Fachtagung Risikoanalyse Informationssicherheit

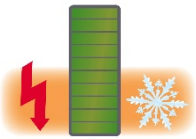
13.-14.07.2015 BERLIN

Dipl.-Ing. Uwe Müller
ibmu.de GmbH

Risikoanalyse von Rechenzentren I

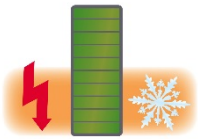
Berechnungen & Designvergleich

Risikoanalyse von Rechenzentren II
Fachtagung am 14. Juli 2015 – Berechnung & Designvergleich



1. **Einführung**
   - Fragestellungen zur numerischen Analyse
   - Normativer Rahmen
2. **Berechnungsbeispiel**
   - Aufgabenstellung
   - Methodik der Verlässlichkeitsanalyse mittels InfraOpt
3. **Designvergleich**
   - Berechnete Metriken
   - Gegenüberstellung verschiedener Redundanzkonzepte

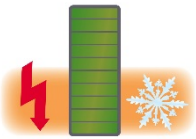
1.1 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Motivation zur numerischen Analyse



- Welche **Verfügbarkeit** und welche **Zuverlässigkeit** wird erwartet?
- Was müssen **Wartungs-** und **Servicepläne** (SLA) fordern?
- In welche **technischen Lösungen** ist es ratsam zu investieren?
- Wie sind **Mehrinvestitionen** zu bergründen?
- Welche **Effizienzziele** sind zu erreicht?
- Ist die Infrastruktur während der **Umbaumaßnahme** verlässlich?
- Sind **vorgefertigte Lösung** die bessere Wahl?
- Wie ist fortlaufende **Zuverlässigkeitsbewertung** (bspw. für ein ISMS nach DIN ISO 27001) zu realisieren?
- Was leistet das RZ verglichen mit **Richtlinien** und **Normen**?

… denn „eigentlich“ **darf** das Rechenzentrum **niemals ausfallen**!

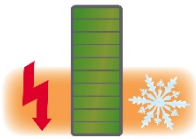
1.2 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Normativer Rahmen – Tier I bis Tier IV



Uptime Institute	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Single Points-of Failure	Many+ Human Error	Many+ Human Error	Some+ Human Error	Fire, EPO+Some Human Error
Representative Plan-ned Maintenance Shut Downs	2 Annual Events at 12 Hours Each	2 Events Over 2 Years at 12 Hours Each	**None Required**	**None Required**
Representative Site Failures	6 failures Over 5 Years	1 Failure Every Year	**1 Failure Every 2.5 Years**	**1 Failure Every 5 Years**
Annual Site-Caused End-User Downtime (based on field data)	28.8 hours	22.0 hours	1.6 hours	0.8 hours (0.4 hours)
Resulting End-User Availability on Site-Caused Downtime	99.67 %	99.75 %	99.98 %	99.99 % (99.995 %)
First Deployed	1965	1970	1985	1995

Quelle (Auszug): Uptime Institute, 2008, White Paper,
„Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“, Page 14

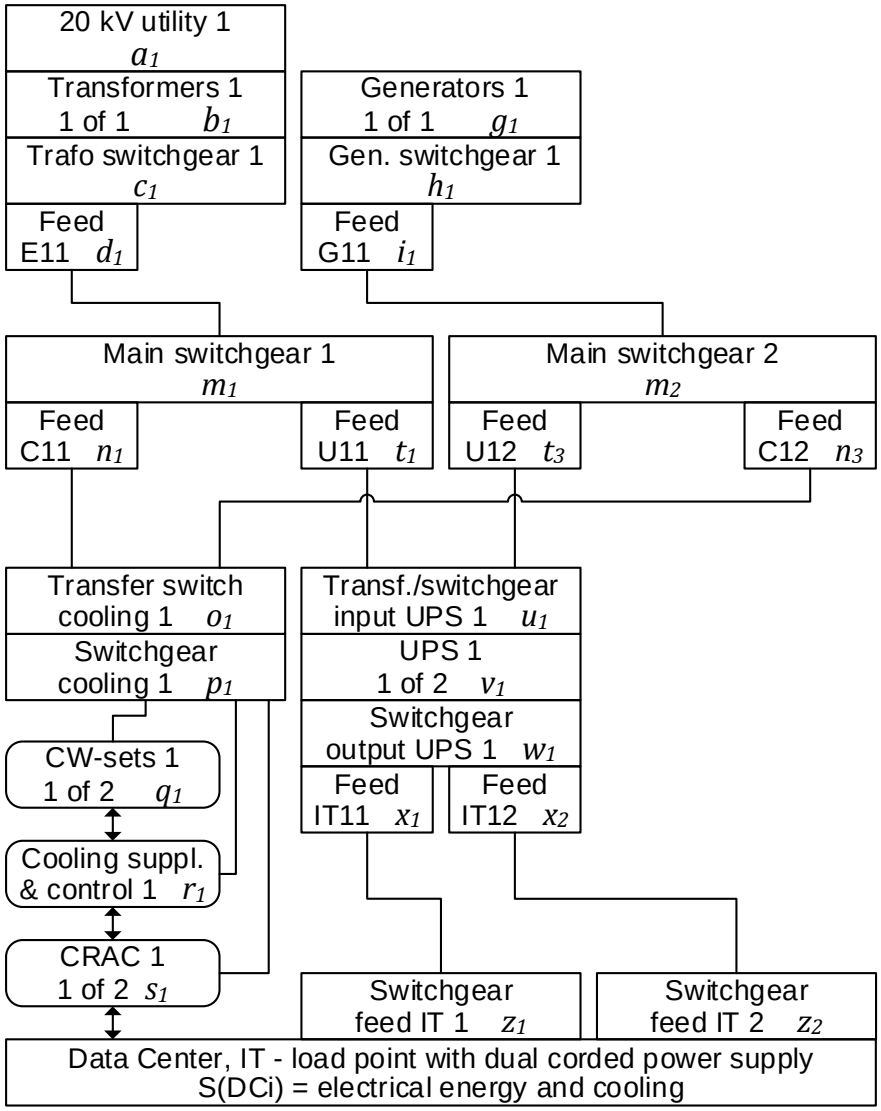
1.3 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Normativer Rahmen - DIN EN 50600 ff.



Verfügbarkeits-Klasse	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 4 erweitert
Verfügbarkeit	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	
DIN EN 50600-2-2 Stromversorgung	keine Redundanz	Komponenten Redundanz	Instandsetzung im lfd. Betrieb	Fehlertoleranz (Transferschalter)	
Versorgungs-pfade	Einer **N**	Einer **N+1**	Mehrere **2N**	Mehrere **2N**	
Notstrom (NEA)	k. A.	k. A.	k. A.	k. A.	
DIN EN 50600-2-3 Überwachung der Umgebung	-	keine Aus-fallsicherheit	Komponenten Redundanz	Instandsetzung im laufenden Betrieb	
Versorgungs-pfade	-	Einer **N**	Einer **N+1**	Einer **N+1**	Mehrere **2N**

Quelle (Auszug): DIN EN 50600-1 2013, DIN EN 50600-2-2 2014, DIN EN 50600-2-3 2015

2.1 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Berechnungsbeispiel - Aufgabenstellung



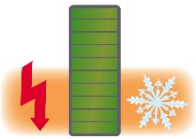
Vergleiche Varianten **N+1 / 2N**:

1) N_E+1 Elektroenergieversorgung
   N_C+1 Kälteversorgung
2) $2N_E$ Elektroenergieversorgung
   N_C+1 Kälteversorgung
3) N_E+1 Elektroenergieversorgung
   $2N_C$ Kälteversorgung

Verlässlichkeitsanalyse:

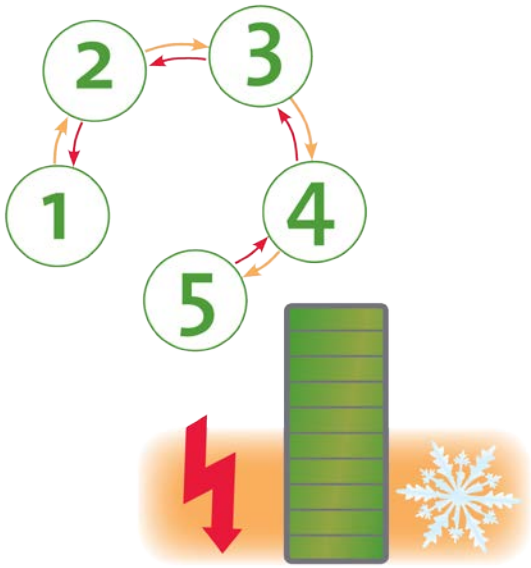
- Zuverlässigkeit **R(t)**
- Inhärente Verfügbarkeit $\mathbf{A_i}$
- Operationale Verfügbarkeit $\mathbf{A_o}$
- **1-** und **2-Fehlertoleranz**

2.2 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Methodik der Verlässlichkeitsanalyse mittels InfraOpt®



Fünf Schritte zur Optimierungsvariante**:**

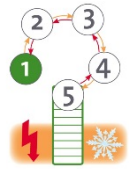
1. **Überführung** der Infrastruktur in ein integrales Zuverlässigkeitsschema
2. **Modellierung** der RZ-Infrastruktur in InfraOpt®
3. **Aufbereitung** der Zuverlässigkeitsdaten
4. **Berechnung** Zuverlässigkeit und Verfügbarkeiten
5. **1- und 2-Fehlersimulation** über alle Teilsysteme

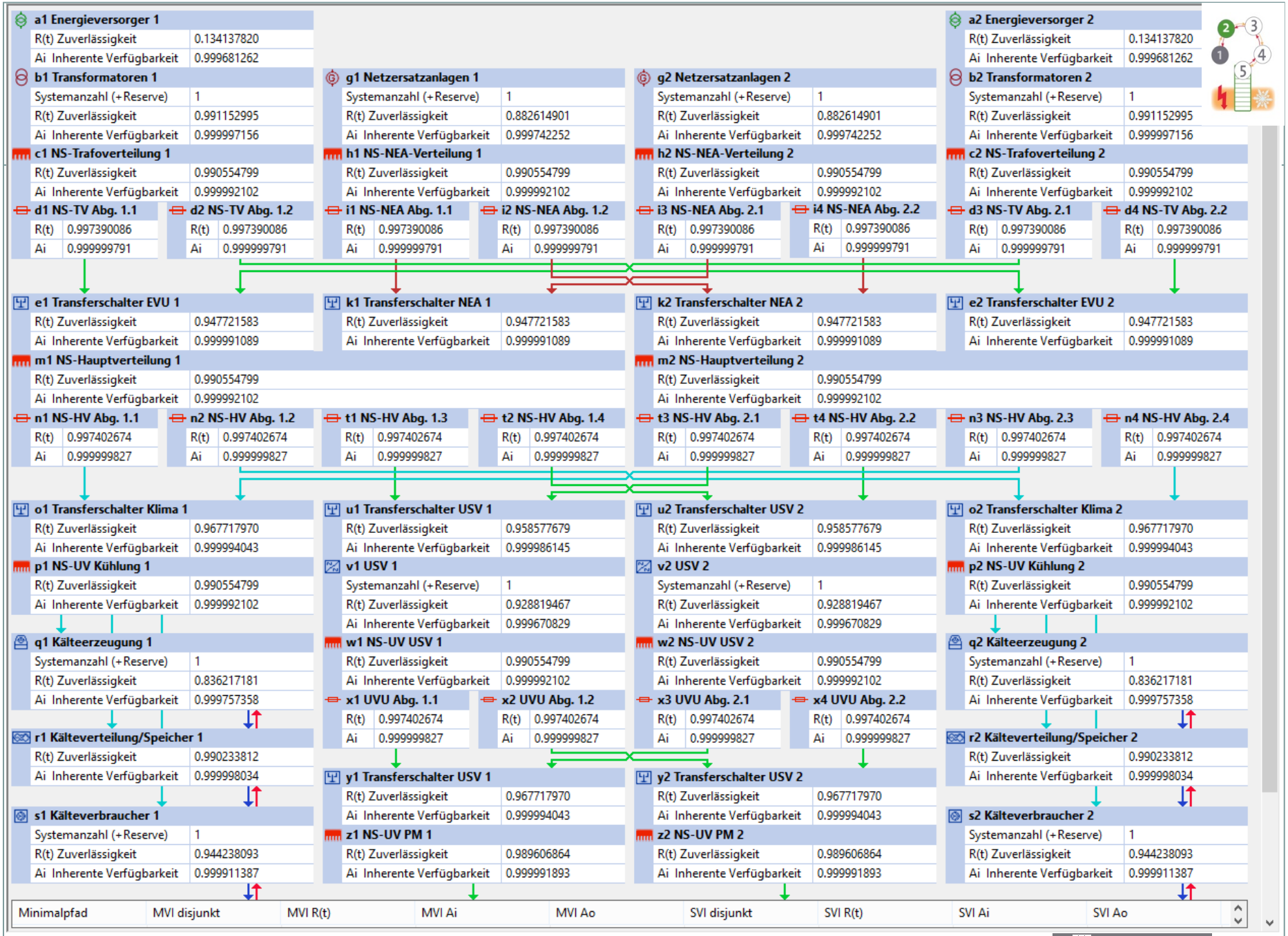


Ziel des Optimierungsprozesses**:**

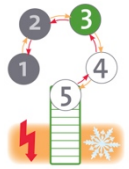
Maximierung Verlässlichkeit ⟺ Minimierung Lebenszykluskosten

2.3 Risikoanalyse von RZ's II
Integrales RZ-Infrastruktur-Modell




a1 Energieversorger 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.134137820
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999681262
a2 Energieversorger 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.134137820
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999681262
b1 Transformatoren 1
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.991152995
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999997156
g1 Netzersatzanlagen 1
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.882614901
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999742252
g2 Netzersatzanlagen 2
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.882614901
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999742252
b2 Transformatoren 2
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.991152995
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999997156
c1 NS-Trafoverteilung 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
h1 NS-NEA-Verteilung 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
h2 NS-NEA-Verteilung 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
c2 NS-Trafoverteilung 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
d1 NS-TV Abg. 1.1
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
d2 NS-TV Abg. 1.2
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
i1 NS-NEA Abg. 1.1
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
i2 NS-NEA Abg. 1.2
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
i3 NS-NEA Abg. 2.1
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
i4 NS-NEA Abg. 2.2
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
d3 NS-TV Abg. 2.1
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
d4 NS-TV Abg. 2.2
R(t) 0.997390086
Ai 0.999999791
e1 Transferschalter EVU 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.947721583
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991089
k1 Transferschalter NEA 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.947721583
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991089
k2 Transferschalter NEA 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.947721583
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991089
e2 Transferschalter EVU 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.947721583
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991089
m1 NS-Hauptverteilung 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
m2 NS-Hauptverteilung 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
n1 NS-HV Abg. 1.1
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
n2 NS-HV Abg. 1.2
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
t1 NS-HV Abg. 1.3
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
t2 NS-HV Abg. 1.4
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
t3 NS-HV Abg. 2.1
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
t4 NS-HV Abg. 2.2
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
n3 NS-HV Abg. 2.3
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
n4 NS-HV Abg. 2.4
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
o1 Transferschalter Klima 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.967717970
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999994043
u1 Transferschalter USV 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.958577679
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999986145
u2 Transferschalter USV 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.958577679
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999986145
o2 Transferschalter Klima 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.967717970
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999994043
p1 NS-UV Kühlung 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
v1 USV 1
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.928819467
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999670829
v2 USV 2
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.928819467
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999670829
p2 NS-UV Kühlung 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
q1 Kälteerzeugung 1
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.836217181
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999757358
w1 NS-UV USV 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
w2 NS-UV USV 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990554799
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999992102
q2 Kälteerzeugung 2
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.836217181
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999757358
x1 UVU Abg. 1.1
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
x2 UVU Abg. 1.2
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
x3 UVU Abg. 2.1
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
x4 UVU Abg. 2.2
R(t) 0.997402674
Ai 0.999999827
r1 Kälteverteilung/Speicher 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.990233812
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999998034
r2 Kälteverteilung/Speicher 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.990233812
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999998034
y1 Transferschalter USV 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.967717970
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999994043
y2 Transferschalter USV 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.967717970
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999994043
s1 Kälteverbraucher 1
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.944238093
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999911387
z1 NS-UV PM 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.989606864
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991893
z2 NS-UV PM 2
R(t) Zuverlässigkeit 0.989606864
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999991893
s2 Kälteverbraucher 2
Systemanzahl (+Reserve) 1
R(t) Zuverlässigkeit 0.944238093
Ai Inherente Verfügbarkeit 0.999911387
Minimalpfad
MVI disjunkt
MVI R(t)
MVI Ai
MVI Ao
SVI disjunkt
SVI R(t)
SVI Ai
SVI Ao

2.4 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Zuverlässigkeitsdaten für Teilsysteme und Datenquellen



- **Aufbereiten** aller **Teilsysteme** des Zuverlässigkeitsmodells in InfraOpt®
  - Ein Teilsystem kann beliebig viele Komponenten enthalten
  - Je Komponente kann das Alter festgelegt werden
  - Redundante Komponenten sind möglich
  - Komponentenattribute werden unterstützt (z. B. Kabellänge)
  - Beliebig redundante Teilsysteme sind möglich
- **Einpflege** und **Zuordnung** von **Zuverlässigkeitsdaten** aus folgenden möglichen Quellen:
  - statistische Erhebungen des Rechenzentrums-Betreibers
  - Zuverlässigkeitsdaten von Herstellern
  - Reaktionszeiten von Zulieferern und Dienstleistern
  - Zuverlässigkeitsdaten aus IEEE Std. 493-2007

Verlässlichkeit des System - q1 Kälteerzeugung 1

q1 Kälteerzeugung 1

Typ	Quelle	R(t)	Ai	Ao	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	Länge /m	Betrieb /h	Anz. n(+m)
Leistungsschalter; 600 V; Einschubt...	IEEE Std 493-2007 gold Book (69)	0.994461784	0.999999894	0.999954308	4732057.80...	0.500000	32411.0000	1.481000		26280	1
Kabel; überirdisch; kein Rohr; ≤ 60...	IEEE Std 493-2007 gold Book (20)	0.999940860	0.999999994	0.999999984	72896904.0...	2.500000	816772.0000	0.078000	50.0	26280	1
Kabelverbindung	IEEE Std 493-2007 gold Book (29)	0.997777624	0.999999937	0.999999937	23624073.0...	0.750000	23624073.0...	0.750000		26280	2
Kühler; Kolbenverdichter; geschlos...	IEEE Std 493-2007 gold Book (56)	0.681336910	0.999809501	0.998736758	68491.3000	13.050000	1314.0000	1.662000		26280	1
Steuereinheit; für Kompressoren, K...	IEEE Std 493-2007 gold Book (129)	0.999546428	1.000000000	0.999982208	57926964.7...	0.000000	58733.0000	1.045000		26280	1
Schaltanlage; isolierte Sammelschi...	IEEE Std 493-2007 gold Book (195)	0.988716986	0.999996546	0.999696325	2316000.00...	8.000000	2548.0000	0.774000		26280	1
Filtersieb; Kühlmittel	IEEE Std 493-2007 gold Book (177)	0.996588939	1.000000000	0.999333914	7691200.00...	0.000000	2444.0000	1.629000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Überdruckventil	IEEE Std 493-2007 gold Book (235)	0.996018730	0.999999696	0.999994751	6587760.00...	2.000000	36196.0000	0.190000		26280	1
Tank; Wasser	IEEE Std 493-2007 gold Book (199)	0.989171120	0.999999793	0.999989526	2413680.00...	0.500000	12221.0000	0.128000		26280	1
Pumpe; zentrifugal; integrierter An...	IEEE Std 493-2007 gold Book (163)	0.977713987	0.999993654	0.999897372	1166025.60...	7.400000	5836.0000	0.599000		26280	1
Ventil; 3-Wege; Mischungsregelung	IEEE Std 493-2007 gold Book (237)	0.998713181	1.000000000	0.999980695	20409317.6...	0.000000	52836.0000	1.020000		26280	1
Ventilantrieb; elektrisch	IEEE Std 493-2007 gold Book (229)	0.970767486	0.999979206	0.999934106	885794.0000	18.420000	21245.0000	1.400000		26280	1
Wärmetauscher; Wasser zu Wasser	IEEE Std 493-2007 gold Book (124)	0.988434959	1.000000000	0.999862264	2259200.00...	0.000000	392.0000	0.054000		26280	1
Ventil; 3-Wege; Mischungsregelung	IEEE Std 493-2007 gold Book (237)	0.998713181	1.000000000	0.999980695	20409317.6...	0.000000	52836.0000	1.020000		26280	1
Ventilantrieb; elektrisch	IEEE Std 493-2007 gold Book (229)	0.970767486	0.999979206	0.999934106	885794.0000	18.420000	21245.0000	1.400000		26280	1
Pumpe; zentrifugal; integrierter An...	IEEE Std 493-2007 gold Book (163)	0.977713987	0.999993654	0.999897372	1166025.60...	7.400000	5836.0000	0.599000		26280	1
Verrohrung; Wasser; > 10,16 ≤ 20,3...	IEEE Std 493-2007 gold Book (156)	0.994321376	1.000000000	1.000000000	4614729.40...	0.000000	0.0000	0.000000		26280	1
Filtersieb; Wasser; > 10,16 cm	IEEE Std 493-2007 gold Book (176)	0.997245736	1.000000000	0.999506093	9528423.50...	0.000000	6411.0000	3.168000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1

Komponente

Hinzufügen | Ändern | aufwärts
Entfernen | Duplizieren | abwärts
Leeren | Vorhandenes System kopieren

Verlässlichkeit Einzelsystem

Zuverlässigkeit R(t): 0.576365406
Verfügbarkeit inhärent Ai: 0.999751093
Verfügbarkeit operativ Ao: 0.996681613

Redundanzkonfiguration

Teilsystemzahl n(+m): 1+1
Ersatzsystem vorhanden: ☑
Identische Systeme gesamt: 2

Verlässlichkeit des Systems

Zuverlässigkeit R(t): 0.820533731
Verfügbarkeit inhärent Ai: 0.999999938
Verfügbarkeit operativ Ao: 0.999988988

Systemfunktion

◉ Normalbetrieb
○ abgeschaltet und inaktiv
○ entfernt und überbrückt

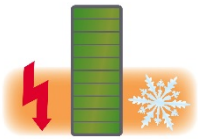
Boolsches Modell

2 (P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26)^1 - 1 (P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P1·

Manuelle Dateneingabe: ☐

Übernehmen | Abbrechen

3.1 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Praktische Interpretation der berechneten Metriken



- **Zuverlässigkeit** (Reliability)**:** **$R(t) = e^{-1/MTBF * t}$** als Wahrscheinlichkeitsmaß
  - Strukturdesign (Tier, Kategorie), Redundanzen (x*N, y*M)
  - Komponenten (MTBF), Betriebsdauer etc.

  ➥ **Wann** und in **welche Teilsysteme** ist zu **investieren** (Alterung)

- **Inhärente Verfügbarkeit:** **$A_i = MTBF / (MTBF + MTTR)$**
  - MTBF: Mittlere Zeit zwischen zwei Fehlern
  - MTTR: Mittlere Zeit zur Reparatur

  ➥ **Welche Servicelevel sind notwendig, was ist zu bevorraten**

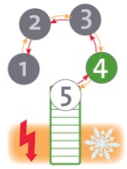
- **Operationale Verfügbarkeit:** **$A_o = MTBM / (MTBM + MDT)$**
  - MTBM: Mittlere Zeit zwischen zwei Instandsetzungen
  - MDT: Mittlere Zeit der Nichtverfügbarkeit

  ➥ **Funktionieren** die **Managementsysteme** (Qualifikation, Sicherheit)

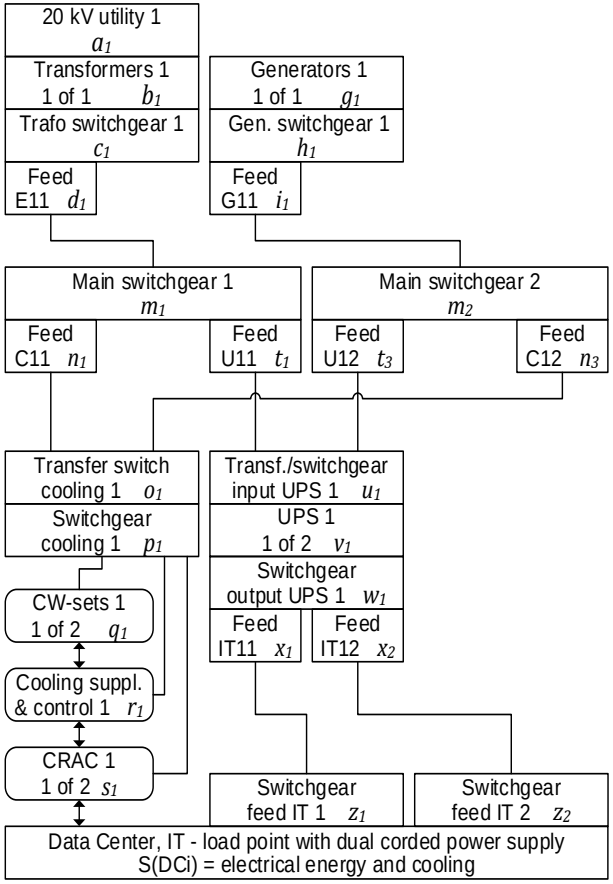
- Simulation **1-** und **2-Fehlerkombinationen** aller Teilsysteme, identifizieren der **S**ingle **P**oints **o**f **F**ailure (SPoF) und **D**ouble **P**oints **o**f **F**ailure (DPoF)

  ➥ **Vorhersage** der **Reaktion** auf **geplante** bzw. **nicht geplante Ereignissen**

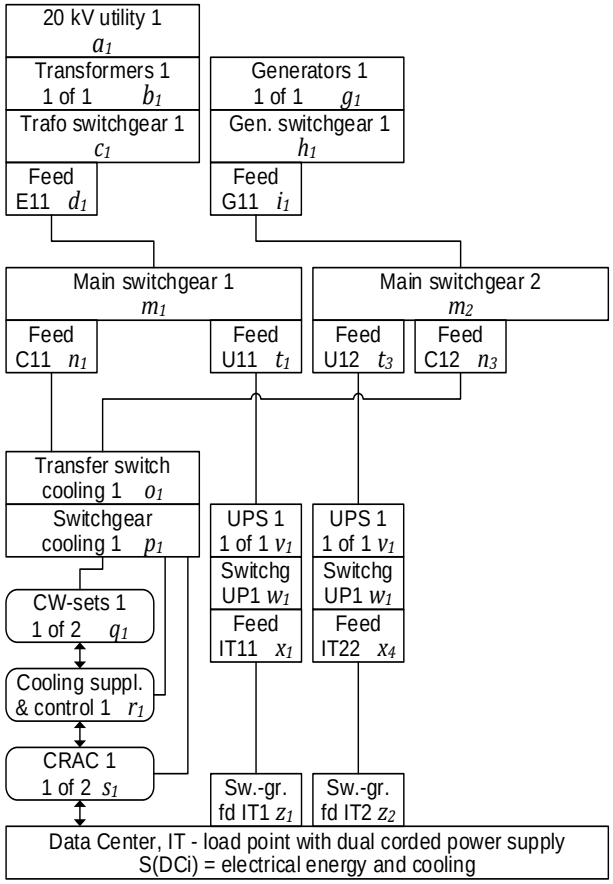
3.2 Infrastrukturdesign und Betrieb
Variantenvergleich verschiedener Redundanzkonzepte



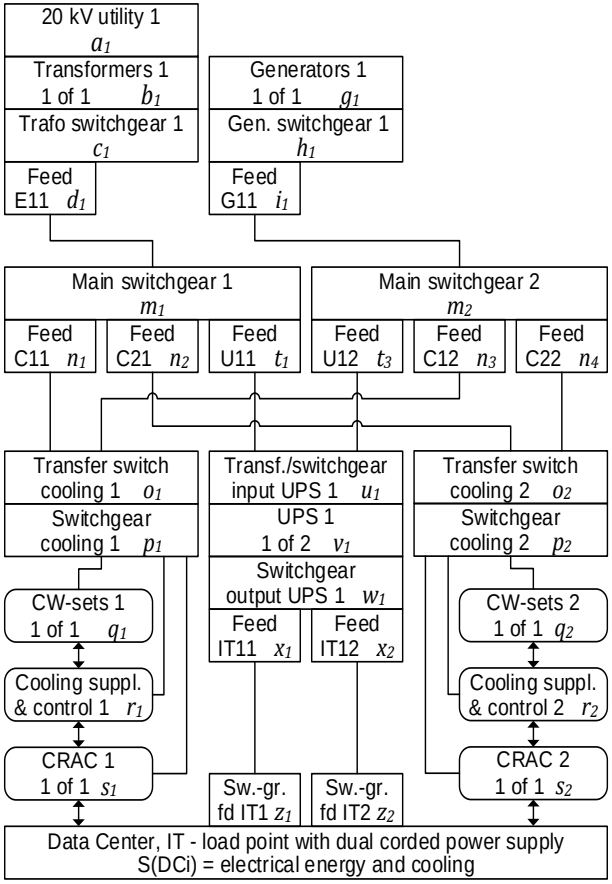
Design 1 (N_E+1, N_C+1)



Design 2 ($2N_E$, N_C+1)



Design 3 (N_E+1, $2N_C$)



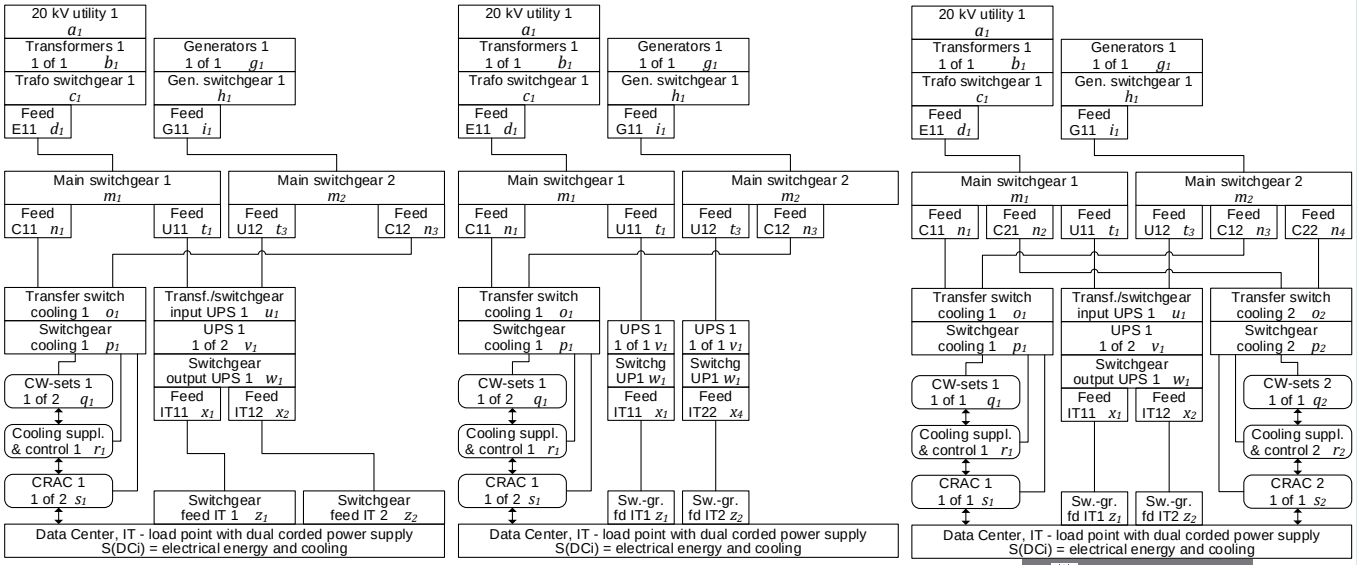
Komponentendaten aus IEEE Std. 493-2007, Annex Q

3.3 Risikoanalyse von Rechenzentren II

Ergebnisse des Variantenvergleichs mittels InfraOpt®

Variantenvergleich	Design 1	Design 2	Design 3
Anzahl Teilsysteme **N**	**25** (N_E+1, N_C+1)	26 (2N_E, N_C+1)	32 (N_E+1, 2N_C)
Zuverlässigkeit **R**(1Jahr)	0,82629	**0,83885**	0,83733
Inhär. Verfügbarkeit $\mathbf{A_i}$	0,99996	**0,99998**	**0,99998**
Oper. Verfügbarkeit $\mathbf{A_o}$	0,99261	0,99392	**0,99854**
Single **P**oints **o**f **F**ailure	5/25 (20 %)	3/26 (12 %)	**2**/32 (6 %)
Double **P**oints **o**f **F**ailure	146/300 (49 %)	156/325 (48 %)	**120**/496 (24 %)

Design (**2N_E, 2N_C**) **ohne SPoF** hier nicht betrachtet!

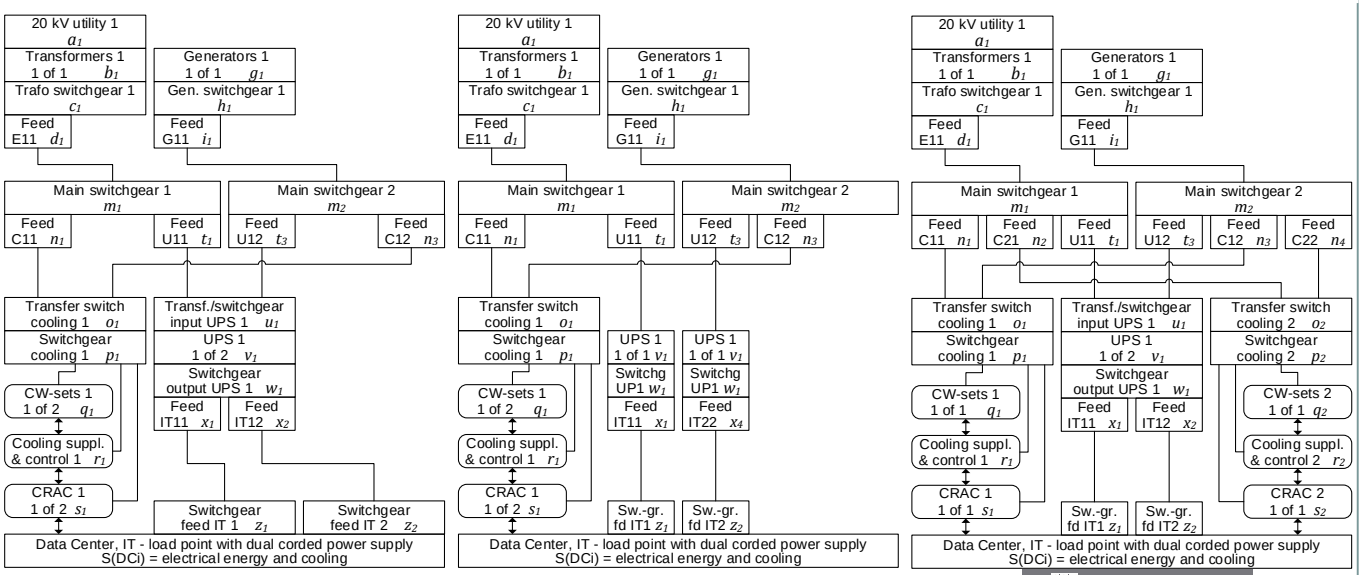


3.4 Risikoanalyse von Rechenzentren II

Operationale Verfügbarkeit vs. Normen und Richtlinien

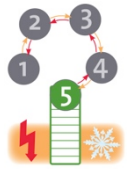
Einteilung nach $\mathbf{A_o}$	99,261 %	99,392 %	**99,854 %**
Uptime Institute	Schlechter Tier 1	Schlechter Tier 1	Tier 3
BSI Verfügbarkeitsklasse	Schlechter VK 0	Schlechter VK 0	knapp VK 2
BITKOM Kategorie	Schlechter als A	Schlechter als A	Kategorie A
DIN EN 50600 ff.	k. A.	k. A.	k. A.
Einteilung nach DIN EN 50600 ff. **Redundanz**	VK 2	VK 3	VK 2

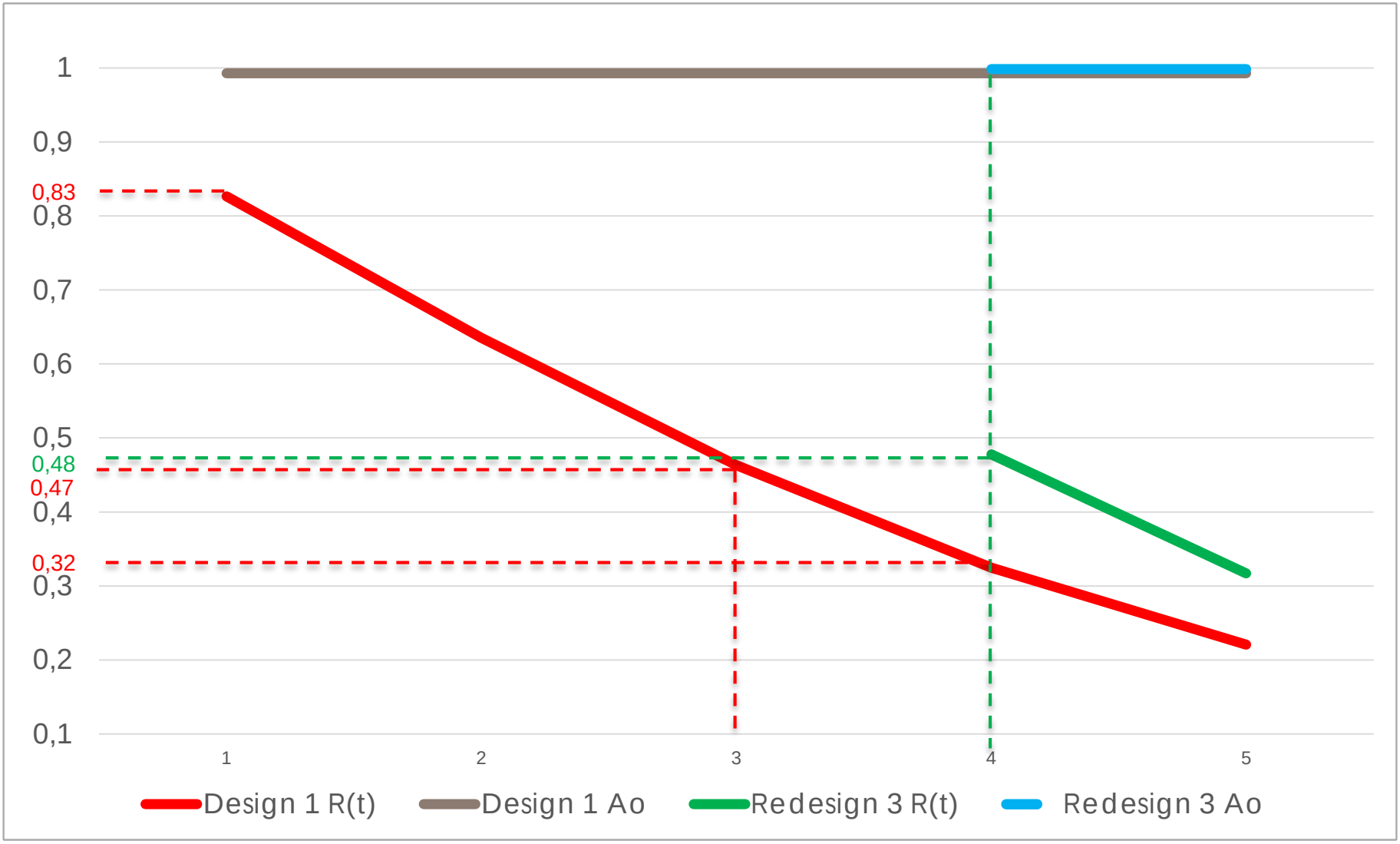
Design (**$2N_E$, $2N_C$**) **ohne SPoF** hier nicht betrachtet!



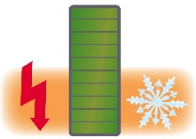
3.5 Risikoanalyse von Rechenzentren II

Zuverlässigkeit Design 1: 1…5 Jahre & Design 3: 4…5 Jahre



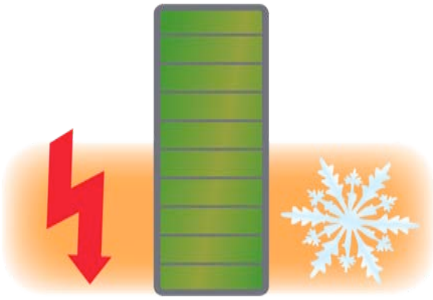


3.6 Risikoanalyse von Rechenzentren II
InfraOpt® - Methodik zur Analyse und Optimierung

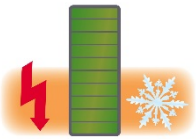


Vorhersage der Reaktion der Rechenzentrums-Infrastruktur auf **geplante** bzw. **nicht geplante Ereignissen -** auf der Grundlage numerischer **Metriken**.

- Vergleich verschiedener **Tier-Designs** / **Kategorien** / **Verfügbarkeitsklassen**
- Vergleich **beliebiger Redundanzanordnungen** (2N, N+1, xN+yM)
- Vergleich von Komponenten mit **unterschiedlichen MTBF** bzw. **MTTR**
- Unterstützung beim Design / Redesign:
  - **Identifizieren** von **Schwachstellen** (strukturell, Komponenten)
  - **Investitionsbegründung** gegenüber dem Management auf der Grundlage von Metriken
  - Bestimmung des „herabgesetzten **Ausfallsicherungsgrades“** nach DIN EN 50600-2-2 in **Schalt-** bzw. **Wartungssituationen**
  - Validierung von **Service-Level-Agreements**
  - Optimieren von **Wartungs-** und **Serviceplänen**
- Fortlaufende **Zuverlässigkeitsbewertung** im Rahmen eines ISMS nach DIN ISO 27001 ff.



3.7 Risikoanalyse von Rechenzentren II
Fazit



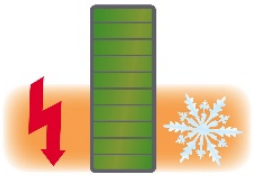
Zwei Fragen:

Wie reagiert das Rechenzentrum auf
geplante bzw. **nicht geplante Ereignissen**?

Welcher **Aufwand** ist dazu insgesamt notwendig?

Eine Antwort:

Die **Planung** und der **Betrieb** des Rechenzentrums
ist eine fortlaufende **Optimierungsaufgabe,**
es gilt das **Maximum** der **Verlässlichkeit**
bei einem **Minimum** der **Lebenszykluskosten**
zu erreichen.



ibmu.de®

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Uwe Müller

Geschäftsführender Gesellschafter

ibmu.de® Ingenieurgesellschaft für technische Beratung, Medien und Systeme mbH