



Kann man Resilienz sichtbar/vergleichbar machen?

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

Peter F. Drucker (Ökonom, *1909 Wien; †2005 Claremont)



Data Center Buzzwords

Resilienz (resilience)

... und alle Fragen sind (endlich)
beantwortet ?



Resilienz von Data Center Infrastrukturen



Resilienz nach prTR 50600-99-1:

„Fähigkeit einem oder mehreren **Fehler** in der ICT Ausrüstung oder der Data Center Infrastruktur **zu widerstehen**“

Hinweis:

Die Definition ist unvollständig, denn sie beschreibt lediglich Ein-Fehler- bzw. Mehr-Fehler-Toleranz.



Resilienz von Data Center Infrastrukturen

IEEE Task Force PES-TR65 im April 2018

Definition und Quantifizierung von Resilienz



“Fähigkeit zum **Widerstehen** und **Reduzieren des Ausmaßes** und/oder der Dauer unterbrechender (zerstörender) Ereignisse, einschließlich der **Fähigkeit zum Vorhersehen, Neutralisieren, Anpassen** und/oder zum **schnellen Wiederherstellen**.“



Voraussetzungen zur Ermittlung der Resilienz?

1. Metriken

- Widerstehen
- Reduzieren des Ausmaßes
- Vorhersagen
- Neutralisieren
- Anpassen
- Wiederherstellen
- Bezug zum SLA

2. Modell

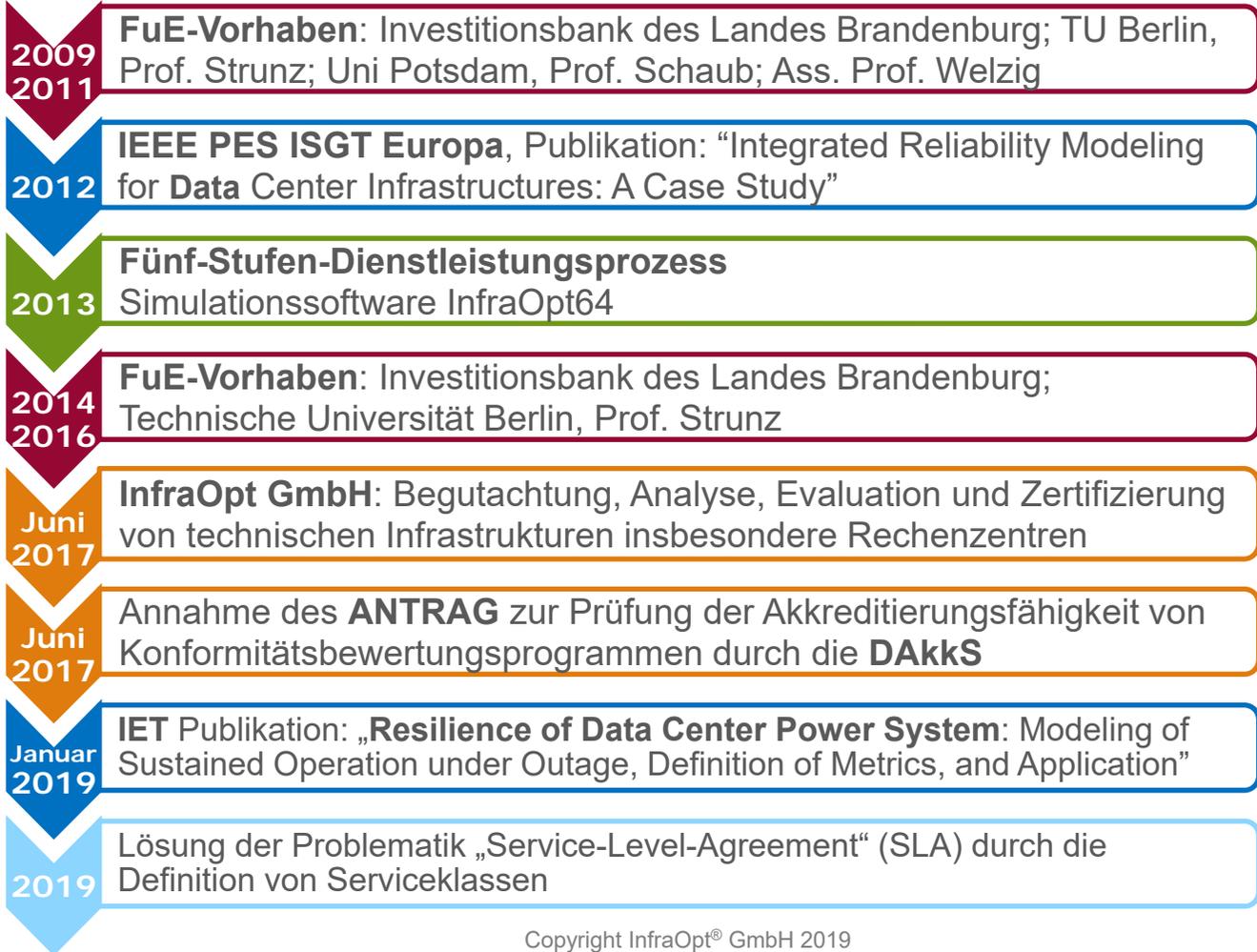
- Teilsysteme der Infrastruktur
- Zielfunktion der Infrastruktur
- Integrales Modell der Infrastruktur

3. Verfahren

- Boolesche Algebra
- Zuverlässigkeitsblockdiagramme
- FMEA, FTA, ...
- Unterstützende Software

Schwierigkeiten:

- Es zeigt sich, dass eine (etablierte) Kennzahl nicht erschöpfend ist.
- Für komplexe Infrastrukturen kann die Modellierung aufwändig sein.
- Geeignete Software „von der Stange“ ist kaum erhältlich.





Berechnung etablierter **Metriken** der **Ausfallsicherheit**

Zuverlässigkeit	$R(t) = e^{-t/MTBF}$	Merkmal für die Wahrscheinlichkeit, dass die DCI die Funktion erfüllt, unter Berücksichtigung der Betriebszeit
Zurückliegende Verfügbarkeit	$A_a = \frac{(8760 h - \text{Ausfallzeit})}{8760 h}$	Ausfallzeit ist nur für Data Center im Betrieb zu ermitteln, daher für Planung und Optimierung ungeeignet
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.



Berechnung etablierter **Metriken** der **Fehlertoleranz**

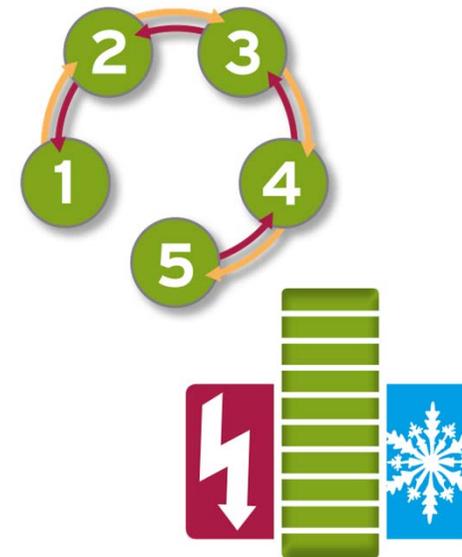
Single Point of Failure	 SPoF 	Anzahl der 1-Fehlerpunkte , durch welche die DCI ausfallen kann. Kenntnis erlaubt die analytische Bestimmung der Verfügbarkeitsklasse nach EN 50600-2-2, EN 50600-2-3.
Double Point of Failure	 DPoF 	Anzahl der 2-Fehlerkombinationen , durch welche die Data Center Infrastruktur ausfallen kann. Dient zur Vorhersage, ob Verfügbarkeit im Fall von geplanten oder ungeplanten Ereignissen bzw. Fehlern besteht.

Neue **Metriken** der **Resilienz**

Single Point of Reduced Availability*)	 SPoRA 	Anzahl der 1-Fehlerpunkte , durch welche das SLA während geplanter bzw. ungeplanter Instandsetzungs-, Wartungs- oder Umbaumaßnahmen unterschritten würde.
Double Point of Reduced Availability*)	 DPoRA 	Anzahl der 2-Fehlerkombinationen , durch welche das SLA während geplanter bzw. ungeplanter Instandsetzungs-, Wartungs- oder Umbaumaßnahmen unterschritten würde.



InfraOpt **Analyseprozess** in fünf Schritten



www.infraopt.eu

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



Beispiel: Resilienz Analyse Symmetrisches Design 1

Eigenschaften:

- Symmetrische Versorgungspfade A / B
- Symmetrische Klimatisierungspfade A / B
- Redundante UPS Systeme in Pfad A / B
- Number of Subsystems: 35
- Design SLA: $A_0 = 0,9998$ (Tier III)
- Minimum SLA: $A_0 = 0,9967$ (Tier I)

Legende:

$a_i \dots z_i$: Subsystem-Daten aus IEEE Std 493-2007

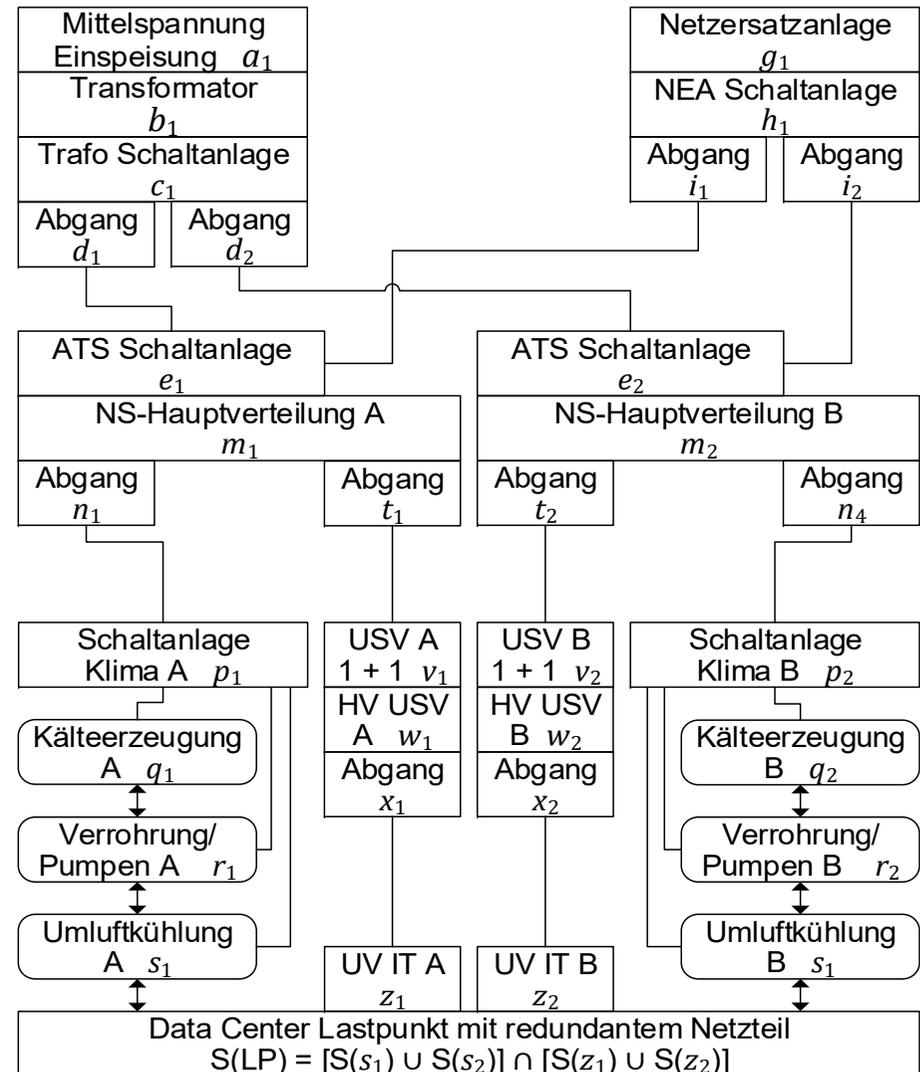
LP: Lastpunkt

$S(x)$: Systemerfolg von x

ATS: Automatische Umschaltteinrichtung

USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung

1+1: 1 von 2 redundante USV Systeme





Beispiel: Resilienz Analyse Asymmetrisches Design 2

Eigenschaften:

- Asymmetrische Versorgungspfade A / B
- Asymmetrische Klimatisierungspfade A / B
- Redundante UPS nur in Pfad B
- Anzahl der Teilsysteme : 33
- Design SLA: $A_o = 0,9998$ (Tier III)
- Minimum SLA: $A_o = 0,9967$ (Tier I)

Legende:

$a_i \dots z_i$: Subsystem-Daten aus IEEE Std 493-2007

LP: Lastpunkt

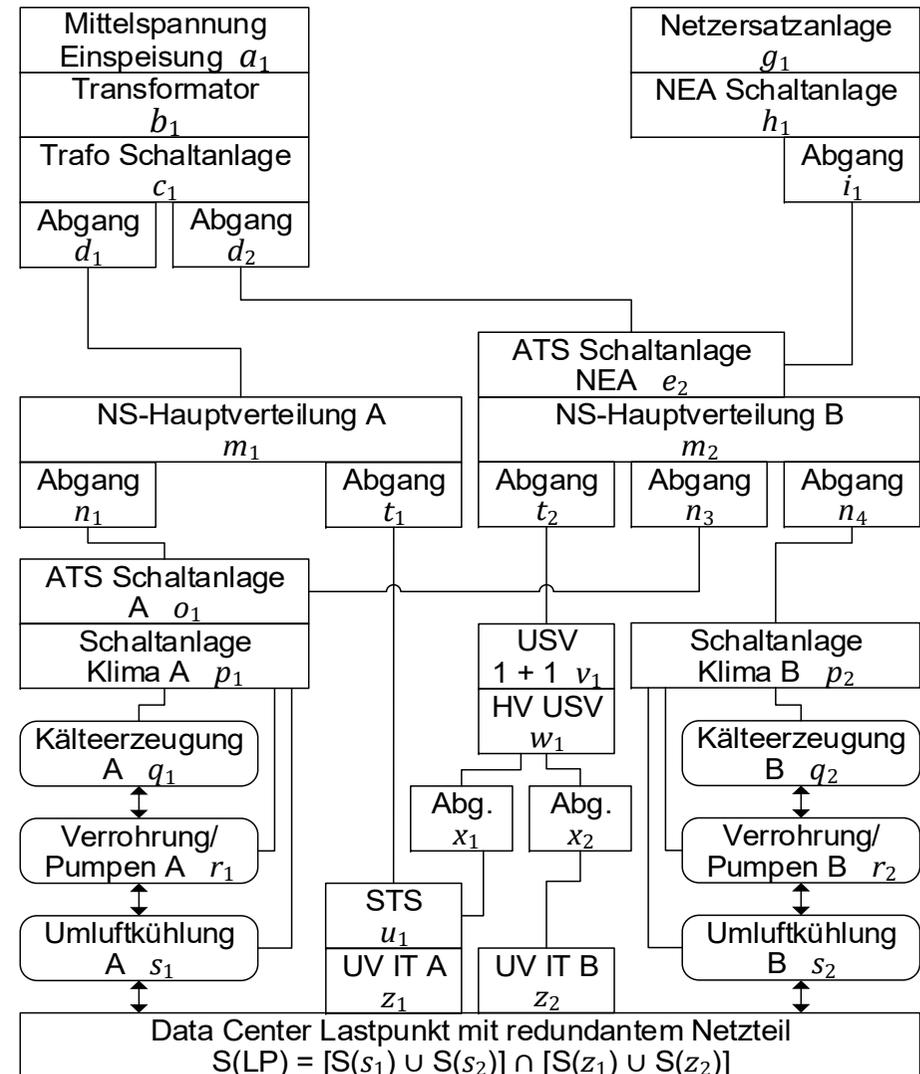
$S(x)$: Systemerfolg von x

ATS: Automatische Umschaltanlage

STS: Statischer Transferschalter

USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung

1+1: 1 von 2 redundante USV Systeme





Beispiel: Resilienz Analyse mittels etablierter Metriken

Metrik	Design 1	Design 2
N	35	33
$R(t = 8760 \text{ h})$	0,87159	0,86605
A_i	0,99999	0,99999
A_o	0,99983	0,99986
$SPoF$	0	0
$DPoF$	87	82

Fragen:

1. Design 2 hat weniger Teilsysteme - ist es **besser** oder **schlechter** als Design 1?
2. Welches Design hat die **höhere Resilienz** im Fall eines oder mehrerer Fehler?



Beispiel: Resilienz Analyse mittels **SPoRA** und **DPoRA**

Metrik	Design 1	Design 2
N	35	33
$R(t = 8760 \text{ h})$	0,87159	0,86605
A_i	0,99999	0,99999
A_o	0,99983	0,99986
$SPoF$	0	0
$DPoF$	87	82
$SPoRA^*) A_o=0,9967$	25	20
$DPoRA^*) A_o=0,9967$	507	442

Antworten:

1. Design 2 ist signifikant resilienter als Design 1.
2. Design 2 ist Leben-Zyklus-Kosten effizienter auf Grund weniger Teilsystemen.



Zusammenfassung

- **Zuverlässigkeit** und **Verfügbarkeit allein** sind **nicht ausreichend**, um verschiedene Designs umfassend zu vergleichen.
- Die Kenntnis der **Fehlertoleranz *SPoF*** und ***DPoF*** ist Voraussetzung für Vorhersagen zur Überlebensfähigkeit im Fall geplanter/ungeplanter Ereignisse.
- ***SPoRA*** und ***DPoRA*** ermöglichen tiefere Einblicke in Situationen, in denen **eines** oder **zwei Teilsysteme** nicht in Betrieb sind.
- Die Metriken ***SPoRA*** und ***DPoRA*** sind vorzüglich **zur Optimierung geeignet**, für RZ-Betreiber sowie für Planer und Entscheider während der Phase des Designs.
- ***SPoRA*** und ***DPoRA*** beantworten die Frage: **Wieviel Redundanz ist in welchen Systemen der Infrastruktur tatsächlich nötig?**

Mehrwert der Resilienz-Optimierung:

Die minimal komplexe Infrastruktur zum Erfüllen der Aufgabenstellung!



*) Die Metriken *SPoRA* und *DPoRA* sind Ergebnis von FuE-Projekten, erarbeitet durch Dipl.-Ing. Uwe Müller, InfraOpt GmbH und Prof. Dr.-Ing. Kai Strunz, Technische Universität Berlin, mit Unterstützung durch die Investitionsbank des Landes Brandenburg



Dipl.-Ing. Uwe Müller

CEO and owner
InfraOpt GmbH · Puschkinstr. 23 · D-14943 Luckenwalde · Germany
uwe.mueller@infraopt.eu



Prof. Dr.-Ing. Kai Strunz

Professor in the Department of Electrical Engineering and Computer Science
Technische Universität Berlin · D-10623 Berlin · Germany
kai.strunz@tu-berlin.de



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.



Akronyme

- A_i Inherent availability
- A_o Operational availability
- DAkKS Deutsche Akkreditierungsstelle GmbH
- DCI Data center infrastructure
- $DPoF$ Double point of failure
- $DPoRA$ Double point of reduced availability
- EN European standard
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ibmu.de Ingenieurgesellschaft für technische Beratung, Medien und Systeme mbH
- IET Institution of Engineering and Technology
- 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
- $SPoRA$ Single point of reduced availability