale, ununterbrochene **Funktionskette zum Lastpunkt**
- Redundanzen (bzw. Transferschalter) dienen zur Vermehrung Erfolgspfade

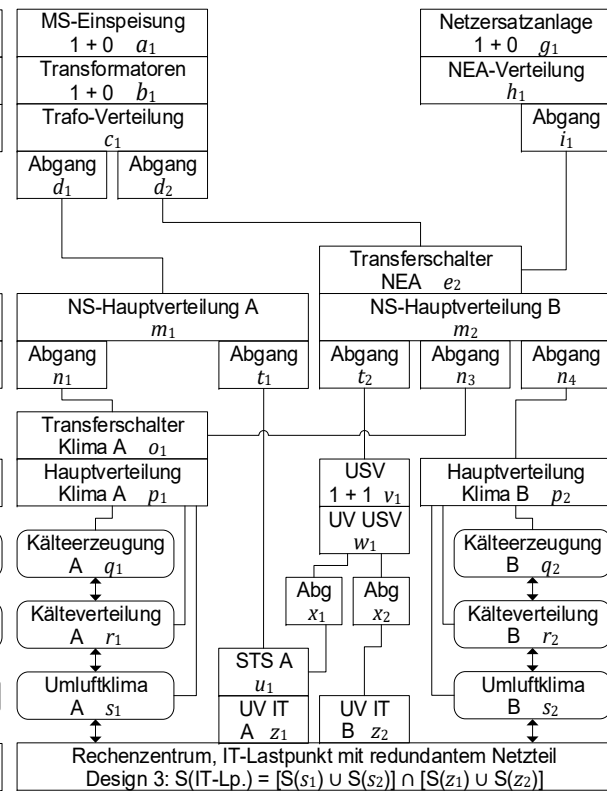
Design 1: $2N_E$ & N_C+1



Design 2: $2N_E$ & $2N_C$



Design 3: $2N_E$ & $2N_C$



Resilienz von Designvarianten

Kennzahl / Metrik	Design 1 $2N_E & N_C + 1$	Design 2 $2N_E & 2N_C$	Design 3 $2N_E & 2N_C$
Anzahl Teilsysteme	28	31	32
Zuverlässigkeit 8760 h	0,8304	0,8006	0,8660
Verfügbarkeit inhärent	0,9999	0,9999	0,9999
Verfügbarkeit operational	0,9938	0,9998	0,9999
Anzahl 1-Fehlerpunkte	3	0	0
Anzahl 2-Fehlerpunkte	165	139	82

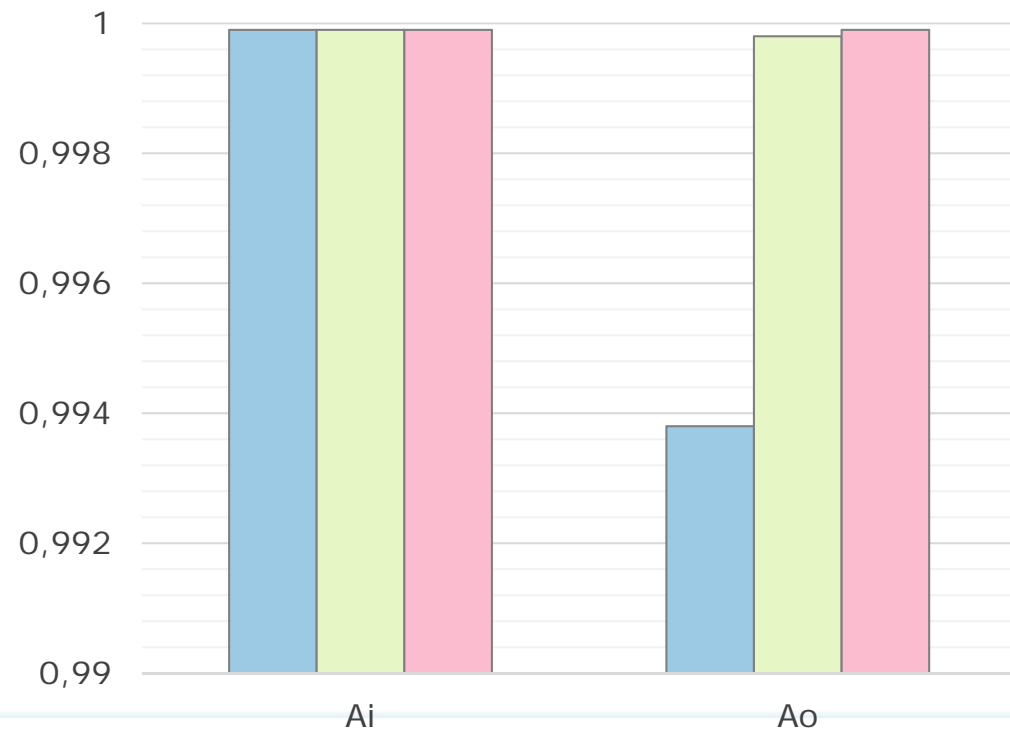
Zuverlässigkeit

V1 V2 V4

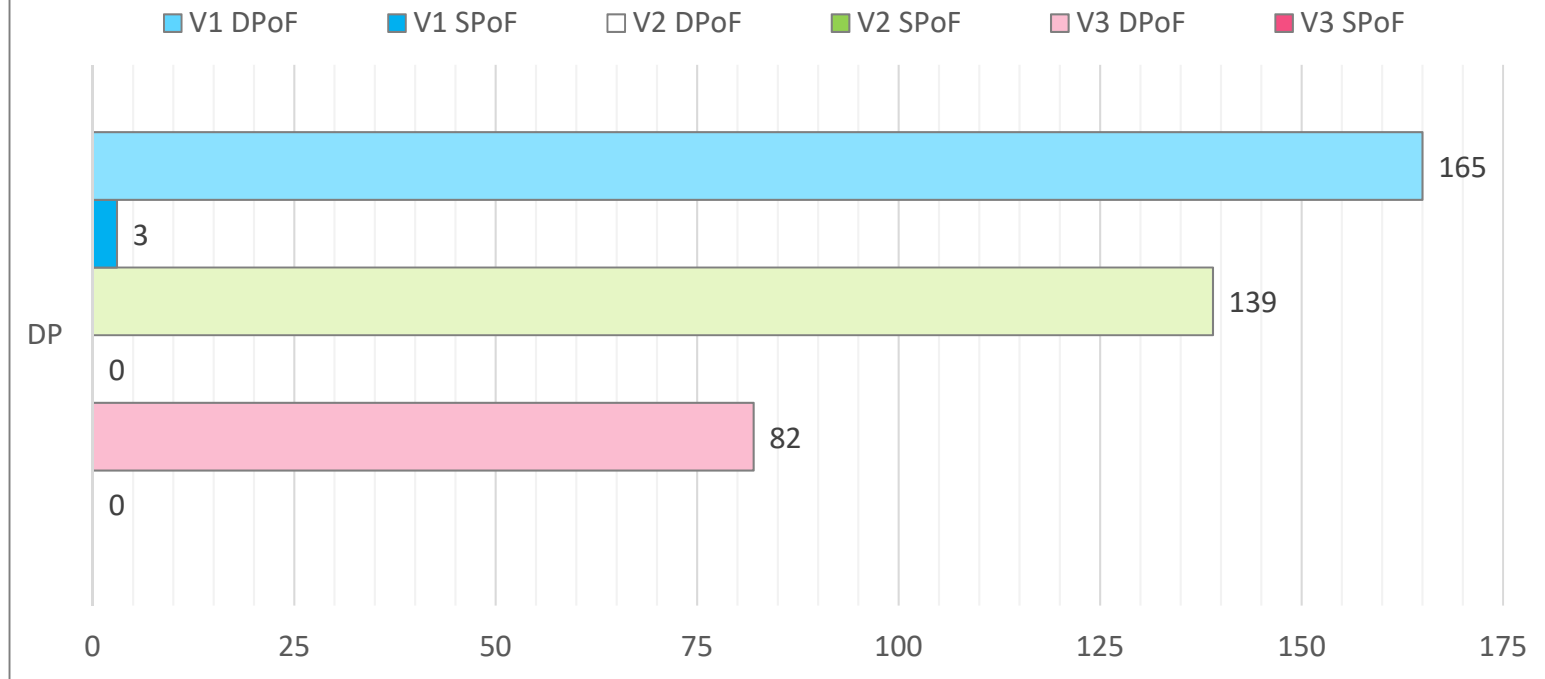


Verfügbarkeit

V1 V2 V3



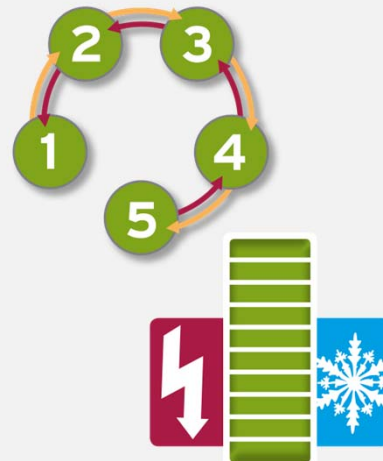
Optimierung der Fehlertoleranz: SPoF, DPoF



Quantitative Verfahren

- Numerische Analyse
- Simulation
- Optimierung
- Variantenvergleich
- Prädiktion
- Machine Learning

InfraOpt®



Gewinn der Organisation

- Validierte Designs
- Ausfallsicherheit
- Gesicherte SLAs
- Kosteneinsparung
- Vorausschauende Entscheidungen

Analytik für resiliente Data Center.

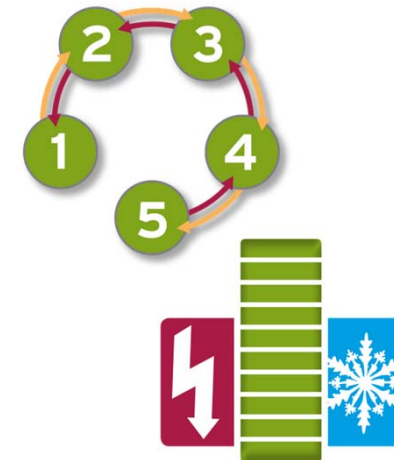
Analytik für resiliente Data Center

Ich freue mich auf Ihre Fragen.



InfraOpt[®] GmbH

Dipl.-Ing. Uwe Müller
Geschäftsführender Gesellschafter
Puschkinstr. 23 · D-14943 Luckenwalde
HRB 30023 P · St-Nr. 050/111/03563
www.infraopt.eu · uwe.mueller@infraopt.eu
fon +49 3371 6433-55 · mo +49 172 836 8939



Appendix A - Akronyme

- A_i Inherent availability
- A_o Operational availability
- DCI Data center infrastructure
- $DPoF$ Double point of failure
- EN European standard
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- MDT Mean downtime
- $MTBF$ Mean time between failure
- $MTBM$ Mean time between maintenance
- $MTTR$ Mean time to repair
- $R(t)$ Reliability
- $SPoF$ Single point of failure

2009
2011

FuE-Vorhaben: Investitionsbank des Landes Brandenburg; TU Berlin, Prof. Strunz; Uni Potsdam, Prof. Schaub; Ass. Prof. Welzig

2012

IEEE PES ISGT Europa, Publikation: "Integrated Reliability Modeling for Data Center Infrastructures: A Case Study"

2013

Fünf-Stufen-Dienstleistungsprozess
Simulationssoftware InfraOpt64

2014
2016

FuE-Vorhaben: Investitionsbank des Landes Brandenburg; Technische Universität Berlin, Prof. Strunz

Juni
2017

InfraOpt GmbH: Begutachtung, Analyse, Evaluation und Zertifizierung von technischen Infrastrukturen insbesondere Rechenzentren

Juni
2017

Annahme des **ANTRAG** zur Prüfung der Akkreditierungsfähigkeit von Konformitätsbewertungsprogrammen durch die **DAkKS**

2018

Normierung von Kennzahlen zur Ausfallsicherheit von Rechenzentren

Investition in Ihre Zukunft!



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
Regionale Entwicklung
www.efre.brandenburg.de

DIN EN 50600	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 4 erweit.	
Verfügbarkeit	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch		
BITKOM	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D		
Zul. Ausfallzeit /Jahr	12 h	1 h	10 min.	< 1 min		
→ Verfügbarkeit	99,86 %	99,99 %	99,998 %	99,9998 %		
BSI	VK 0	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5
Ausfallzeit /Jahr	ca. 2-3 Wo.	< 90 Std.	< 9 Std.	< 1 Std.	ca. 5 min.	-
Anforderung an Verfügbarkeit	Keine	normal	hoch	sehr hoch	höchste	Desaster-tolerant
Verfügbarkeit	ca. 95 %	> 98,97 %	> 99,90 %	> 99,99 %	> 99,999 %	(100 %)

Quelle: BITKOM e. V., Betriebssicheres Rechenzentrum, Leitfaden 2013

Uptime Institut	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Representative Site Failures	6 failures / 5 year	1 failure / 1 year	1 failure / 2.5 years	1 failure / 5 years
Annual Site ... Downtime	28.8 h	22.0 h	1.6 h	0.8 h
... End-User Availability ...	99.67 %	99.75 %	99.98 %	99.99 %

Quelle: Uptime Institut, 2008, White Paper, „Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“, Page 14