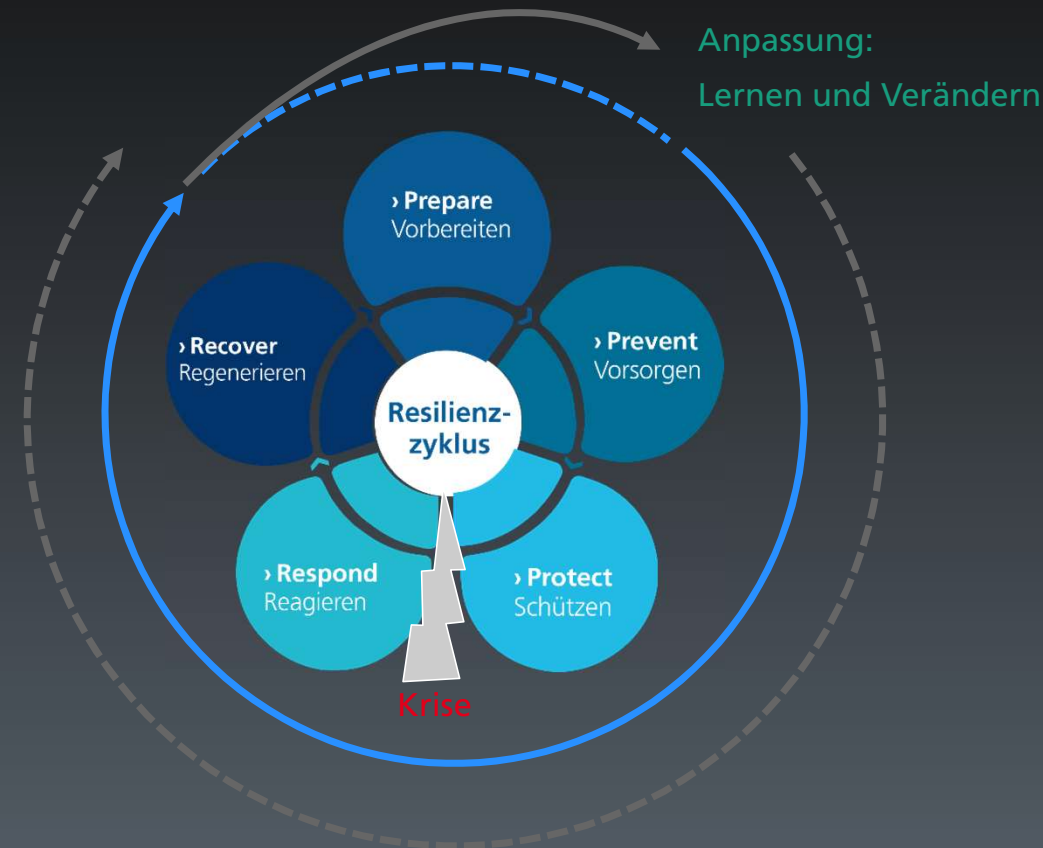


Ein systematischer Ansatz für Resilienz: Von der Tätigkeit zur Wirksamkeit

Prof. Dr.-Ing. Alexander Stolz

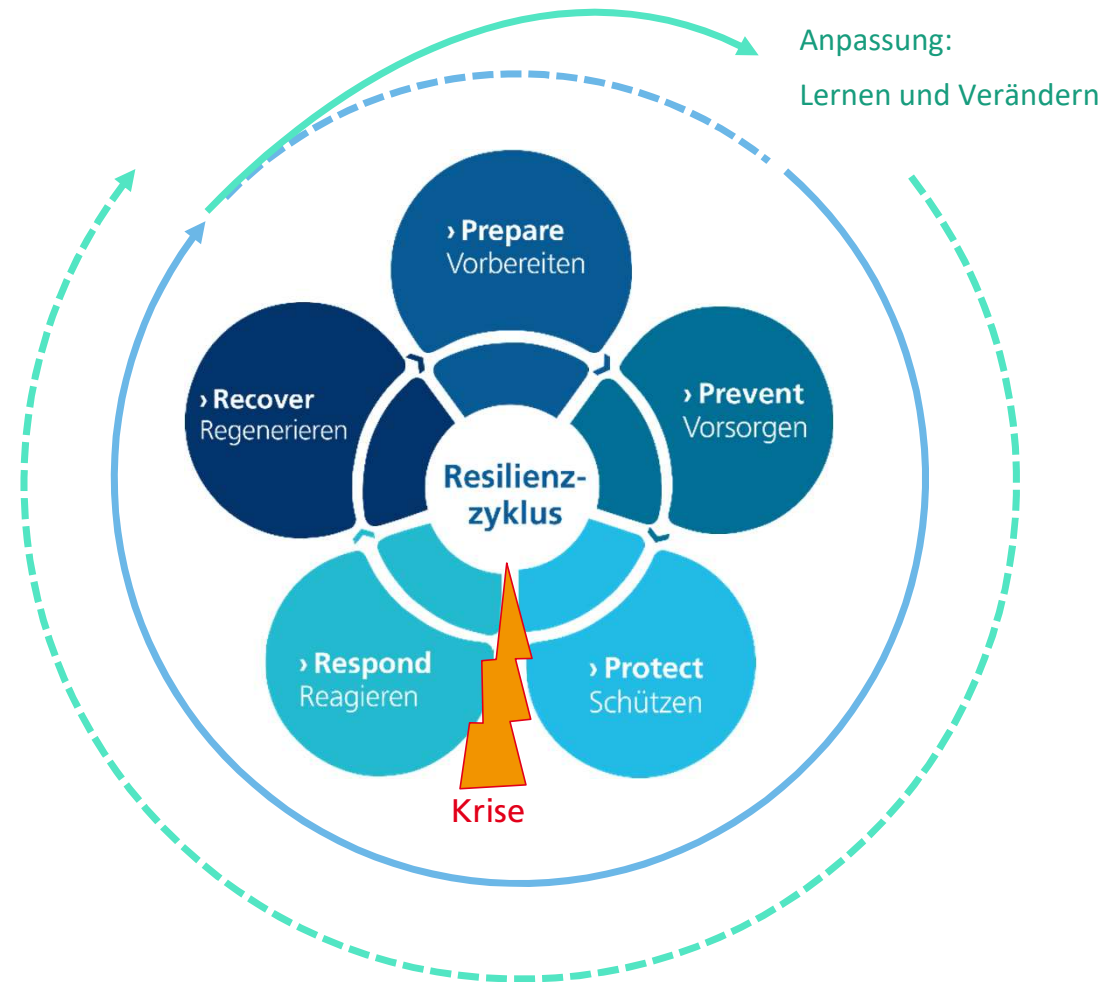
Workshop: Resilienz im Cyberraum
IU Internationale Hochschule
20.03.2026



Resilienz und Sicherheit

Resilienz ist die Fähigkeit, tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkräften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen.

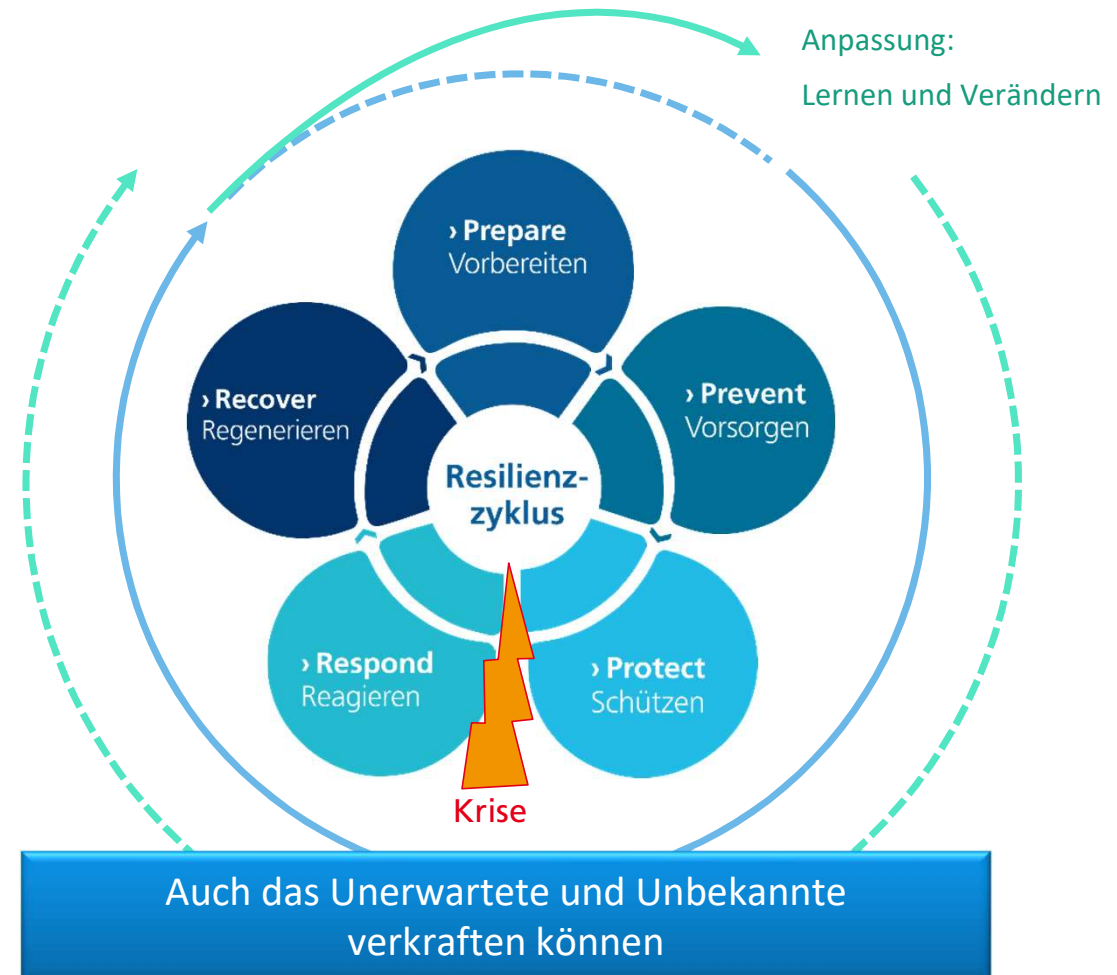
Widrige Ereignisse sind menschlich, technisch sowie natürlich verursachte Katastrophen oder Veränderungsprozesse, die katastrophale Folgen haben.



Resilienz und Sicherheit

Resilienz ist die Fähigkeit, tatsächliche oder potenziell widrige Ereignisse abzuwehren, sich darauf vorzubereiten, sie einzukalkulieren, sie zu verkräften, sich davon zu erholen und sich ihnen immer erfolgreicher anzupassen.

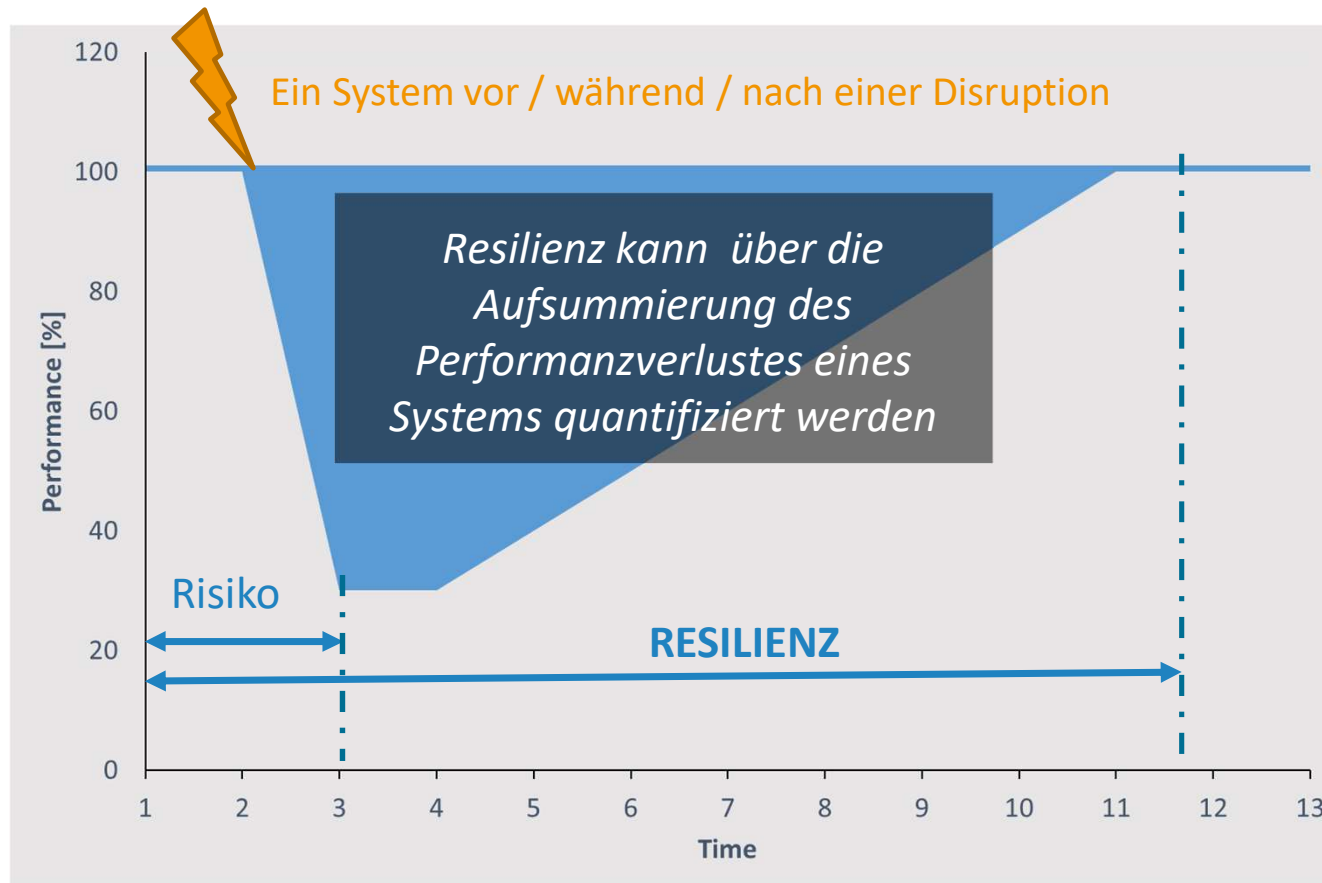
Widrige Ereignisse sind menschlich, technisch sowie natürlich verursachte Katastrophen oder Veränderungsprozesse, die katastrophale Folgen haben.



Resilienz von Was?
und
Resilienz für Wen ?



Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz



Resilienz erweitert den klassischen Sicherheitsbegriff / Risikoanalyse

Messbare Resilienz ermöglicht ein Resilience Engineering

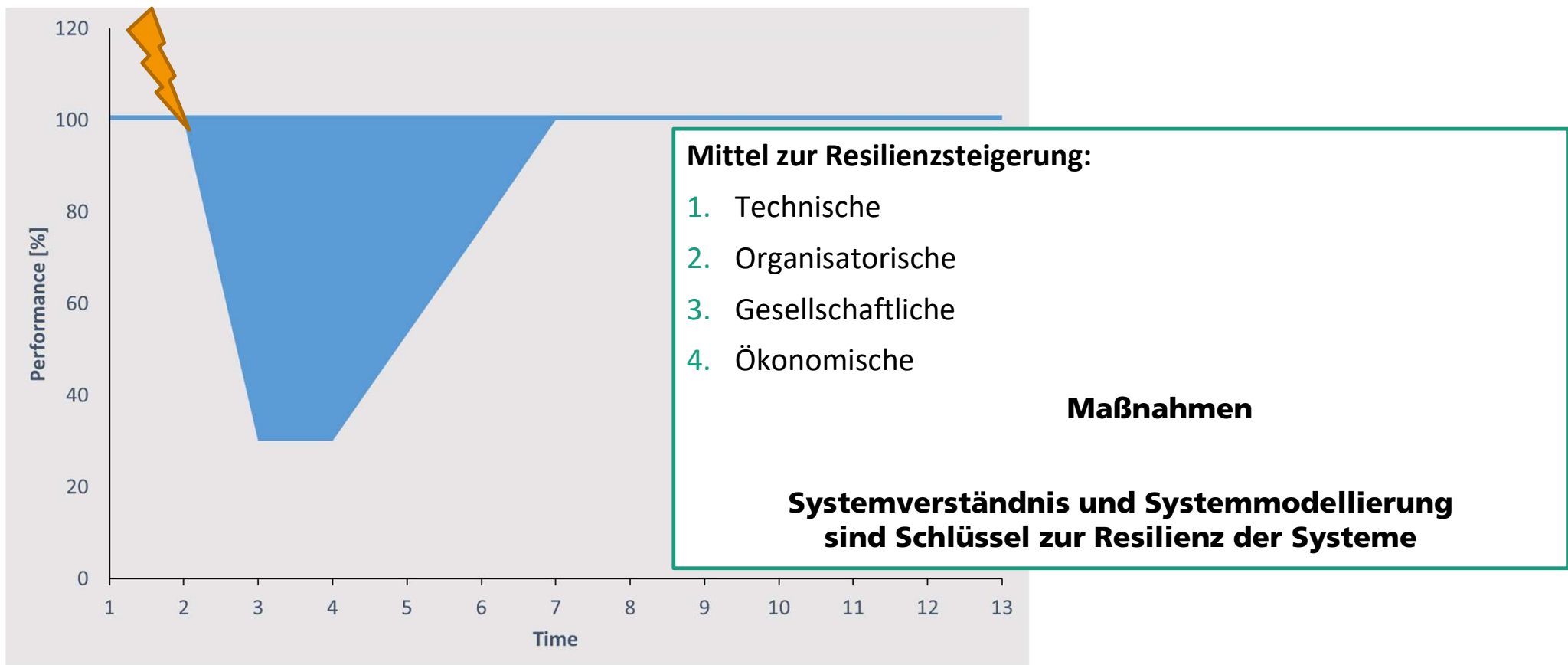
→ Fläche minimieren!

→ Optimierung durch:

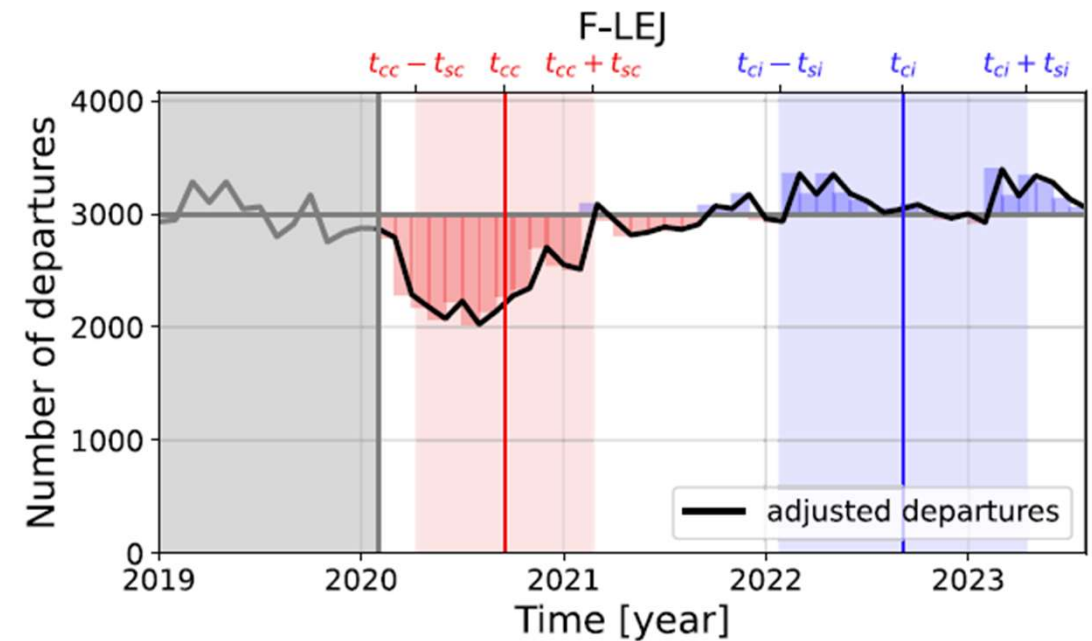
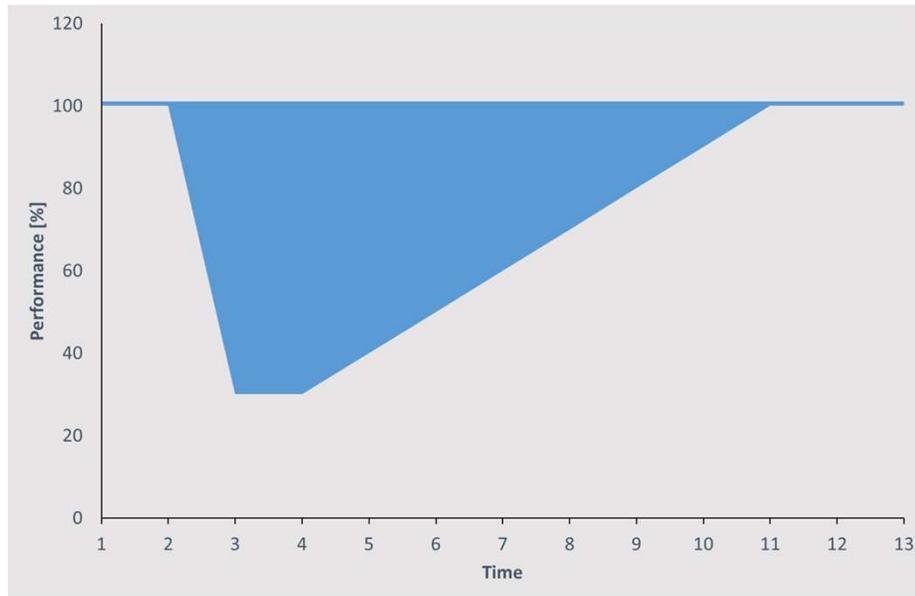
- weniger Leistungsverlust
- Schneller Regenerieren
- kein plötzlicher Abfall
- Bessere Vorbereitung und Prävention

→ geringere Fläche bedeutet geringerer Folgekosten

Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz - Resilienzsteigerung



Moderne Sicherheit bedeutet Resilienz – Messbare Resilienz



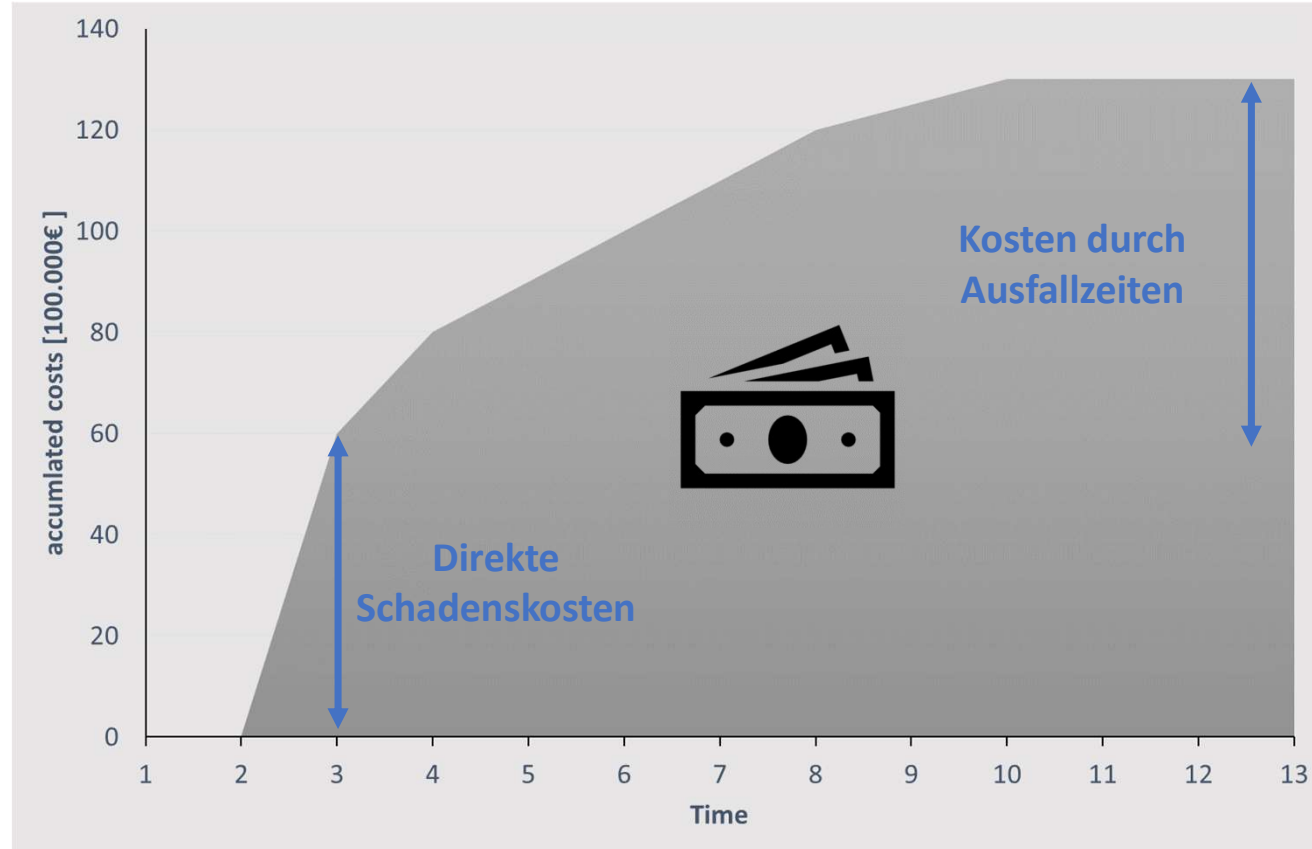
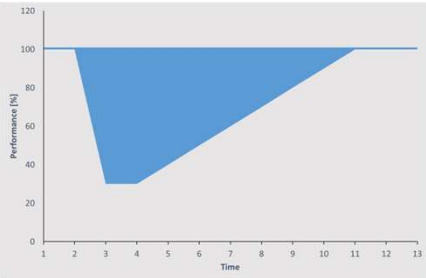
- Differenz vom idealisierten Modell und real beobachteten Daten
- Weiterentwickelte Messmodelle vorhanden → Central Crisis Moments
- wichtig ist die Messbarkeit

Ein Pfad
Richtung
effizienter
Resilienz



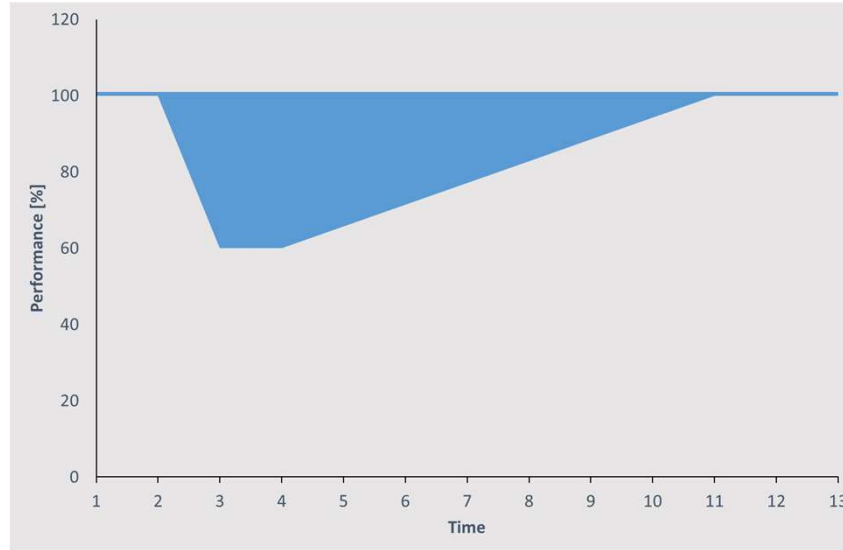
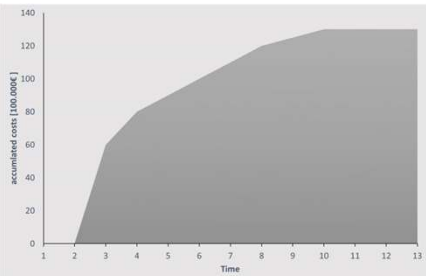
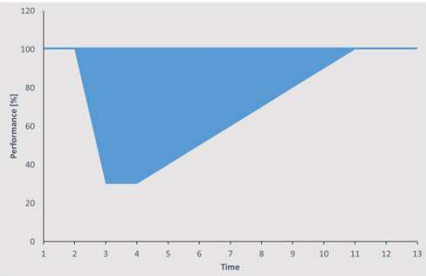
Pfad zur effizienten Resilienz

Referenz



Pfad zur effizienten Resilienz

Referenz



Resilienz Zuwachs

43%

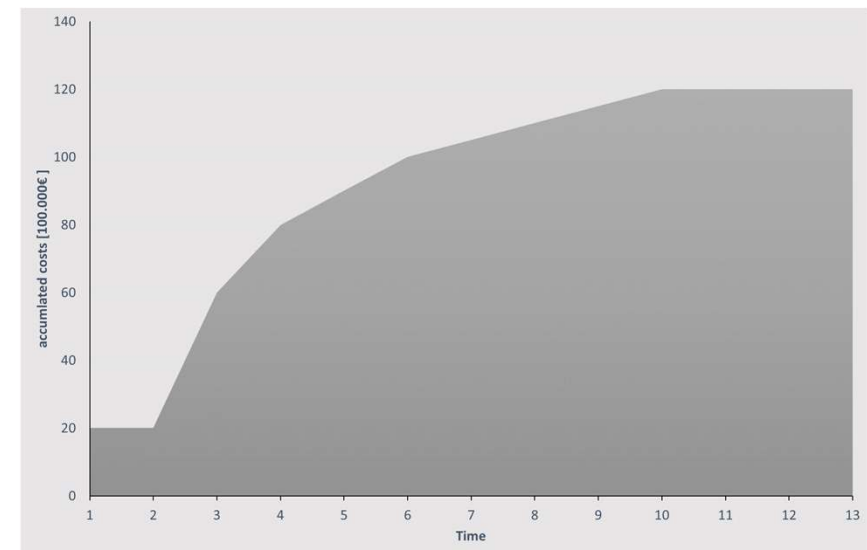


Resilienzmaßnahme:
Investition 20T €



Kostensparnis

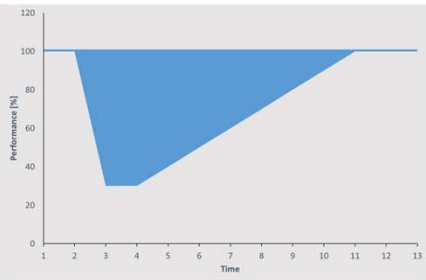
7%



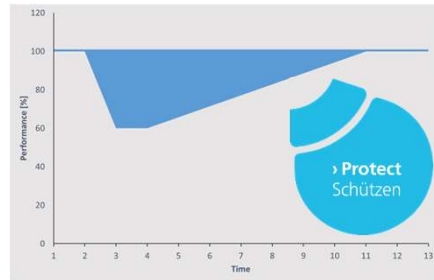
Pfad zur effizienten Resilienz



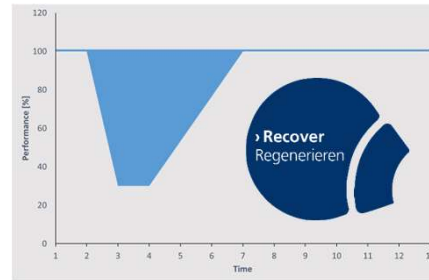
Referenz



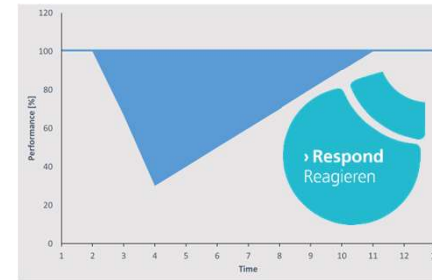
Resilienz Zuwachs



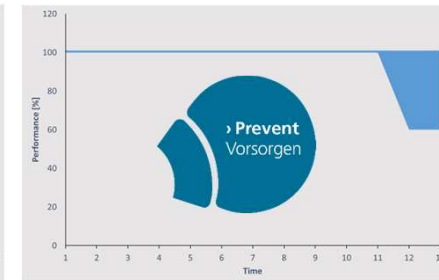
43%



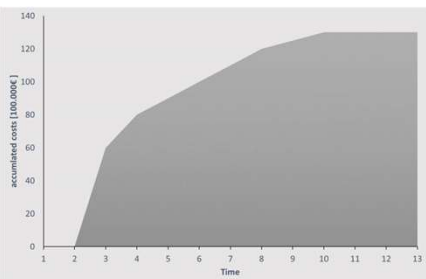
40%



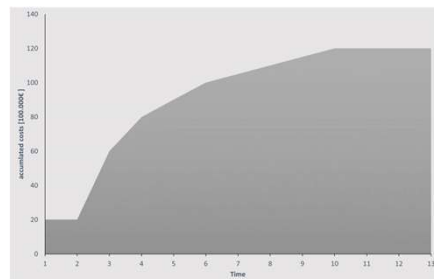
10%



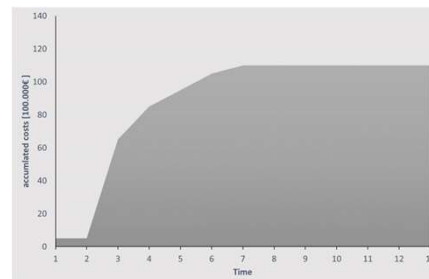
83%



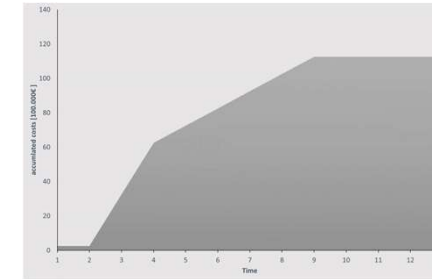
Kostensparnis



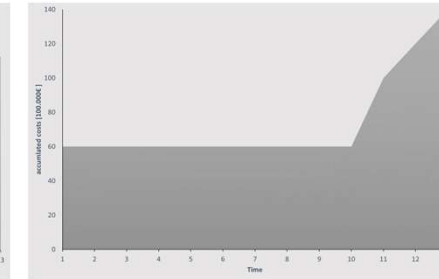
7%



15%



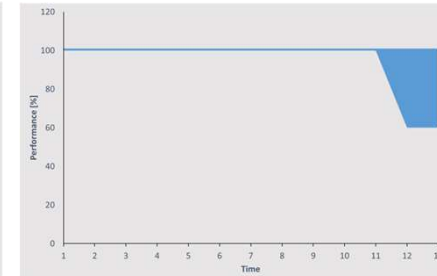
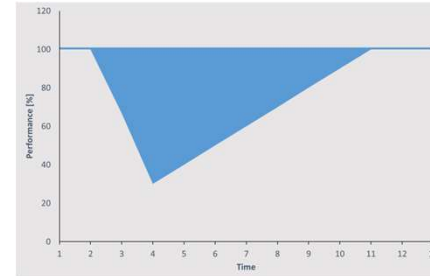
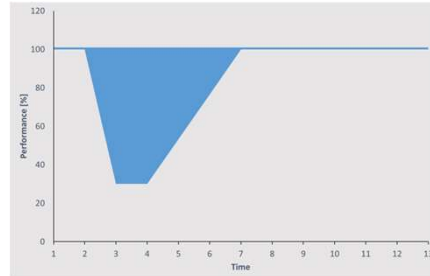
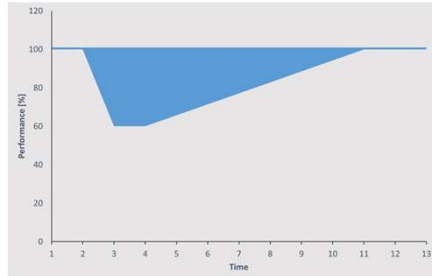
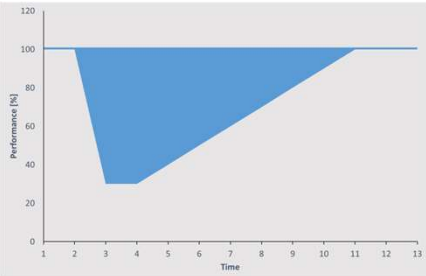
13%



-8%

Pfad zur effizienten Resilienz

Referenz



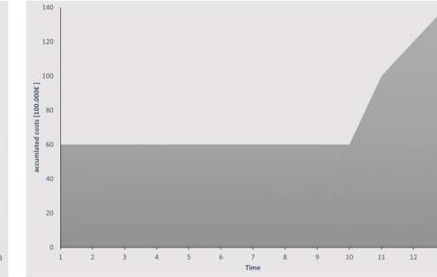
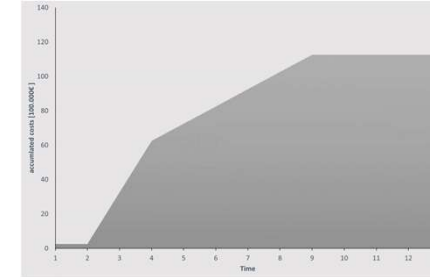
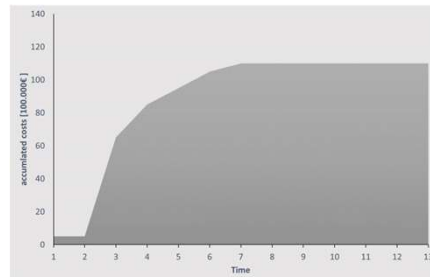
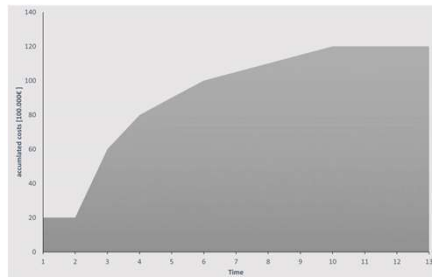
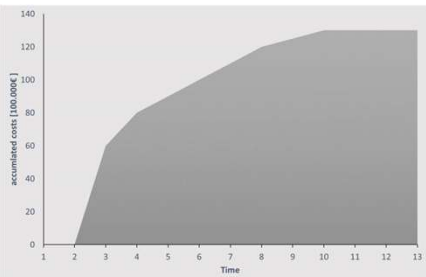
Resilienz Zuwachs

43%

40%

10%

83%



Kostensparnis

7%

15%

13%

-8%

Return of Invest

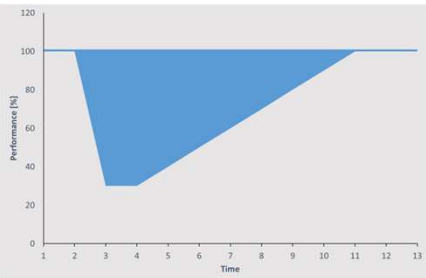
50%

400%

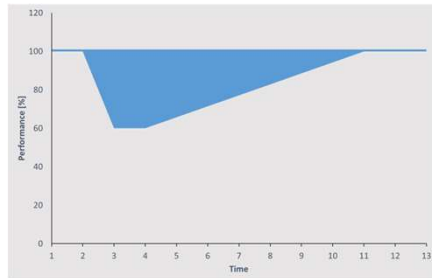
700%

Pfad zur effizienten Resilienz

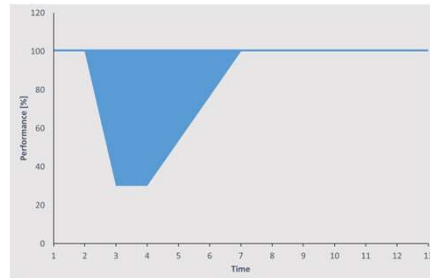
Referenz



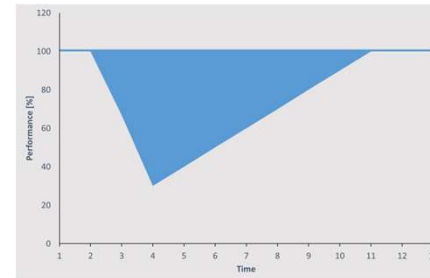
Resilienz Zuwachs



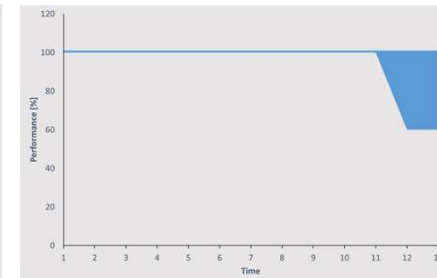
43%



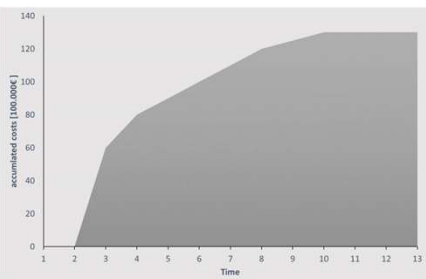
40%



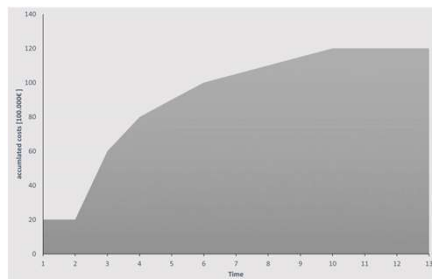
10%



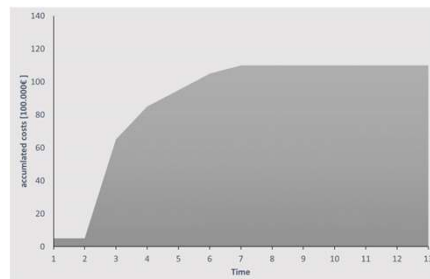
83%



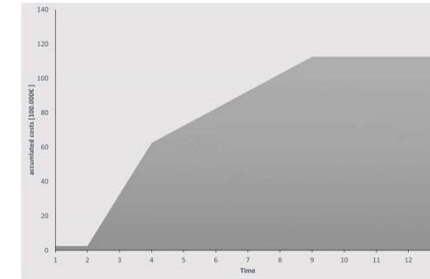
Kostensparnis



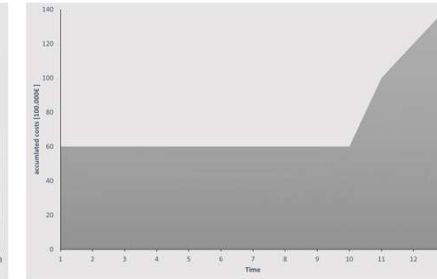
7%



15%



13%



-8%

Return of Invest

50%

400%

700%

Effizienz

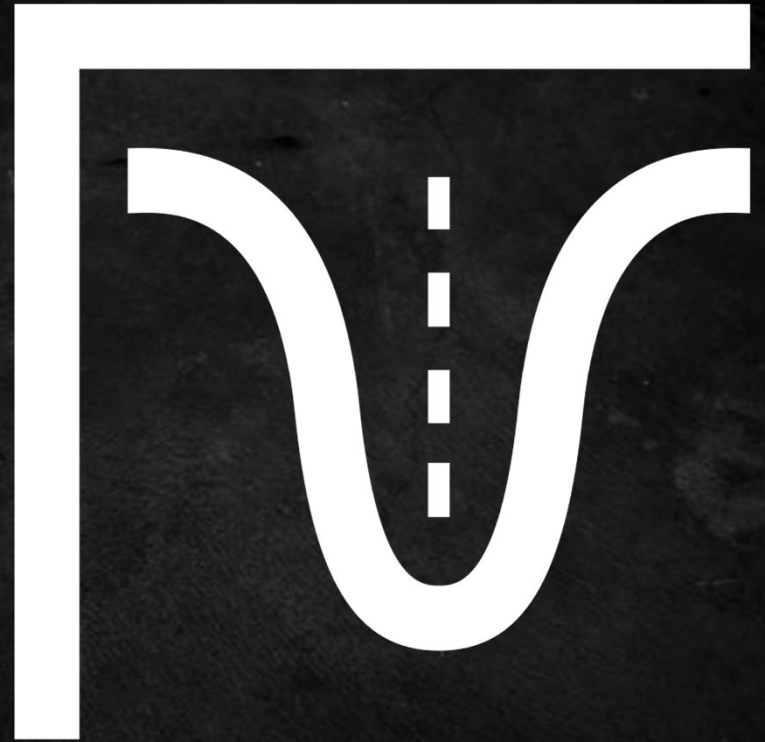
2 %/€

44 %/€

142 %/€

0,625%/€

Einige Beispiele zur Resilienzanalyse



Stärkung der Resilienz

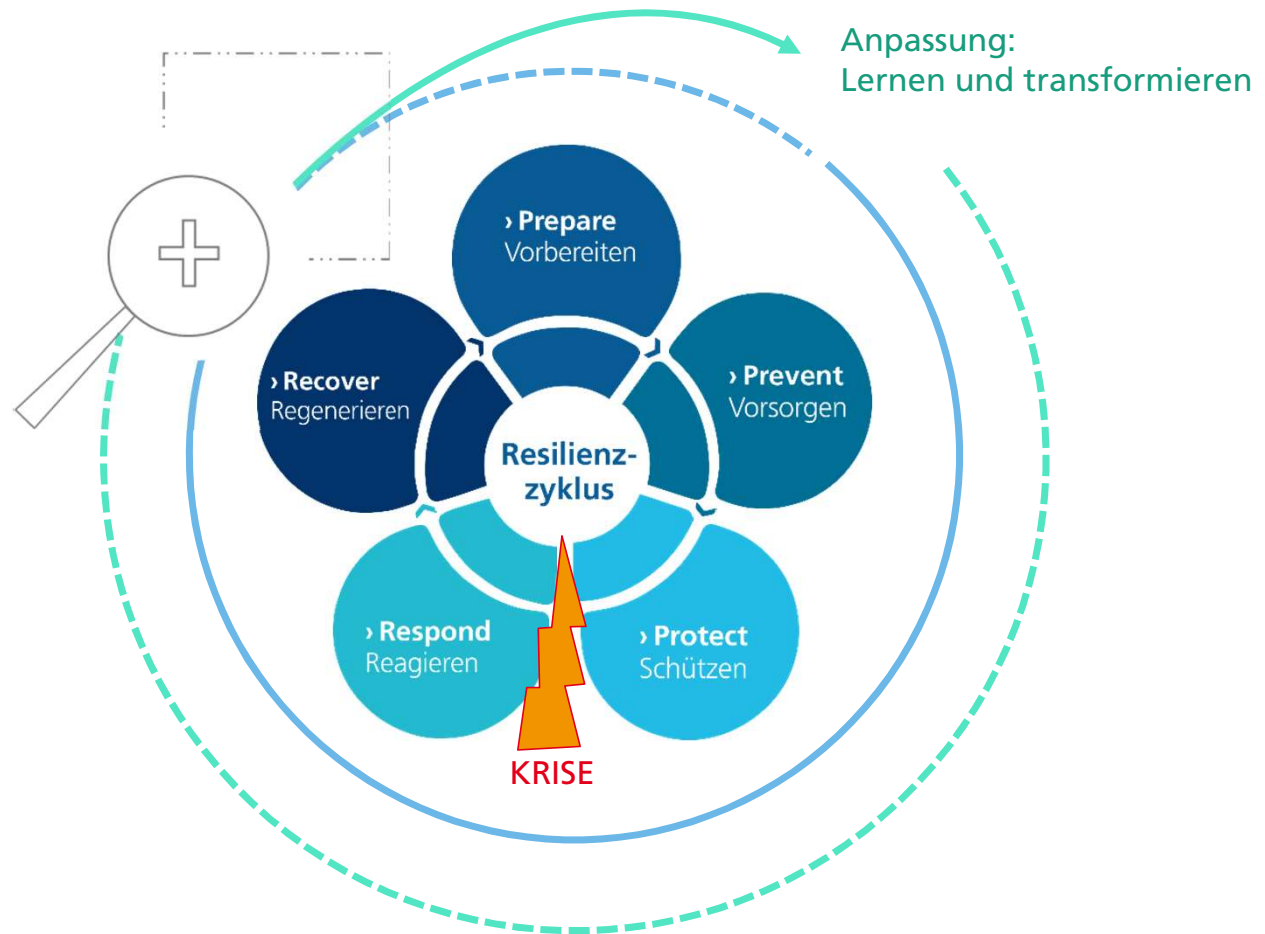
Die Optimierung der Resilienz erfordert eine Überprüfung des gegenwärtigen Zustands.

FReE

Webbasierter ganzheitlicher Fragebogen ermöglicht Erfassung der Resilienz.

RESMES **zeb**

Digitale (IKT) Resilienz Deep Dive



Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

digitale operationale Resilienz objektiv und nachvollziehbar für Finanzinstitute



zeb.RESMES

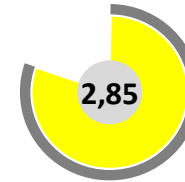
- zeb.RESMES misst die **digitale operationale Resilienz** objektiv und nachvollziehbar – speziell entwickelt für **Finanzinstitute**
- Die **Resilienzmessung** erfolgt über ein strukturiertes **Self-Assessment**, das den heutigen **Ist-Zustand** mit dem **Soll-Zustand** vergleicht
- Die **Soll-Resilienz** im Soll-Zustand ist nicht frei gewählt, sondern wird individuell aus dem **Risikoprofil** des jeweiligen Instituts abgeleitet
- Dadurch zeigt sie den **realistisch erwarteten Mindest-Reifegrad**, der notwendig ist, um den eigenen Risiken angemessen zu begegnen
- Als Ergebnis erhält man einen übersichtlichen Soll-Ist-Vergleich entlang von drei zentralen **Resilienzkompetenzen**:
 - **Antizipation** – Risiken früh erkennen und vorbeugen
 - **Robustheit** – Störungen widerstehen
 - **Regeneration** – schnell und geordnet wiederherstellen

Beispiel



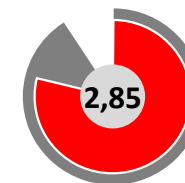
Antizipation

Soll-Resilienz:
2,60



Robustheit

Soll-Resilienz:
2,90



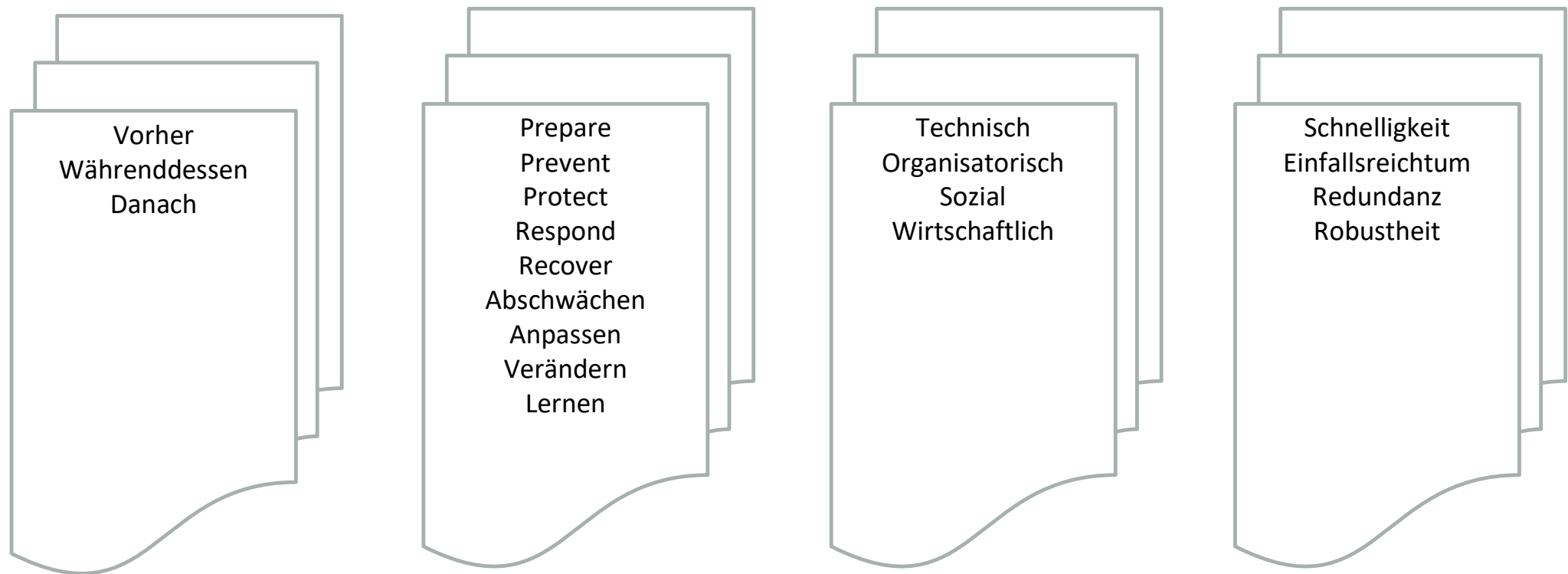
Regeneration

Soll-Resilienz:
3,50

Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

Resilienz-Dimensionen



Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

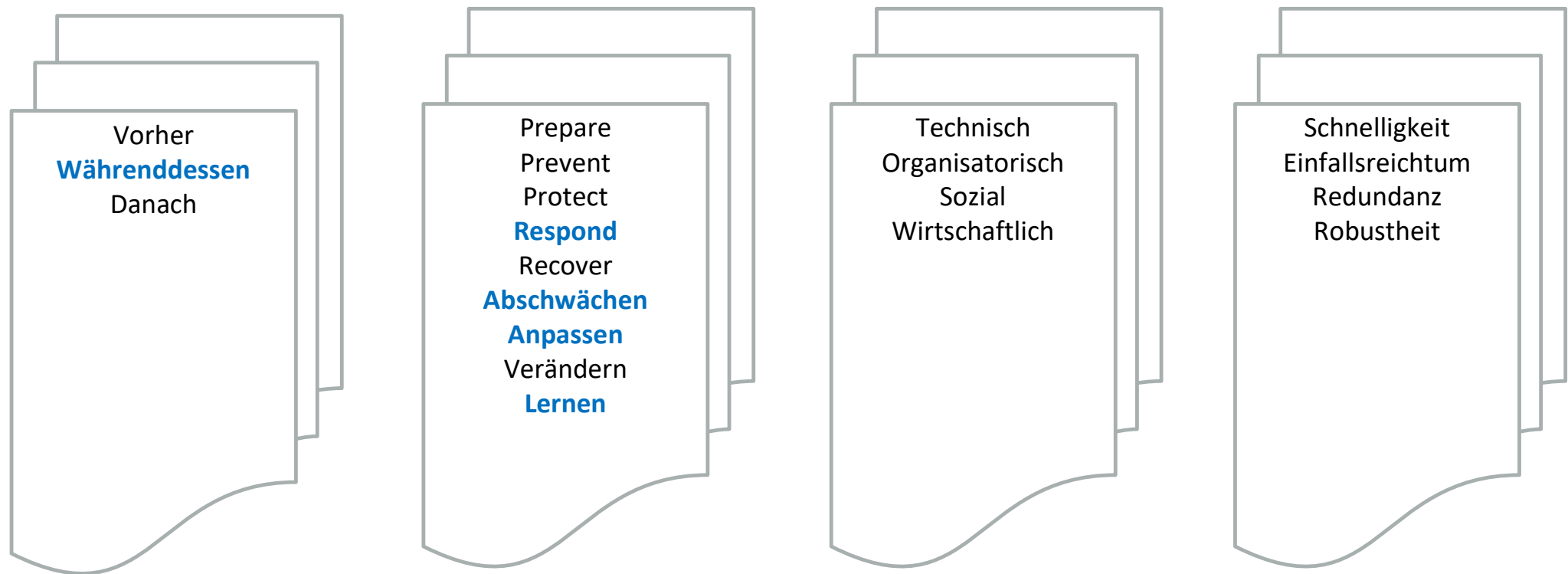
Resilienz-Dimensionen



Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

Resilienz-Dimensionen



Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

The screenshot shows a web browser window with the URL www.resilienz.leute.server.de/free_premium/. The page is titled "1 Before Disruptive Event" and "1.3 Risk Management Budget". It contains a text box with the following content:

1.3.2 Concepts for cutbacks and retrenchment in case of crisis have been developed.

A concept to save costs quickly and effectively in the event of a crisis or disruption had been developed. The identified items were sensibly categorized, for example according to the traffic light system (no-regret, low-regret, last resort) and it had been recorded when and to what extent cost savings are justified (threshold value definition).

Below the text box are four radio buttons for evaluation:

- ☐ Fully applies
- ☐ Applies
- ☐ Partially applies
- ☐ Does not apply

A "Next" button is located at the bottom left of the evaluation section. On the right side of the page, there is a progress bar showing "Progress: 100%" and "Section Progress: 100 %", along with an "Evaluate" button. Navigation arrows are also present at the top right of the evaluation section.

Resilienz Dimensionen

Vorher

Währenddessen
Danach

Technisch
Organisatorisch
Sozial

Wirtschaftlich

Schnelligkeit

Einfallsreichtum
Redundanz
Robustheit

Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

The screenshot shows a web browser window with the URL www.resilienz.leute.server.de/free_premium/. The page features the Fraunhofer EMI logo in the top left and navigation links for Privacy Policy, Imprint, and Logout in the top right. The main content area is titled "2 During Disruptive Event" and includes a sub-section "2.1 Resilience of communication, supply and core services". A specific question, "2.1.2 The recovery times of the backbone communication system in case of damage were calculated and estimation whether full performance can be restored within a reasonable period of time had been carried out.", is presented. Below the question, a text box explains that the backbone communication system's recovery time is being evaluated. Four radio button options are provided: "Fully applies", "Applies", "Partially applies", and "Does not apply". A "Next" button is located at the bottom of the question box. To the right of the question box, a progress bar indicates "Progress: 100%" and "Section Progress: 100 %". A green "Evaluate" button is positioned below the progress bar. Navigation arrows (back, forward, and search) are visible at the top of the evaluation area.

Resilienz Dimensionen

Vorher

Währenddessen

Danach

Technisch

Organisatorisch

Sozial

Wirtschaftlich

Schnelligkeit

Einfallsreichtum

Redundanz

Robustheit

Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

The screenshot shows a web browser window with the URL www.resilienz.leute.server.de/free_premium/. The page features the Fraunhofer EMI logo in the top left and links for Privacy Policy, Imprint, and Logout in the top right. The main content area is titled "3 After Disruptive Event" and includes a sub-section "3.1 Response capability - Exercise of emergencies, crises and disasters". Below this, a specific question is presented: "3.1.2 There is a regular exchange with (external) emergency action force. In accordance with the requirements typical for the industry, regular joint exercises are carried out with internal and external emergency forces. The aim of the drill is to shorten reaction times, and strengthen the ability to act through better routine." The user is prompted to select an answer from four radio button options: "Fully applies", "Applies", "Partially applies", and "Does not apply". A "Next" button is located at the bottom of the question box. To the right of the question box, there is a progress indicator showing "Progress: 100%" and "Section Progress: 100 %", along with a green "Evaluate" button. Navigation arrows are also visible above the progress bar.

Resilienz Dimensionen

Vorher
Währenddessen
Danach

Technisch
Organisatorisch
Sozial

Wirtschaftlich

Schnelligkeit
Einfallsreichtum
Redundanz
Robustheit

Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

zeb

RESMES bündelt alle Fragen in klaren Kategorien – und schafft damit ein intuitives, strukturiertes Assessment

Beispielfragen



Kategorien der Ist-Resilienz

IKT Risikomanagement

Informationssicherheitsmanagement

Patch- und Schwachstellenmanagement

Identitäts- und Zugriffsmanagement

Beispielfrage: „Gelten für den privilegierten Zugang besondere und strenge Sicherheitsanforderungen (z. B. Jump-Server-Lösung, Passworttresor für einmalige Nutzung, Protokollierung und Überwachung von Aktivitäten)?“

...

...



Kategorien der Soll-Resilienz

IKT Sicherheitsrisiken

IKT Geschäftsfortführungsrisiken

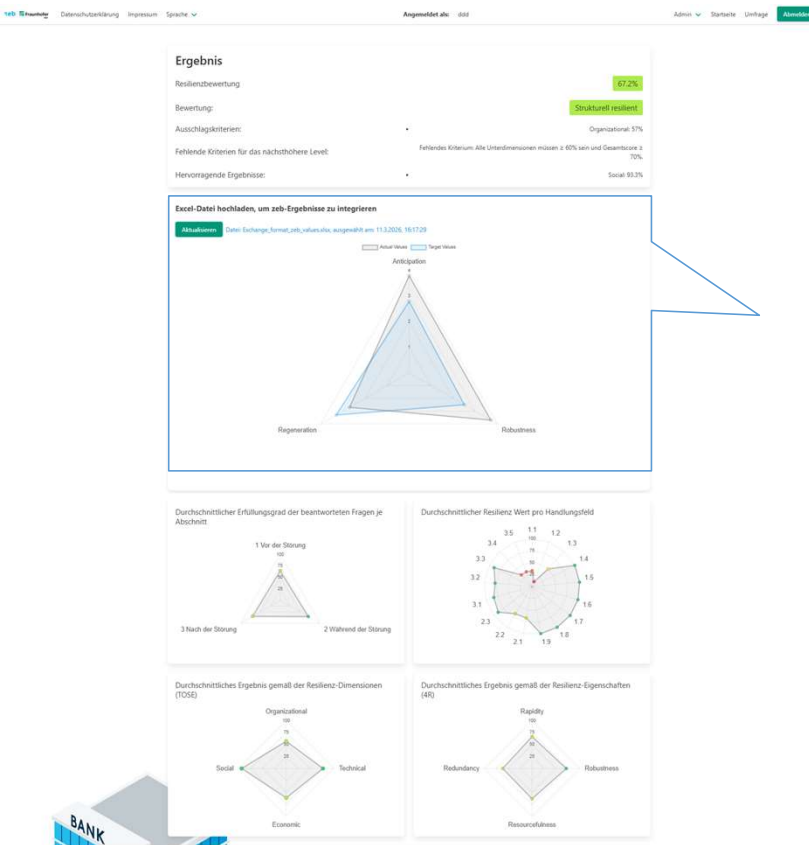
Beispielfrage: „Wie hoch war die Anzahl der Auslösungen der IKT-Geschäftsfortführungs- und Notfallwiederherstellungspläne während des Referenzjahres (Geschäftsfortführungstests und -übungen nicht eingeschlossen)?“

...

Über 250 Fragen werden entlang von mehreren **Kategorien** und **Unterkategorien** zugeordnet, um ein **strukturiertes Vorgehen** zu ermöglichen. Die **Bewertungsmethodik** erfolgt anhand eines erprobten Bewertungssystems mit **Interpretationshilfen** für die Einordnung.

Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

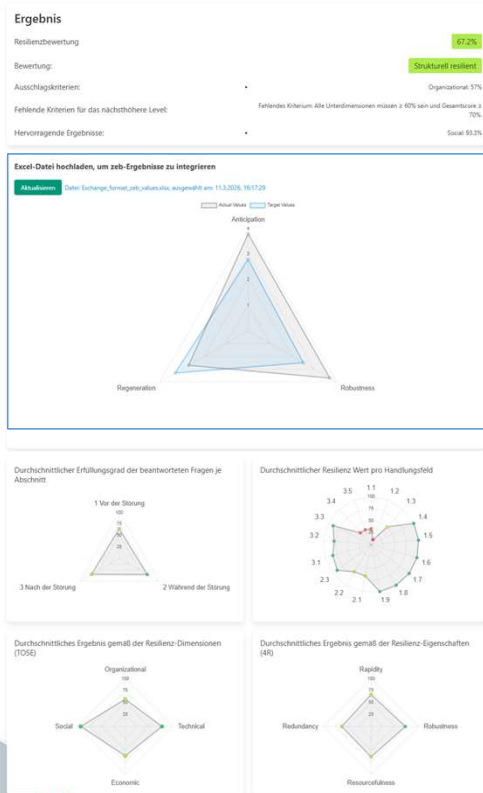
digitale operationale Resilienz objektiv und nachvollziehbar für Finanzinstitute



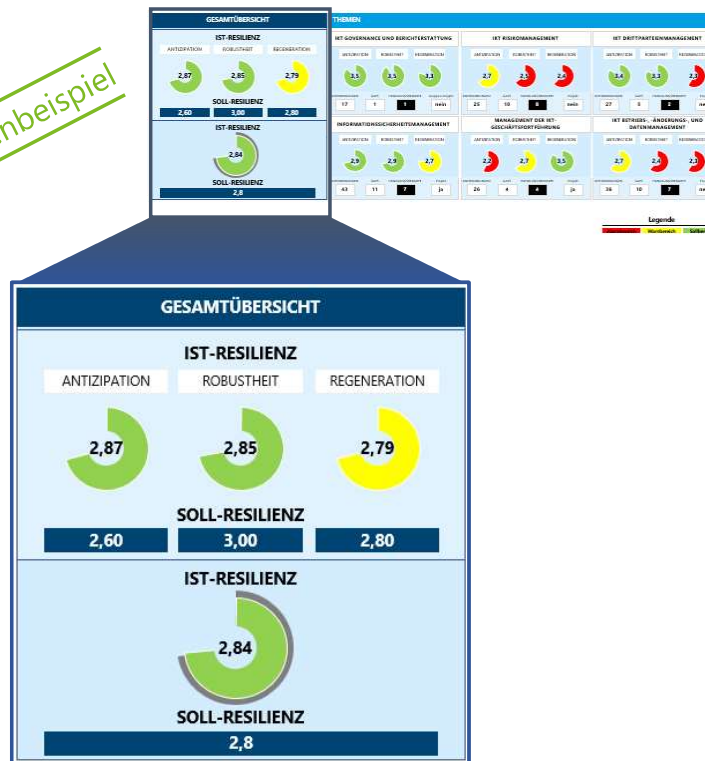
Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

digitale operationale Resilienz objektiv und nachvollziehbar für Finanzinstitute

Admin Startseite Umfrage Abmelden

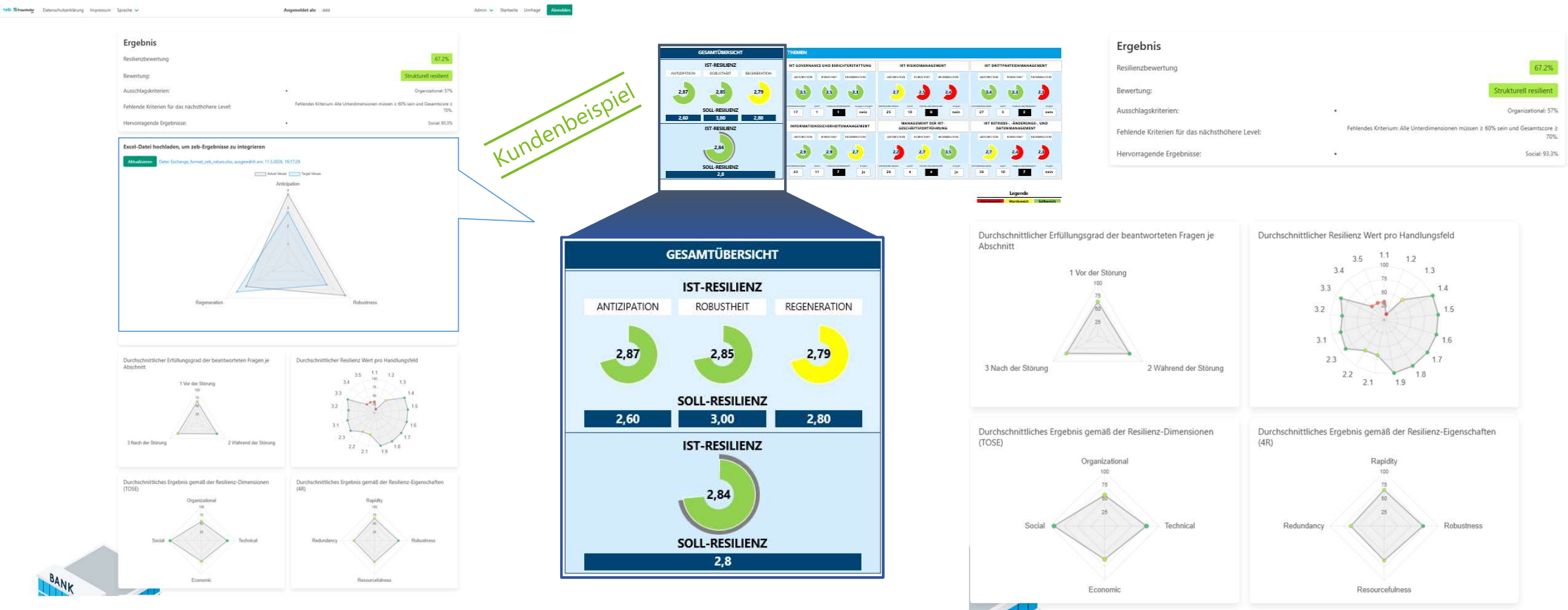


Kundenbeispiel



Erhöhung der Resilienz: Fraunhofer Resilience Evaluator + zeb RESMES

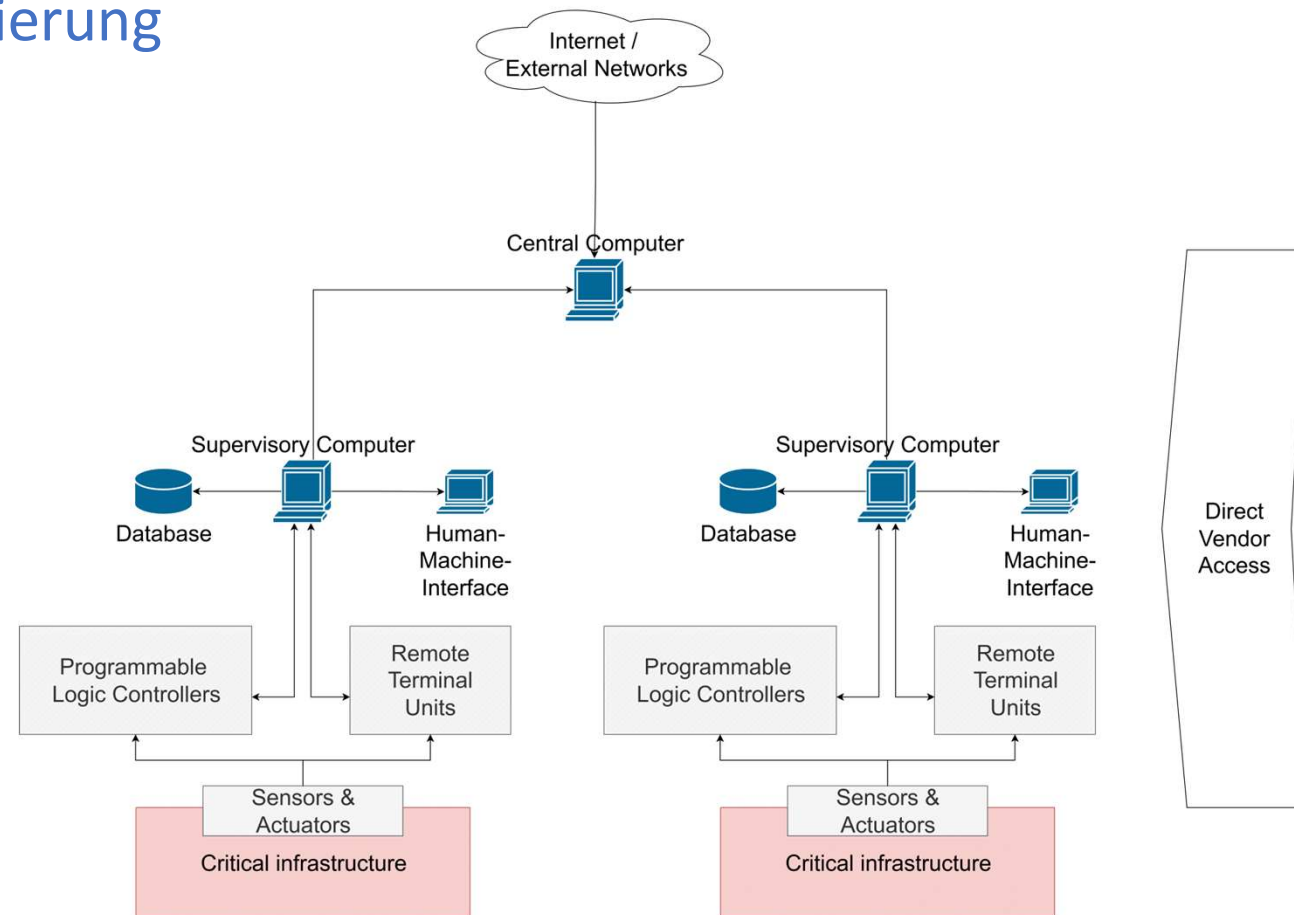
digitale operationale Resilienz objektiv und nachvollziehbar für Finanzinstitute



Resilienz in : SCADA Systems

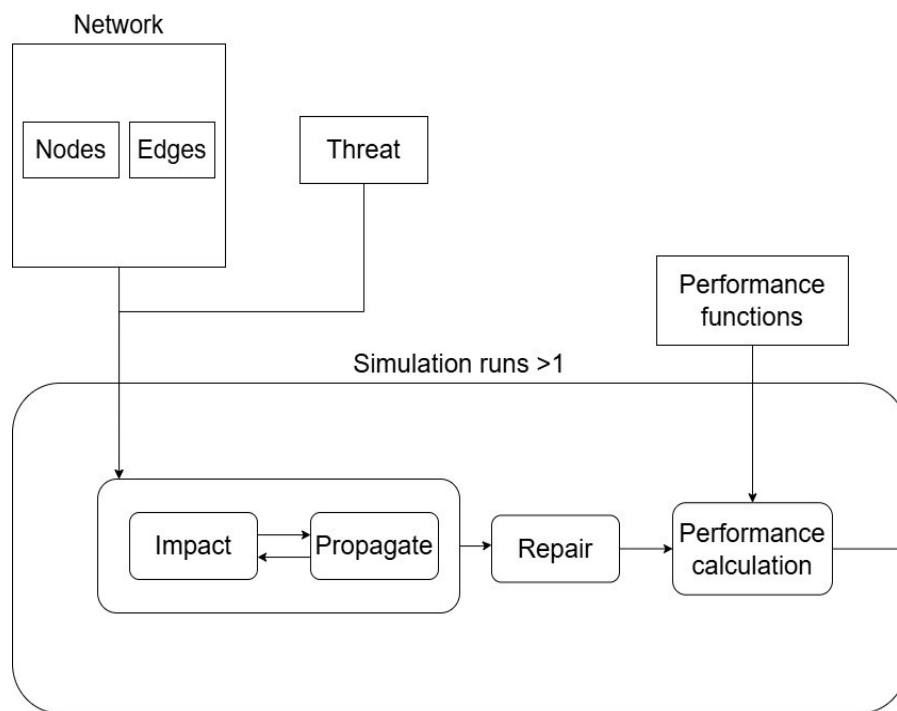
Exemplarische Ergebnisvisualisierung

- DYNAMO Project for cyber security in critical infrastructure (CI) [1]
- Regulatory Driver: EU's NIS2 Directive [2] & Germany's KRITIS [3]
- SCADA Systems (Supervisory Control and Data Acquisition)
- Historical development not focussed on security
- Security of obscurity
- Disconnection from internet, physically secured
- **How to quantify the resilience of those systems and possible mitigations?**

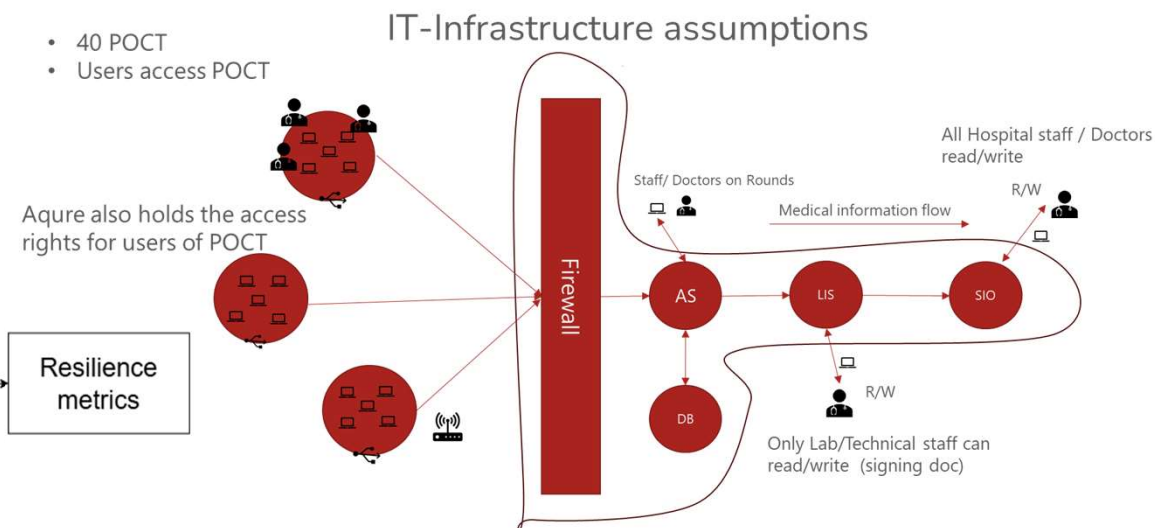


Tools: simulation framework CaESAR [8]

- Cascading Effects Simulation in Urban Areas to Assess and Increase Resilience



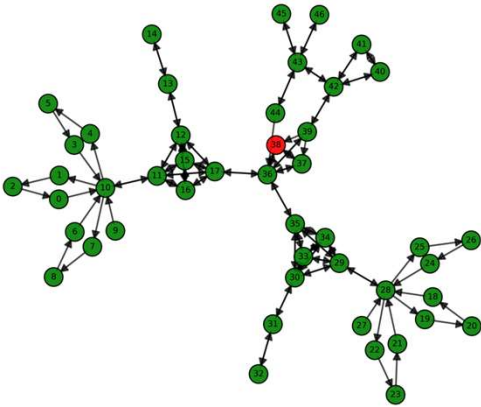
- Probabilistic Failures
- Cascading Effects of Critical dependencies
- Monte Carlo Analysis



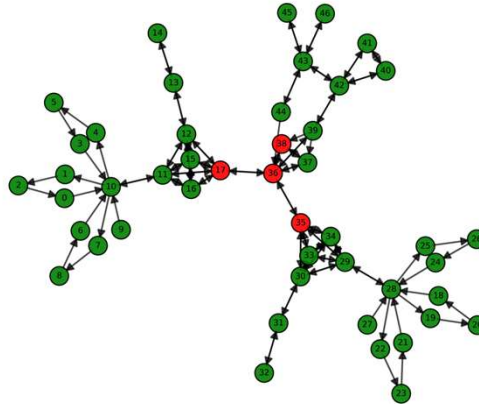
Impakt Kaskadenvisualisierung

Exemplarische Ergebnisvisualisierung

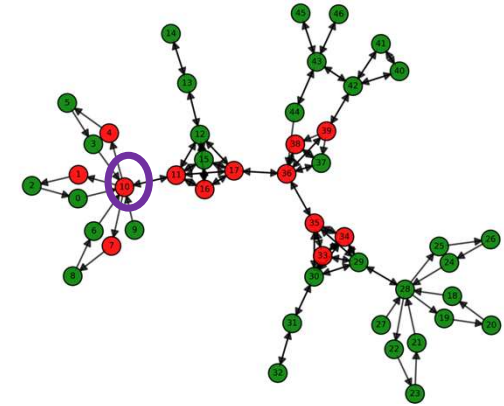
Simulation Run: 66, Time Step: 60
Damaged Nodes Highlighted



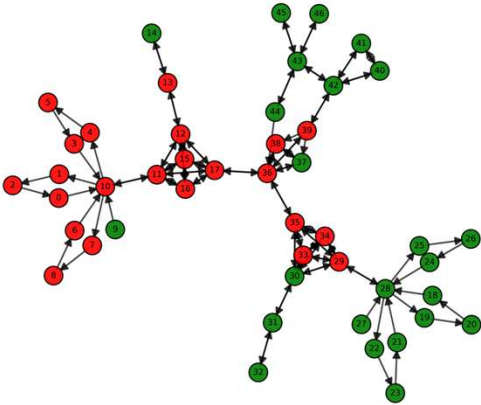
Simulation Run: 66, Time Step: 107
Damaged Nodes Highlighted



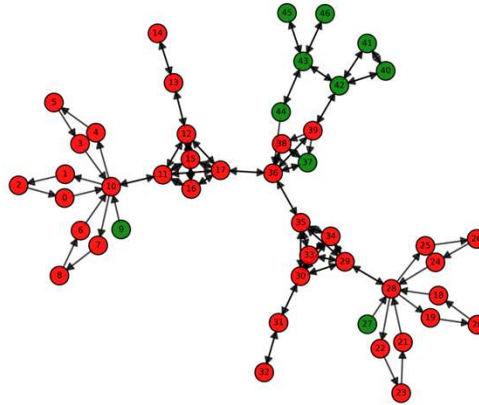
Simulation Run: 66, Time Step: 131
Damaged Nodes Highlighted



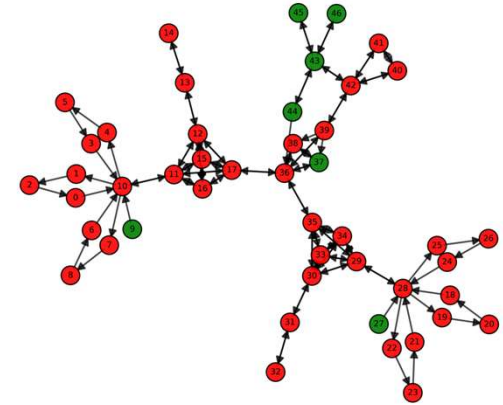
Simulation Run: 66, Time Step: 135
Damaged Nodes Highlighted



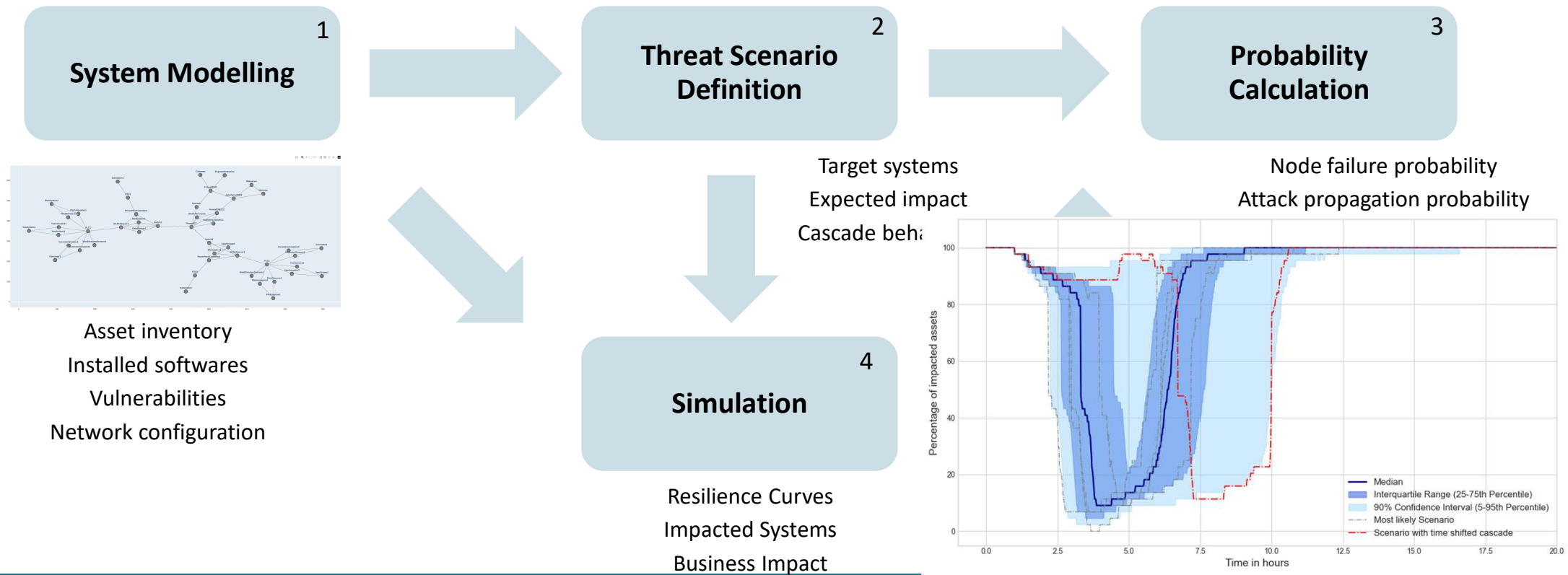
Simulation Run: 66, Time Step: 139
Damaged Nodes Highlighted



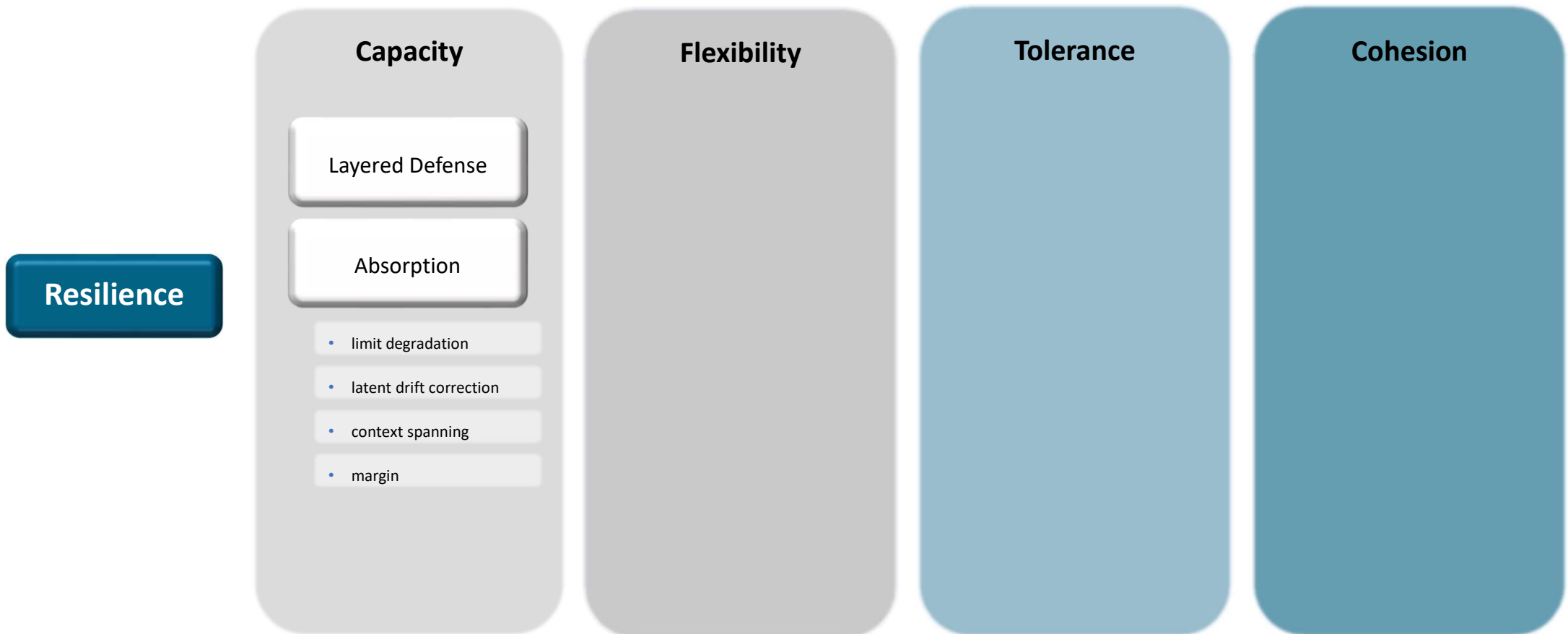
Simulation Run: 66, Time Step: 180
Damaged Nodes Highlighted



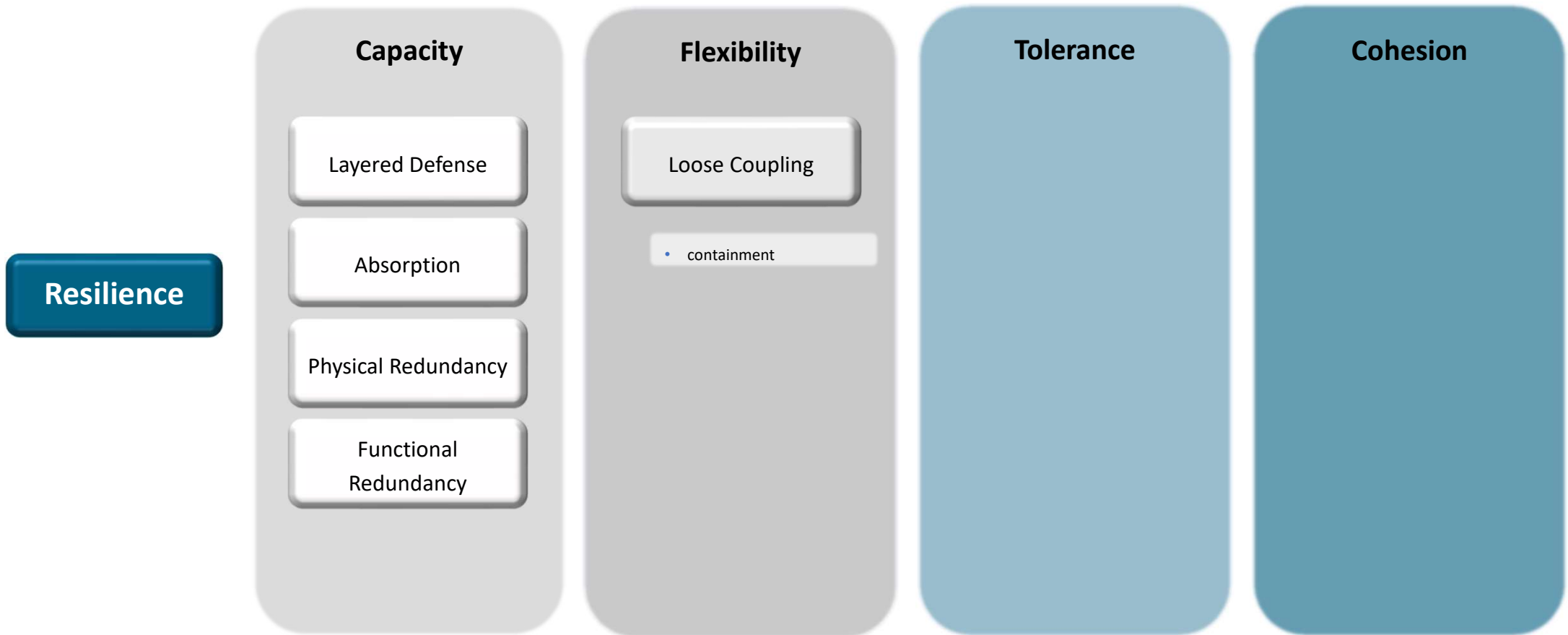
Methodology



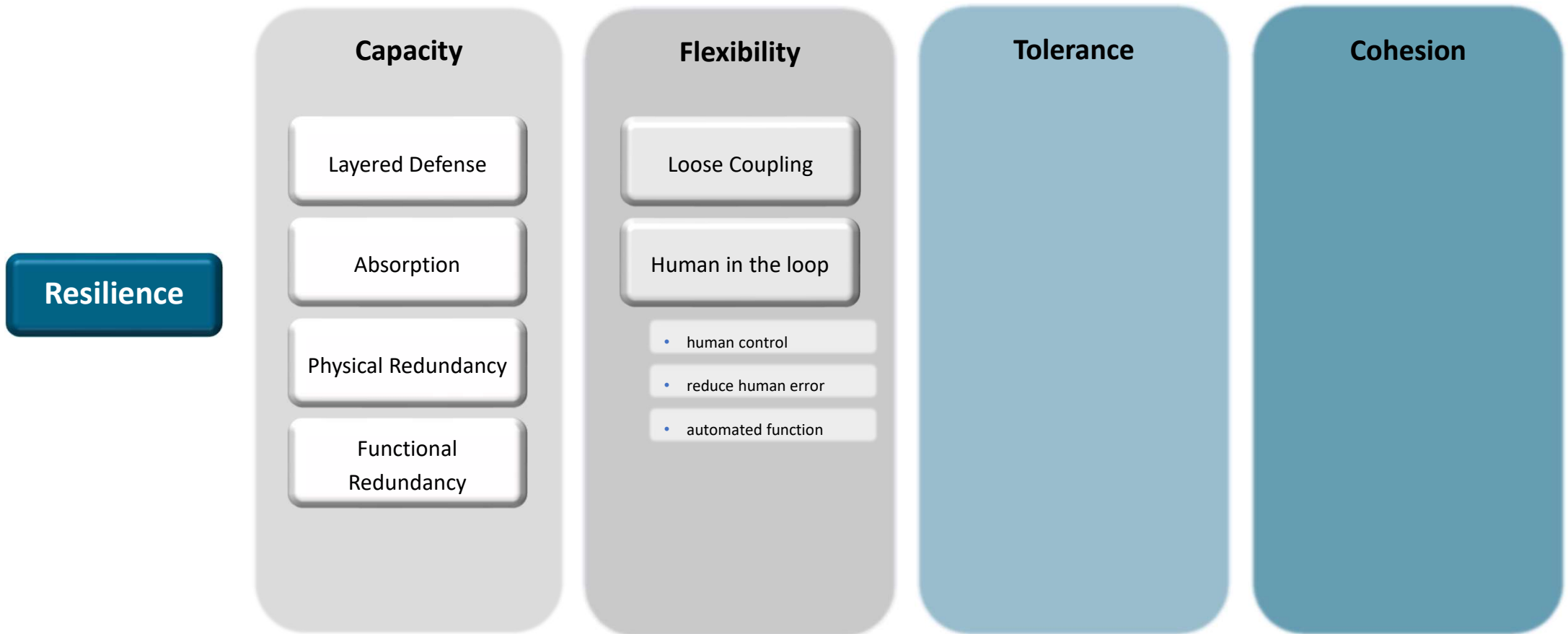
Resilience



Resilience

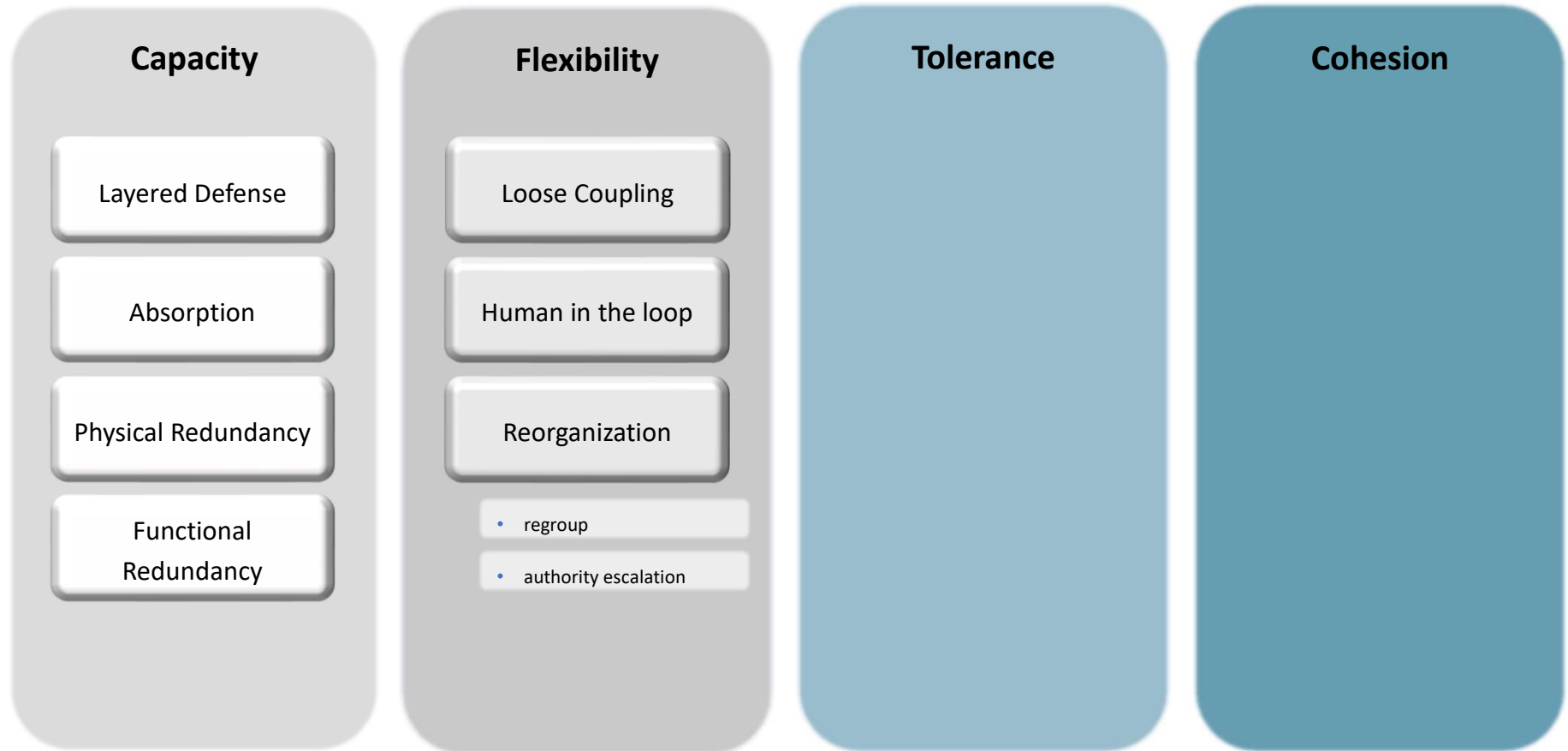


Resilience



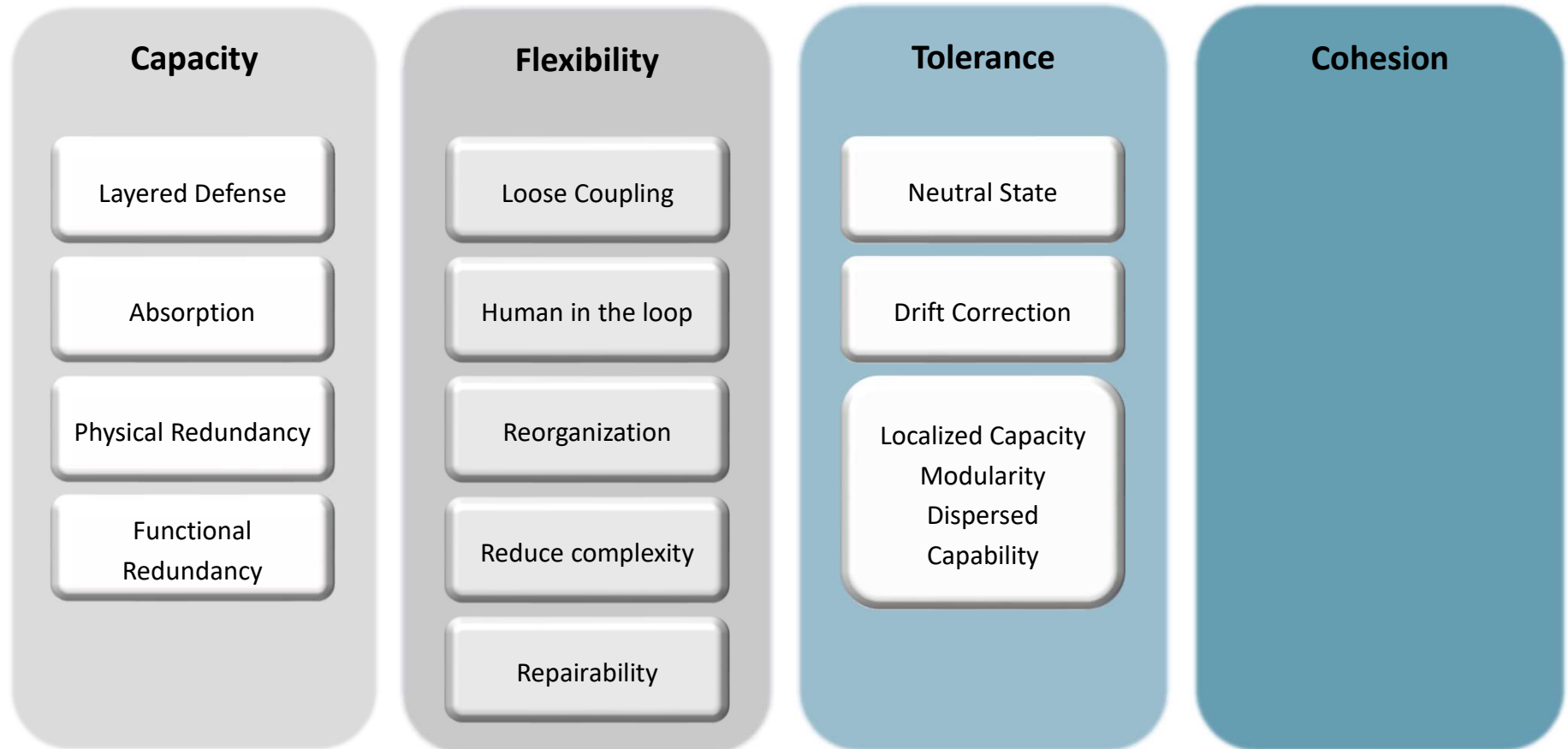
Resilience

Resilience



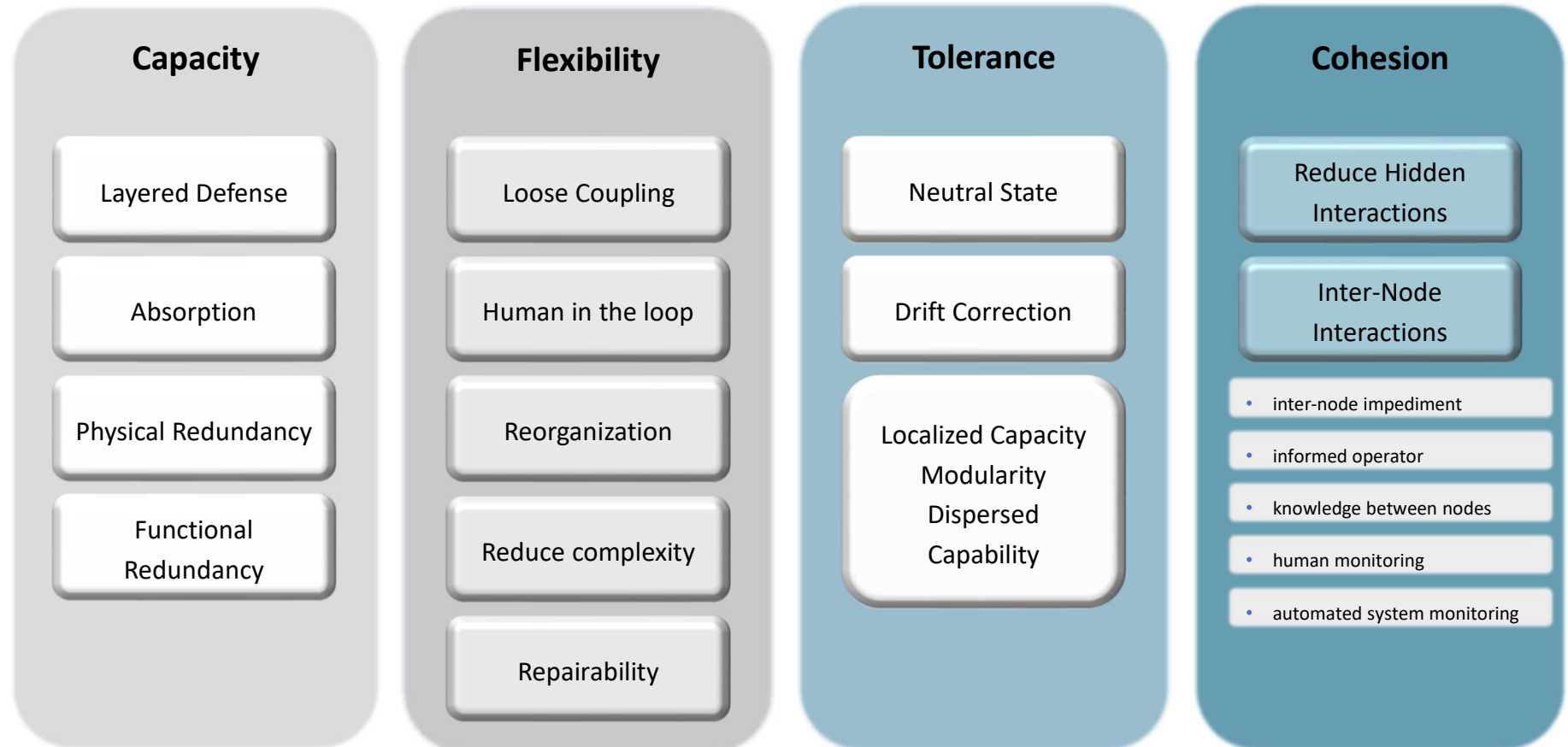
Resilience

Resilience



Resilience

Resilience



Zusammenfassend heißt das ...

- Konzept der Resilienz ist interdisziplinär und erweitert (und integriert) vorhandene Sicherheitsbetrachtungen
- Resilience Engineering Resilienz erschließt Effizienz und RoI für Maßnahmen
- Grundlegende Methoden zur Resilienzbewertung sind vorhanden
- Resilience by Design effizienter als Resilience Retrofitting
- Um Resilienz vollumfänglicher und effektiver gewährleisten zu können, benötigt man:
 - mehr und bessere Daten und deren Monitoring (statisch und dynamisch)
 - verbesserte Modelle der relevanten Systeme

KONTAKT:



Prof. Dr.-Ing. **Alexander Stolz**

Head of Department Department Safety,
Security and Resilience of Technical Systems

alexander.stolz@emi.fraunhofer.de

universität-freiburg

University of Freiburg | Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Institute for Sustainable Systems Engineering | INATECH

Chair Resilience Engineering for Technical Systems | RTS

alexander.stolz@inatech.uni-freiburg.de

Executive Director

Centre for Security and Society | CSS