Kann man Resilienz sichtbar/vergleichbar machen?

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

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

InfraOpt®

Resilienz (resilience)

… und das Thema ist (endlich) **erledigt ?**

Resilienz von **Data Center Infrastrukturen**

Resilienz steht Synonym für:

- Belastbarkeit
- Widerstandsfähigkeit
- Stabilität
- Elastizität
- **Ausfallsicherheit** (DIN EN 50600)

Fähigkeiten

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

„… zum **Vorhersagen**, **Neutralisieren**, **Anpassen** und/oder zum schnellen **Wiederherstellen** …“ (IEEE)

Voraussetzungen zur Ermittlung der Resilienz?

1. Metriken
- Vorhersagen
- Neutralisieren
- Anpassen
- Wiederherstellen

2. Modell
- Zielfunktion der Infrastruktur
- Integrales Modell der Infrastruktur

3. Verfahren
- Boolesche Algebra
- Zuverlässigkeits-blockdiagramme

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.**

InfraOpt®

Etablierte **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	$A_a = \frac{(8760\ h - Ausfallzeit)}{8760\ h}$	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.

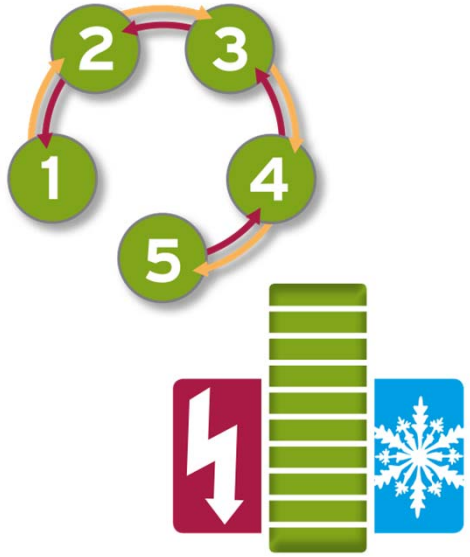
Etablierte **Metriken** der **Fehlertoleranz**

Single Point of **Failure**	$\lvert SPoF \rvert$	**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**	$\lvert DPoF \rvert$	**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.

InfraOpt®

InfraOpt **Analyseprozess** in fünf Schritten

1. **Rezeption des DCI-Designs**
2. **Boolesche Modellierung**
3. **Datenverknüpfung**
4. **Berechnung**
5. **Zielorientierte Optimierungen**



www.infraopt.eu

Praxiserprobt: Automotive, Colocation, Industrie, Telekommunikation …

Beispiel: **Resilienz Analyse**

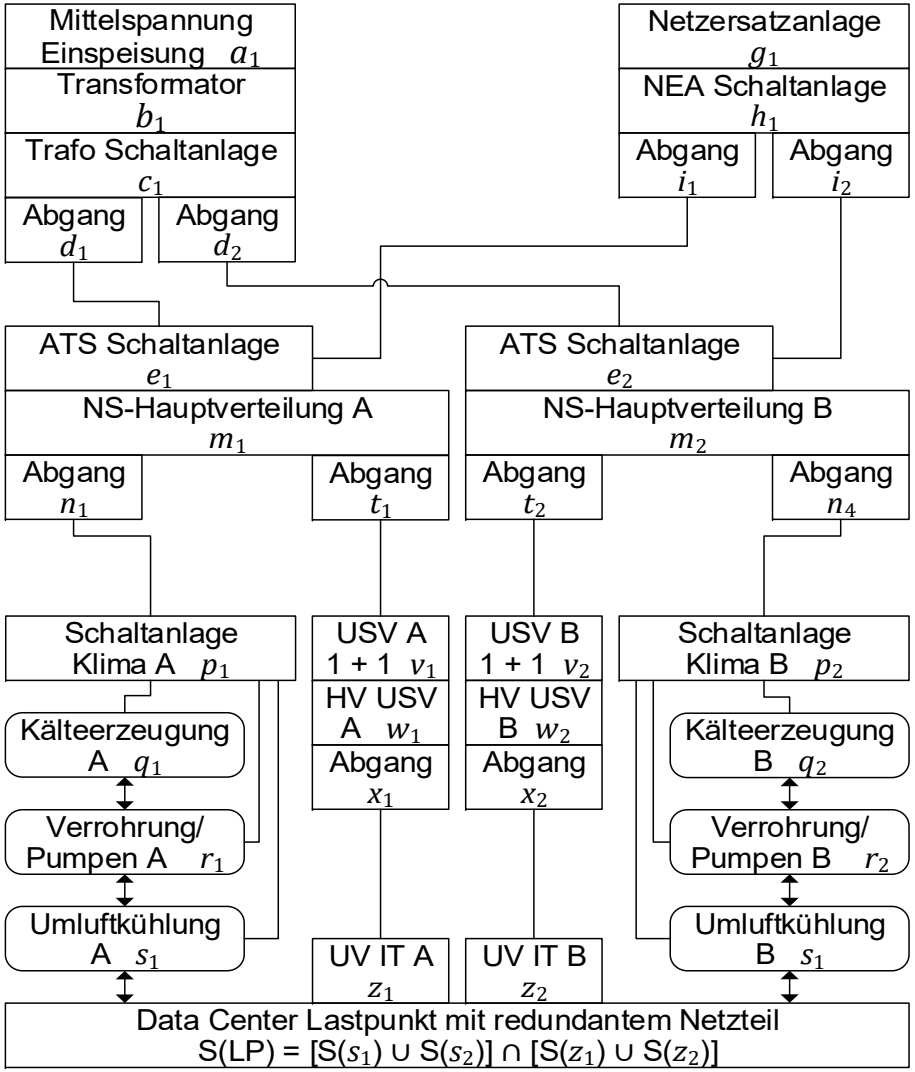
Symmetrisches Design 1

Eigenschaften:

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

Legende:

$a_i \ldots z_i$: Subsystem-Daten aus IEEE Std 493-2007
LP: Lastpunkt
S(x): Systemerfolg von x
ATS: Automatische Umschalteinrichtung
USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung
1+1: 1 von 2 redundante USV Systeme



Beispiel: **Resilienz Analyse**

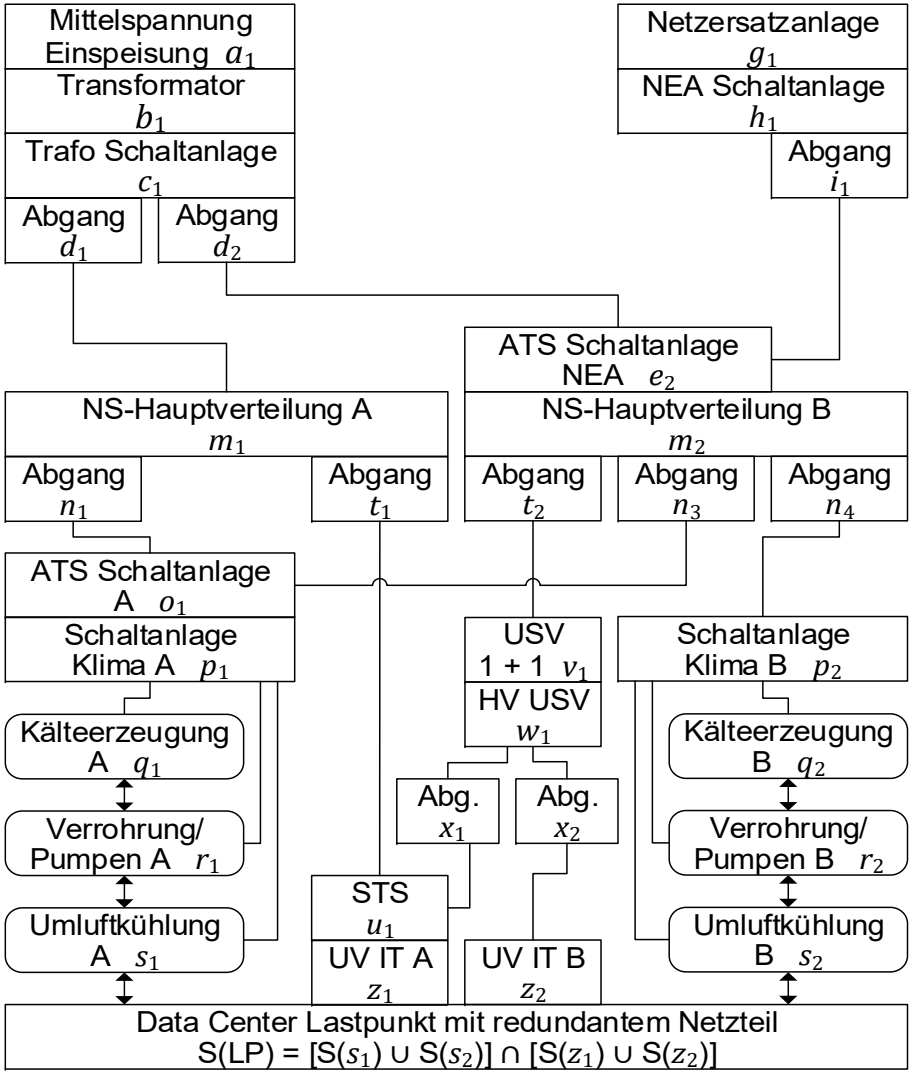
Asymmetrisches Design 2

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 Umschalteinrichtung
STS: Statischer Transferschalter
USV: Unterbrechungsfreie Stromversorgung
1+1: 1 von 2 redundante USV Systeme



Beispiel: **Resilienz Analyse**

Metrik	Design 1	Design 2
N	35	**33**
***R*(*t* = 8760 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?

Etablierte **Metriken** der **Fehlertoleranz**

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

Beispiel: **Resilienz Analyse**

Metrik	Design 1	Design 2
N	35	**33**
***R*(*t* = 8760 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!**

InfraOpt®

InfraOpt®

Präventives Risikomanagement für **resiliente Data Center Infrastrukturen.**

*) 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

Investition in **Ihre** Zukunft!
EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für Regionale Entwicklung
www.efre.brandenburg.de

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

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
- 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