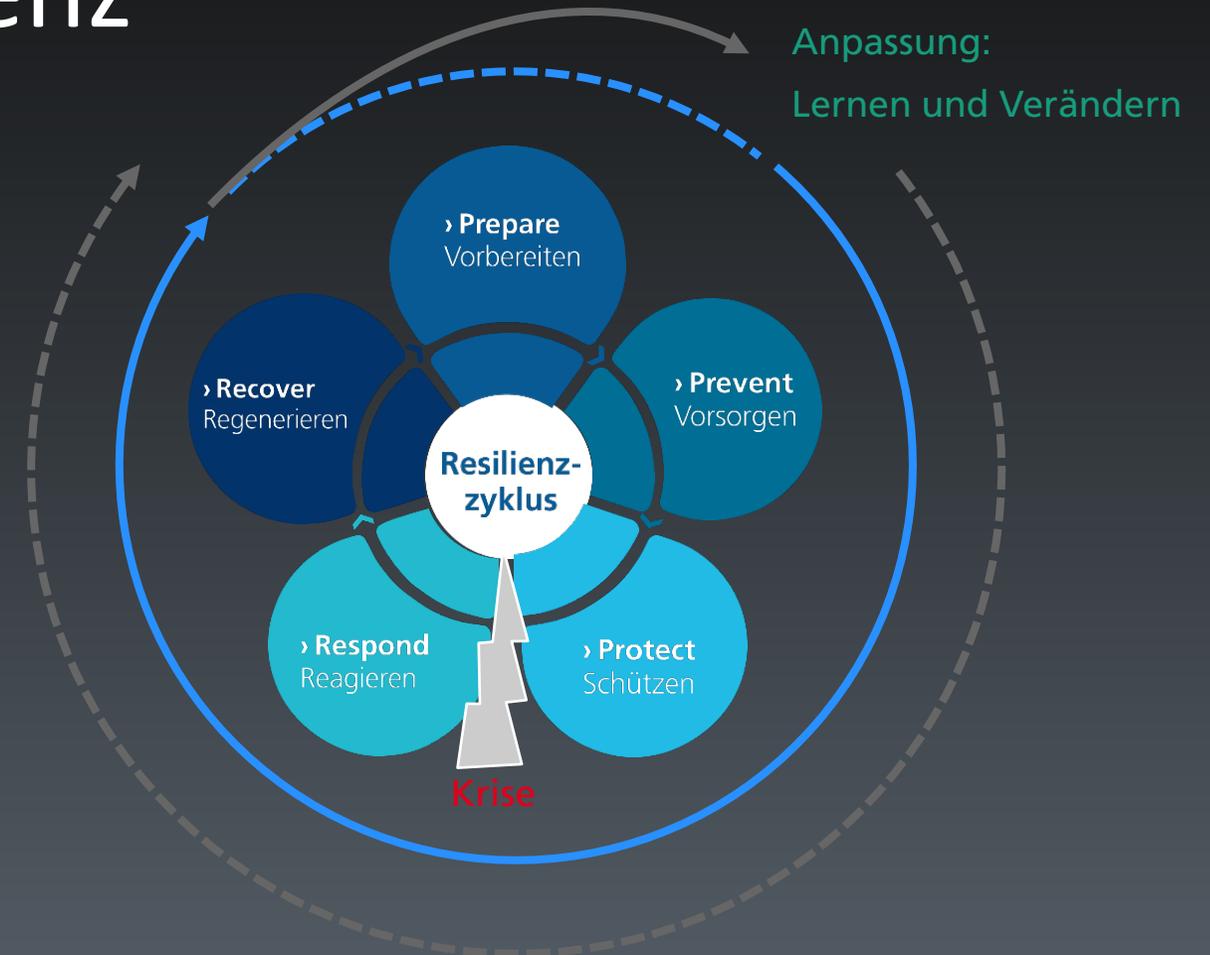


# Sicherer in unsicheren Zeiten mittels effizienter Resilienz

Prof. Dr.-Ing. Alexander Stolz

BGHW Fachtagung  
Sicherheit und  
Gesundheit in der Warenlogistik  
13. bis 15. September 2021



Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Warum ein neuer Begriff ?



Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Warum ein neuer Begriff ?

- Neue unerwartete Ereignisse

# Versorgung mit Mikrochips: Woher kommt der Mangel?



## Chipmangel: VW meldet Kurzarbeit an – Werke in Wolfsburg und Emden teils komplett stillgelegt

Der Automobilhersteller Volkswagen muss für die kommenden zwei Wochen Kurzarbeit anmelden. Grund ist offenbar der weltweite Mangel an ...

vor 21 Stunden



## Chipmangel: BMW Leipzig stellt Produktion ein – VW Sachsen arbeitet wieder

Wegen fehlender Halbleiter muss das Leipziger BMW-Werk seine Produktion vorübergehend einstellen. Der Betrieb soll voraussichtlich bis Ende ...

vor 3 Tagen



## Ifo-Barometer: Chipmangel drückt schwer auf Stimmung der Autobauer

Wegen fehlender Halbleiter können viele Autohersteller die Produktion nicht wie geplant hochfahren. Ein vom Ifo-Institut gemessener ...

vor 1 Tag



Google Newssuche:  
„Chipmangel „  
03/09/2021

# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen

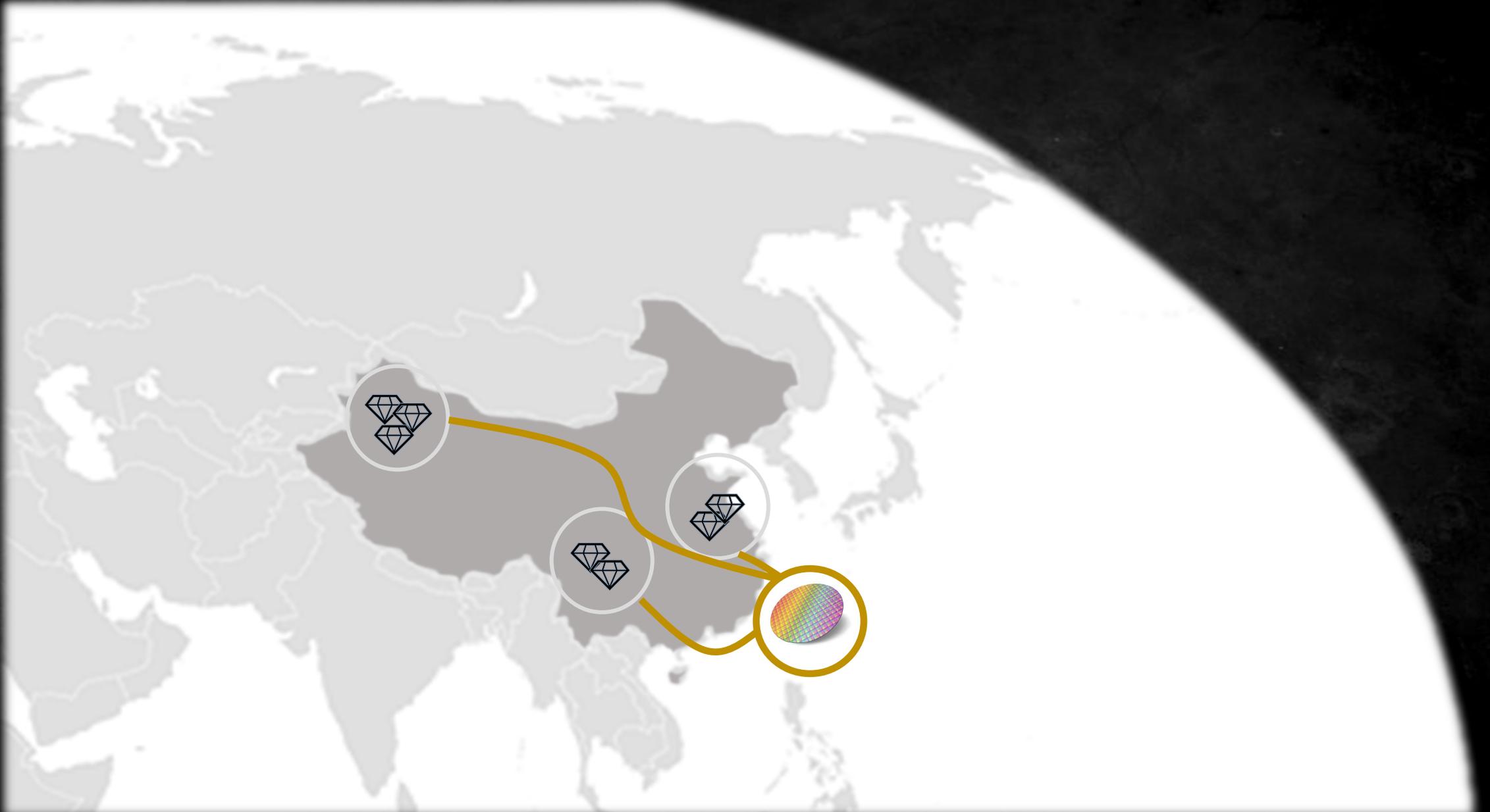


Weltweite Nachfrage nach Mikrochips ist hoch  
(aber nicht überraschend hoch)

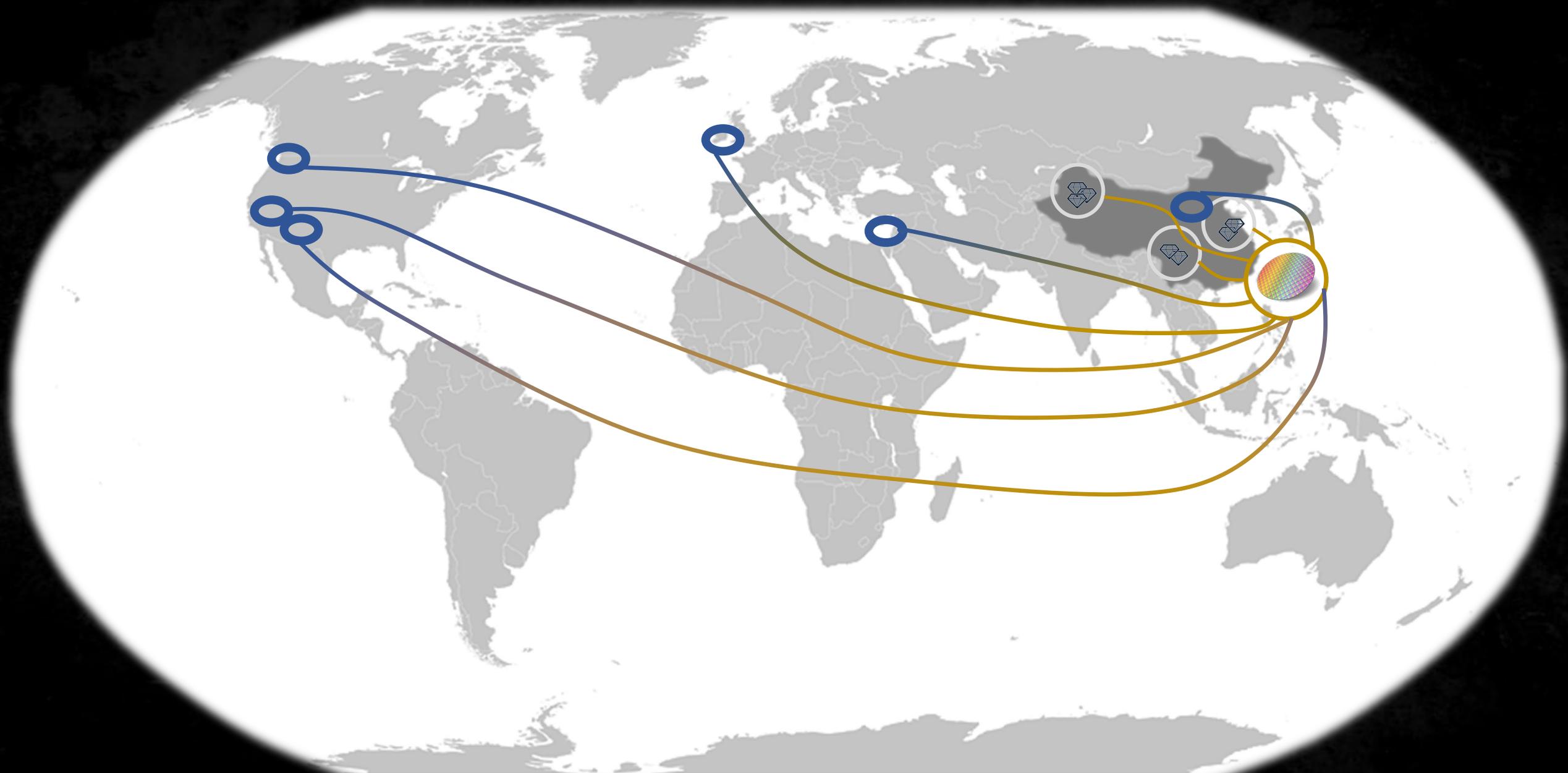
# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



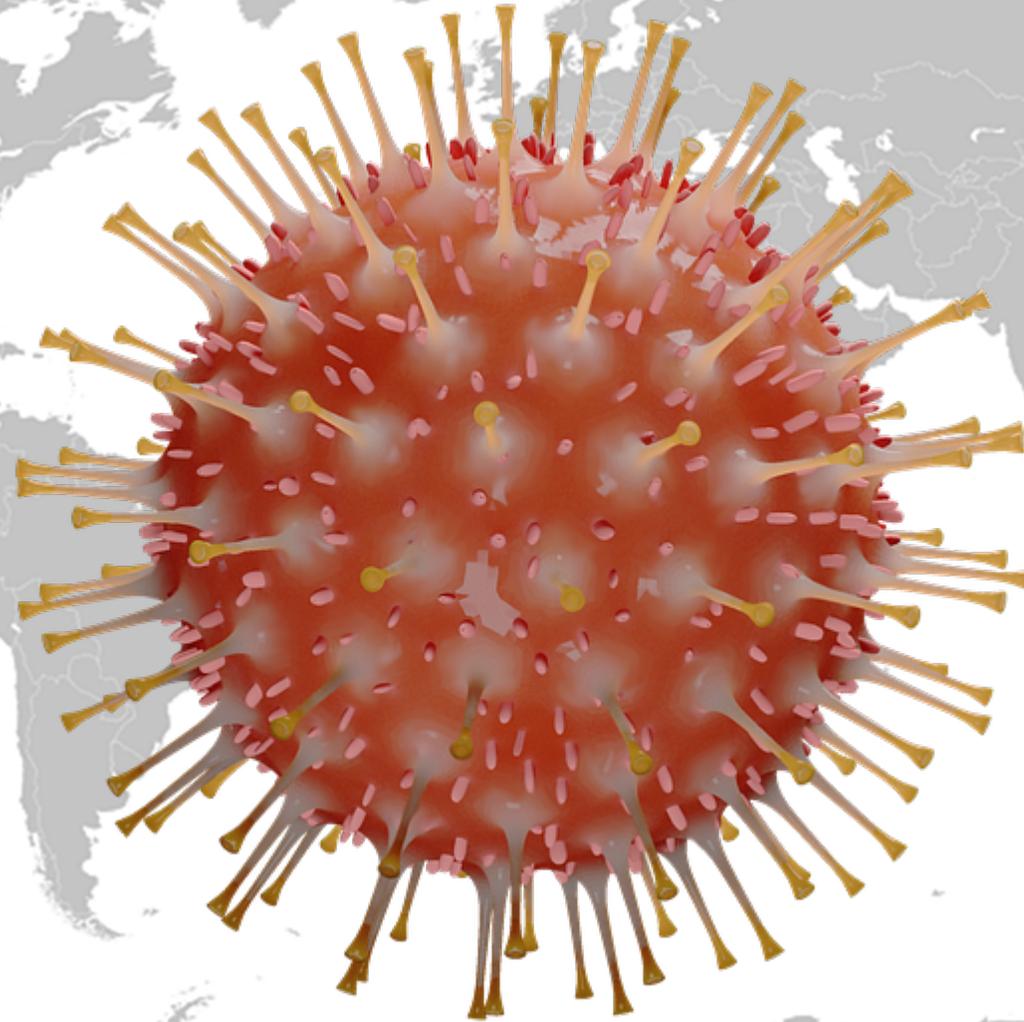
# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



Globale Lockdowns  
Arbeitsausfälle

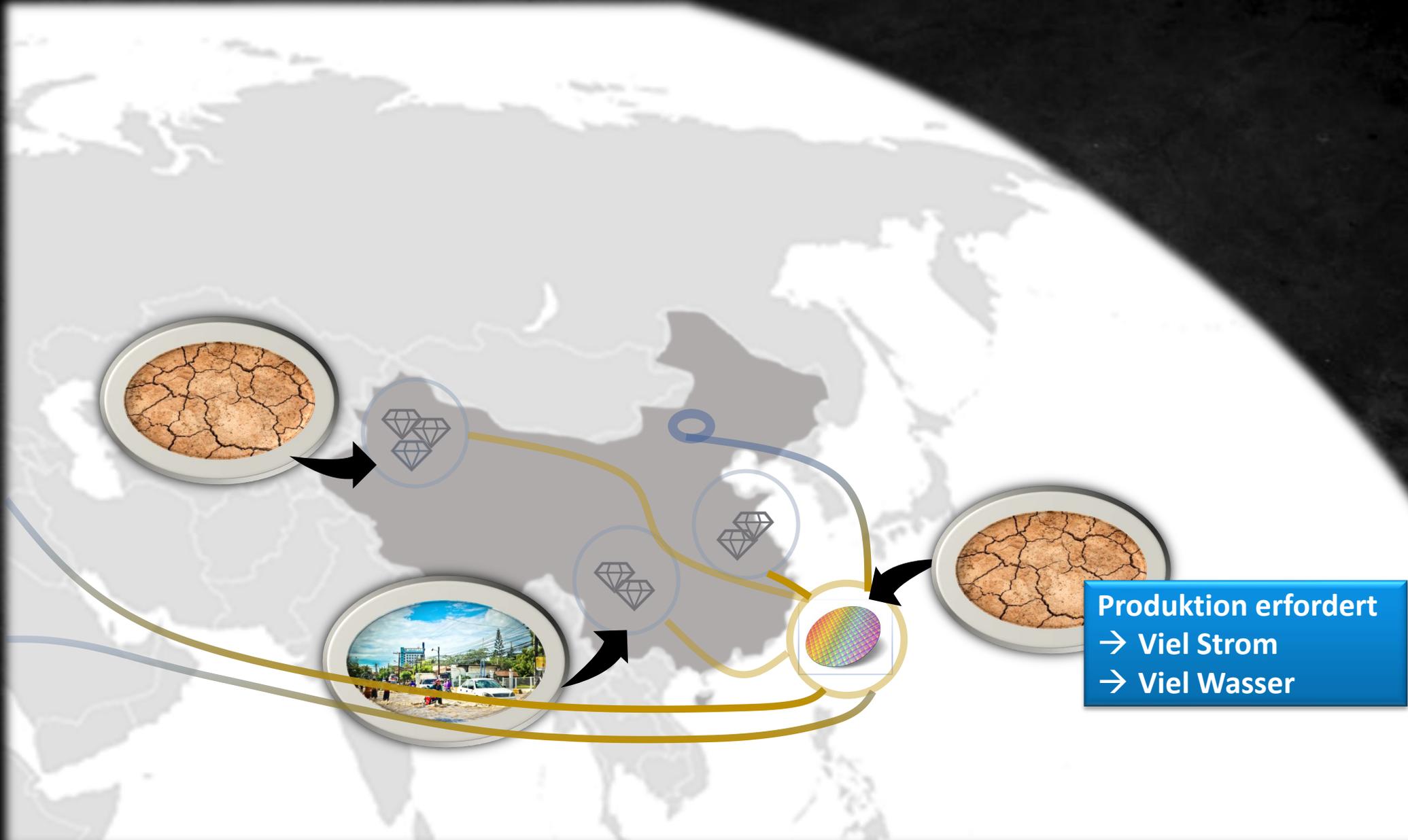


Produktion

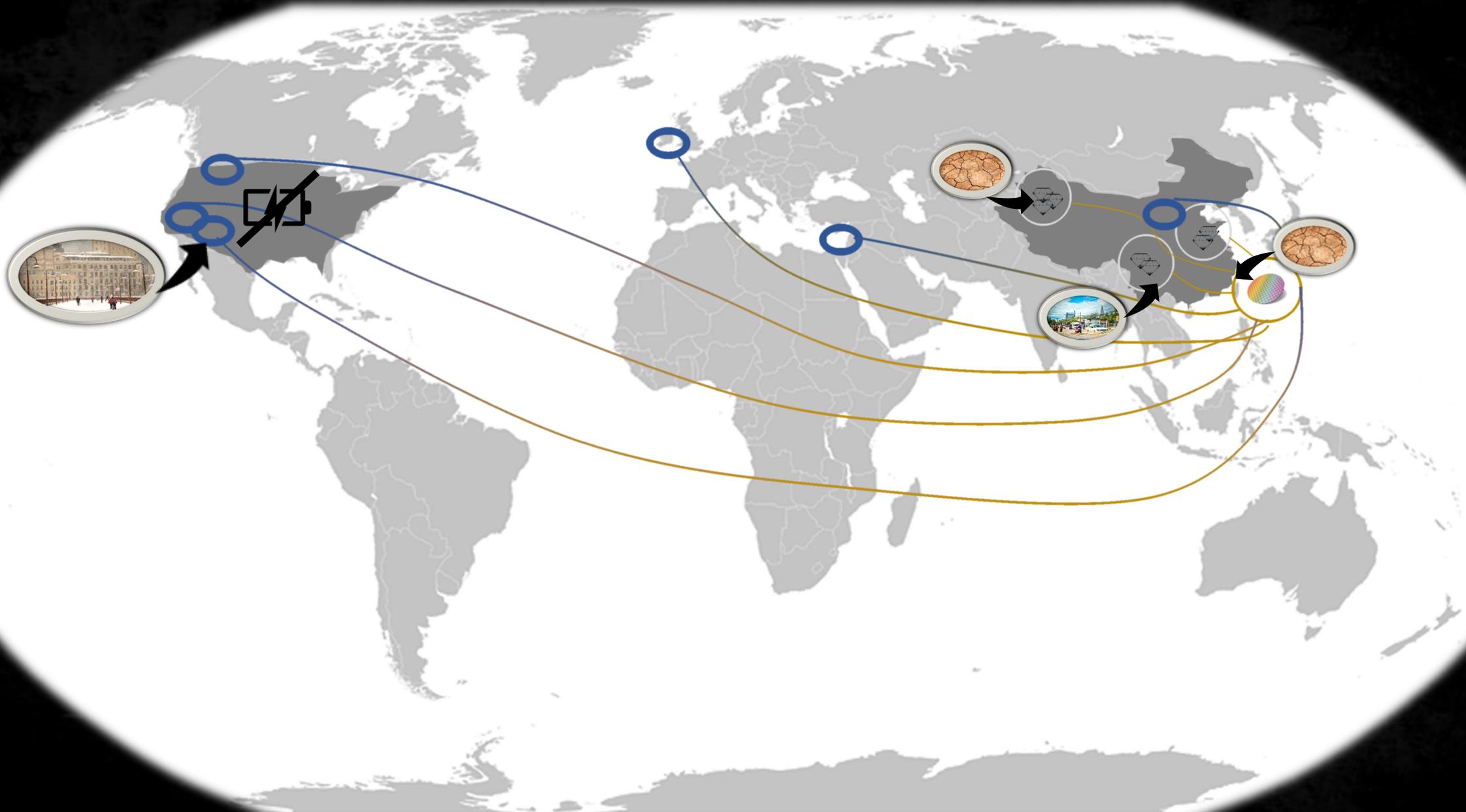


Preis

# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



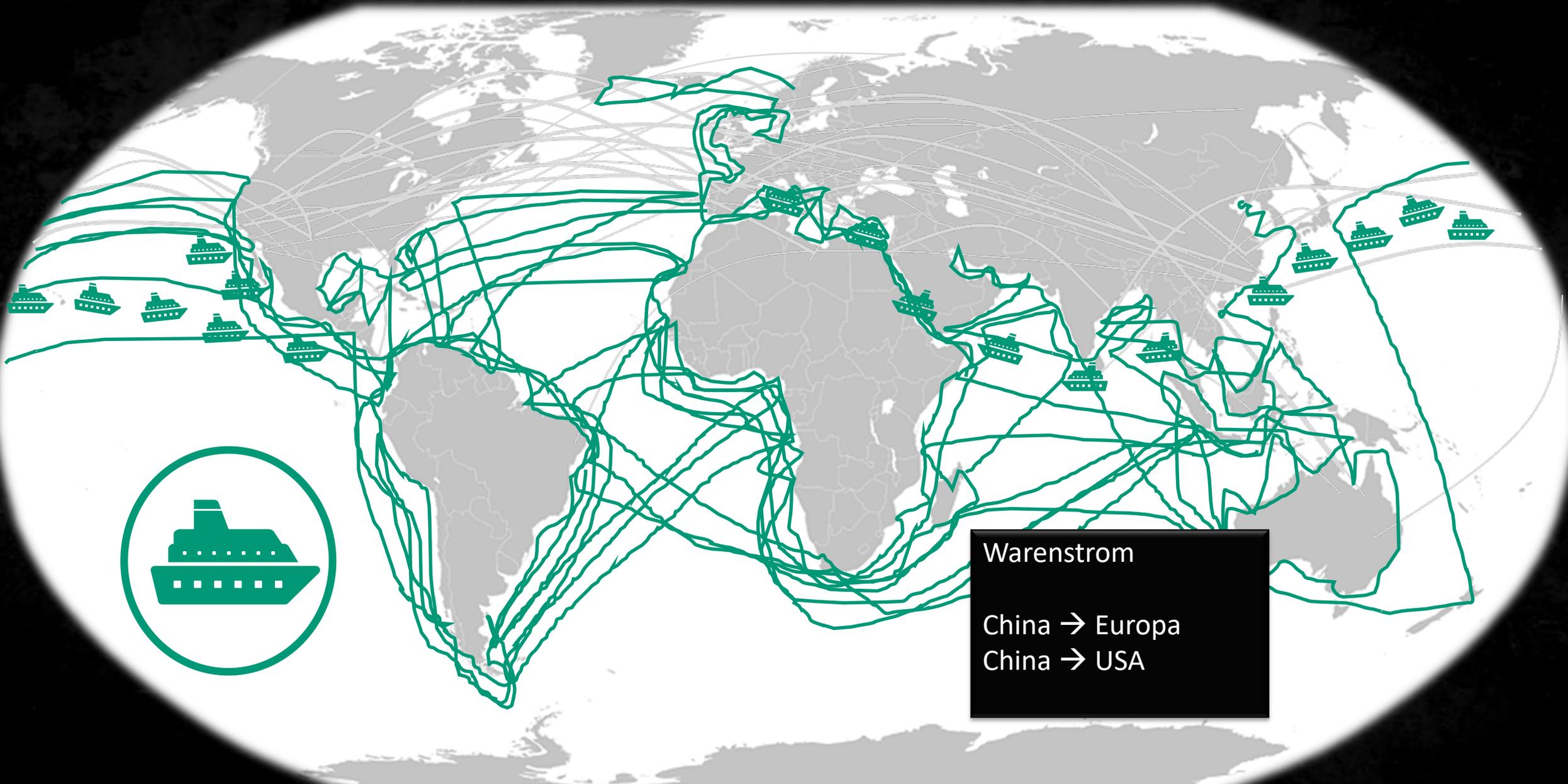
# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen

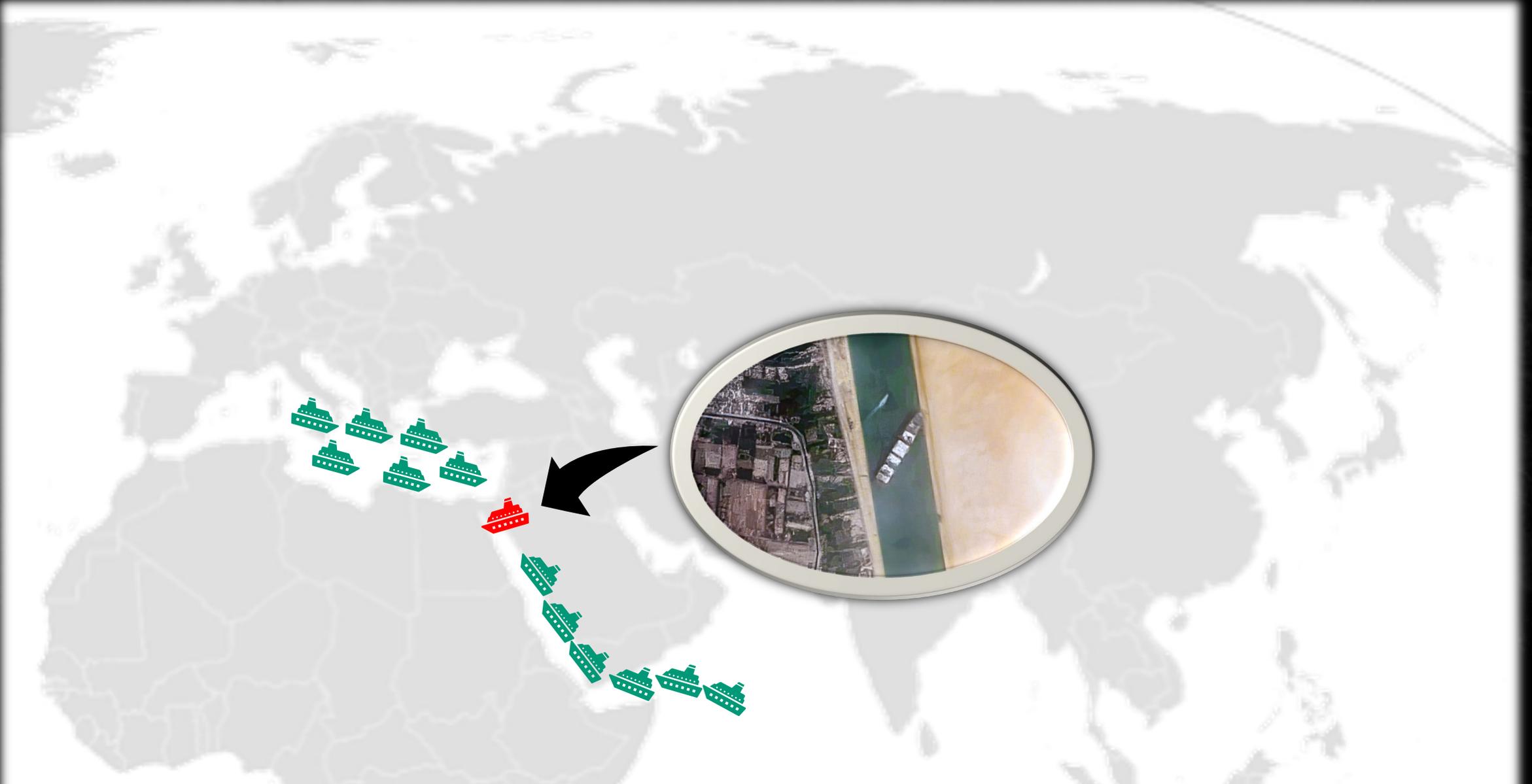


Warenstrom

China → Europa

China → USA

# Chip-Mangel: Ursachen und Wirkungen



# Sicherer in unsicheren Zeiten mittels effizienter Resilienz

## Warum ein neuer Begriff ?

- Neue unerwartete Ereignisse
- Komplexe globale Zusammenhänge

## Umfrage:

Wie viele erhebliche Zwischenfälle in der Lieferkette hat Ihr Unternehmen in den letzten 12 Monaten erlebt?

Kennen Sie die Ursache für die Zwischenfälle (Tier 1, Tier 2, Tier 3)?

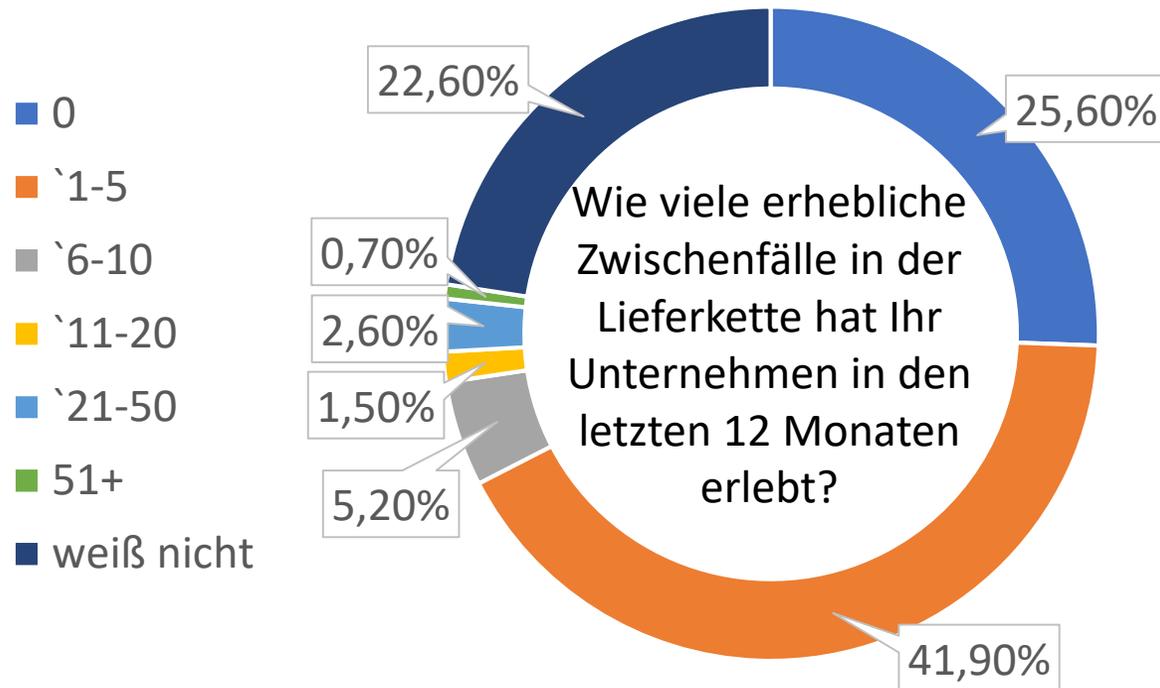
Welche zukünftigen relevanten Gefahren sehen Sie für Ihren Bereich?

# Ursachen und Wirkungen verstehen

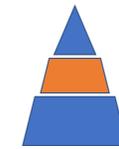
## Häufigkeit und Ursache von Lieferkettenstörungen

Im Jahr 2019 waren insgesamt weniger Unternehmen von Störungen betroffen, und die Zahl der Unternehmen, die fünf oder mehr Störungen erlebten, sank von 15 % im Jahr 2018 auf 10 %.

Der Anteil der Vorfälle bei unmittelbaren Zulieferern ist zum ersten Mal seit 2016 unter 50 % gesunken, jedoch nehmen die Störungen in Stufe 2 und darüber hinaus zu.



**48,9%**  
Störungen in Tier 1



**24,9%**  
Störungen in Tier 2



**12,2%**  
Störungen in Tier 3 und darüber hinaus



**32,6%**  
Die ursprüngliche Ursache wird nicht ermittelt

# Ursachen und Wirkungen verstehen

## Ursache und Folgen von Lieferkettenstörungen

### Top 5 Ursachen für Störungen der Lieferkette im Jahr 2019



**44,1%**

Ungeplanter IT- o. Telekommunikationsausfall



**35,1%**

Widrige Wetterbedingungen



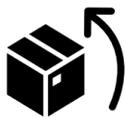
**26,1%**

Cyberangriffe u. Datenmissbrauchsfälle



**21,2%**

Verlust von Personal und Know-how



**15,8%**

Störungen des Transportnetzes

### Top 5 Gründe für Störungen der Lieferkette in den nächsten 12 Monaten (2020)



**61,7%**

Cyberangriffe u. Datendiebstahl



**50,9%**

Ungeplanter IT- o. Telekommunikationsausfall



**43,7%**

Politische Veränderungen



**43,2%**

Widrige Wetterbedingungen



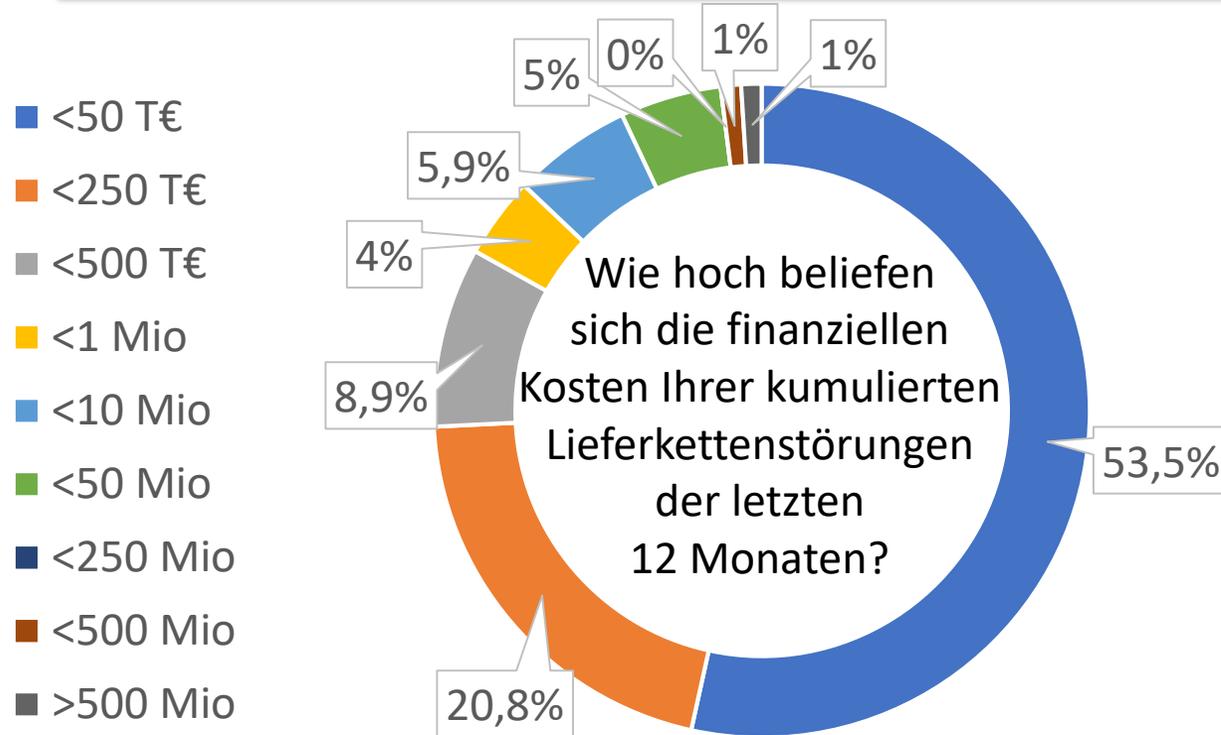
**40,1%**

Neue Gesetze oder Vorschriften

# Ursachen und Wirkungen verstehen

Die überwiegende Mehrheit der Lieferkettenstörungen 2019 verursachte für Unternehmen Verluste von mehr als 50.000€, wobei über 1 von 20 Unternehmen für die schwerste Einzelstörung Verluste von mehr als 100 Mio. € verzeichnete.

Produktivitätsrückgang und Kundenreklamationen durch Lieferkettenstörungen verursachen größere Beeinträchtigungen als die damit verbundenen finanziellen Kosten. Die 5 schwerwiegendsten Folgen der Störungen in 2019:



**50,3%**  
Produktivitätsrückgang



**41,5%**  
Eingehende Kundenreklamationen



**39,9%**  
Steigende Personalkosten



**36,1%**  
Umsatzverluste



**33,9%**  
Verschlechterung des Serviceergebnisses

# Sicherer in unsicheren Zeiten mittels effizienter Resilienz

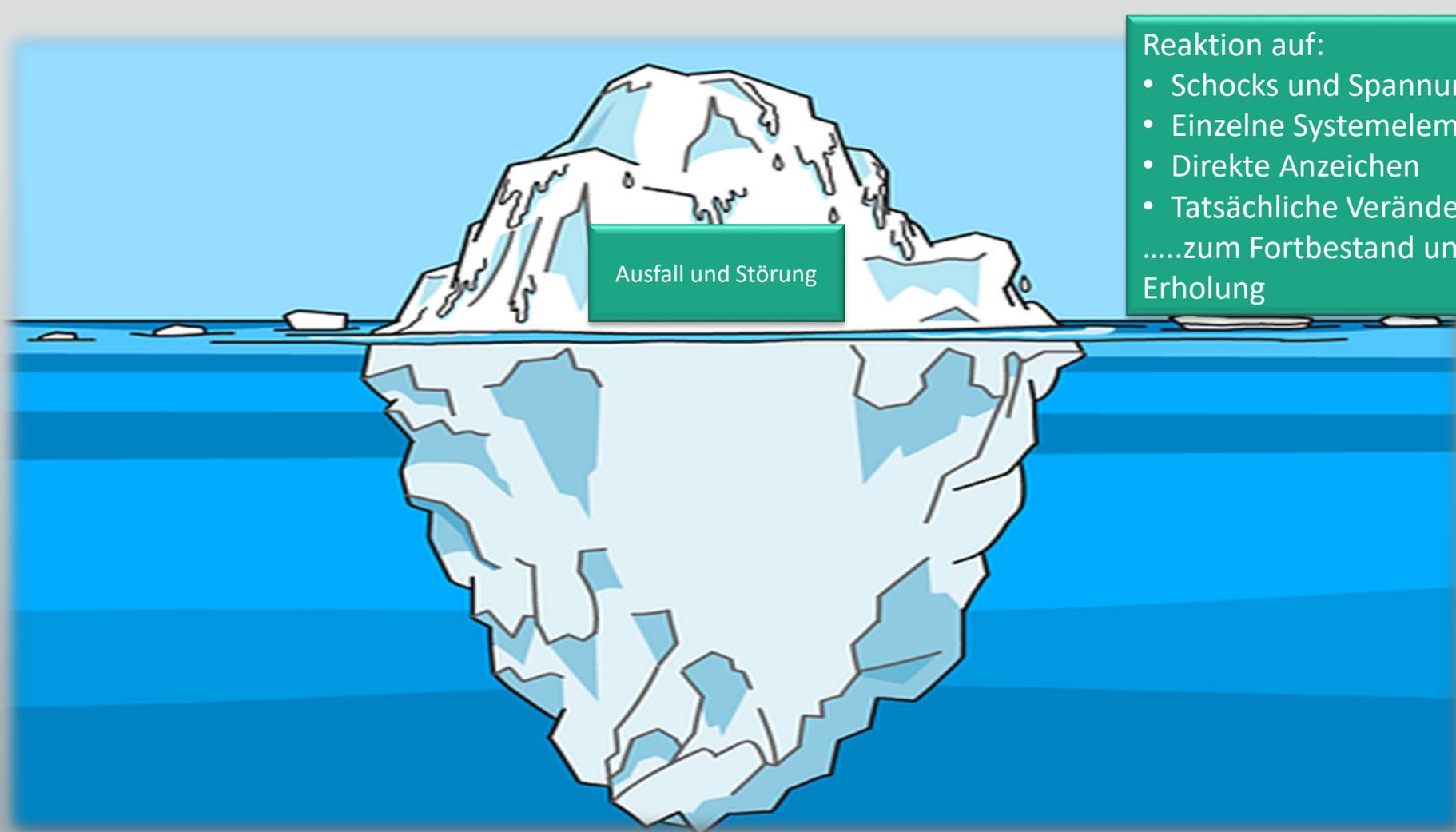
## Warum ein neuer Begriff ?

- Neue unerwartete Ereignisse
- Komplexe globale Zusammenhänge
- Ursache und Wirkung verstehen

Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Was bedeutet nun der neue Begriff  
und wie kann Resilienz erfasst  
werden?

# Ebenen und Hebel der Krisenbewältigung: Der Resilienz Eisberg

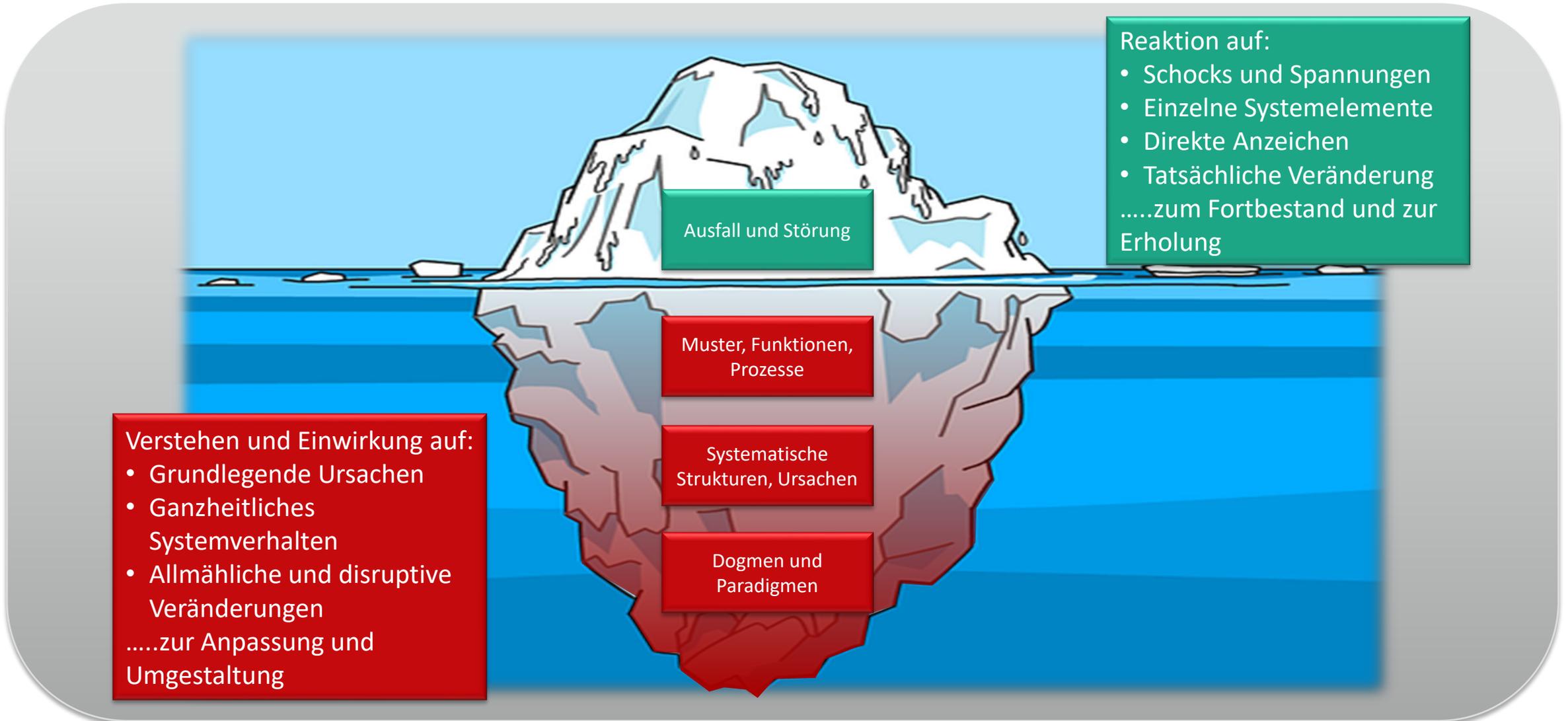


Reaktion auf:

- Schocks und Spannungen
- Einzelne Systemelemente
- Direkte Anzeichen
- Tatsächliche Veränderung  
.....zum Fortbestand und zur Erholung

Ausfall und Störung

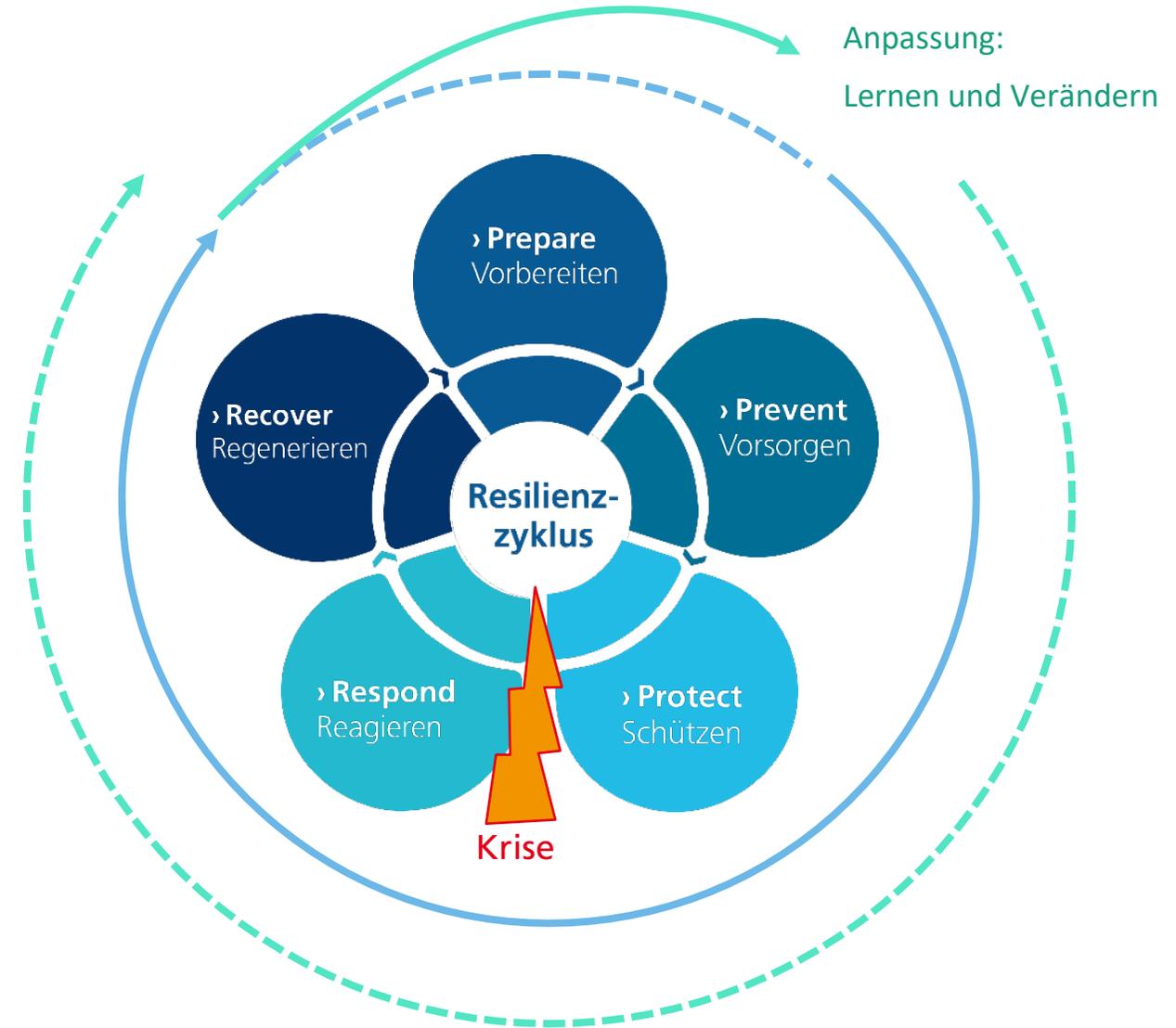
# Ebenen und Hebel der Krisenbewältigung: Der Resilienz Eisberg



# Resilienz: Eine Definition und Konzeptionierung

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.



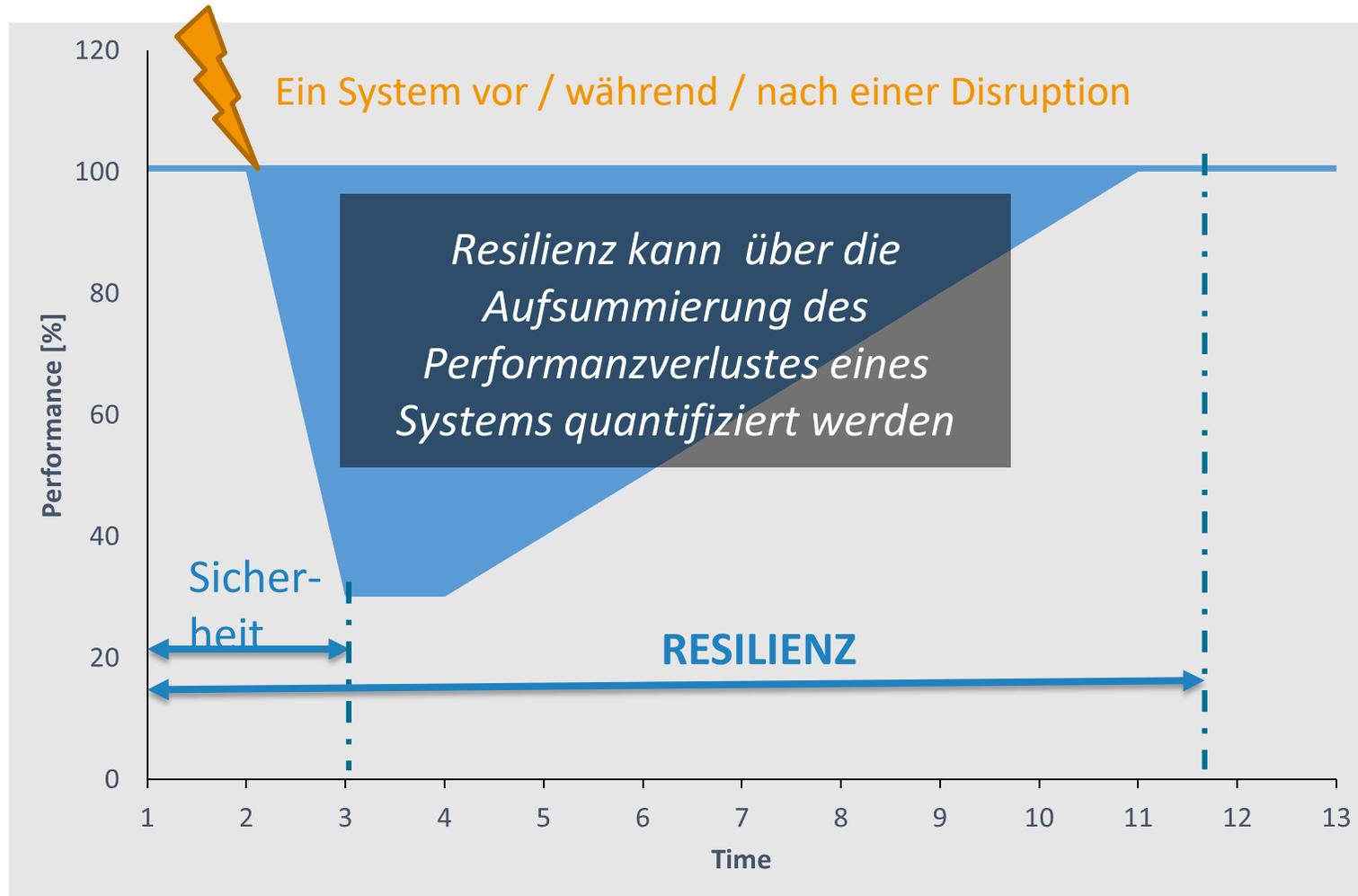
# Resilienz: Eine Definition und Konzeptionierung

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: Vom Konzept zur messbaren Resilienz

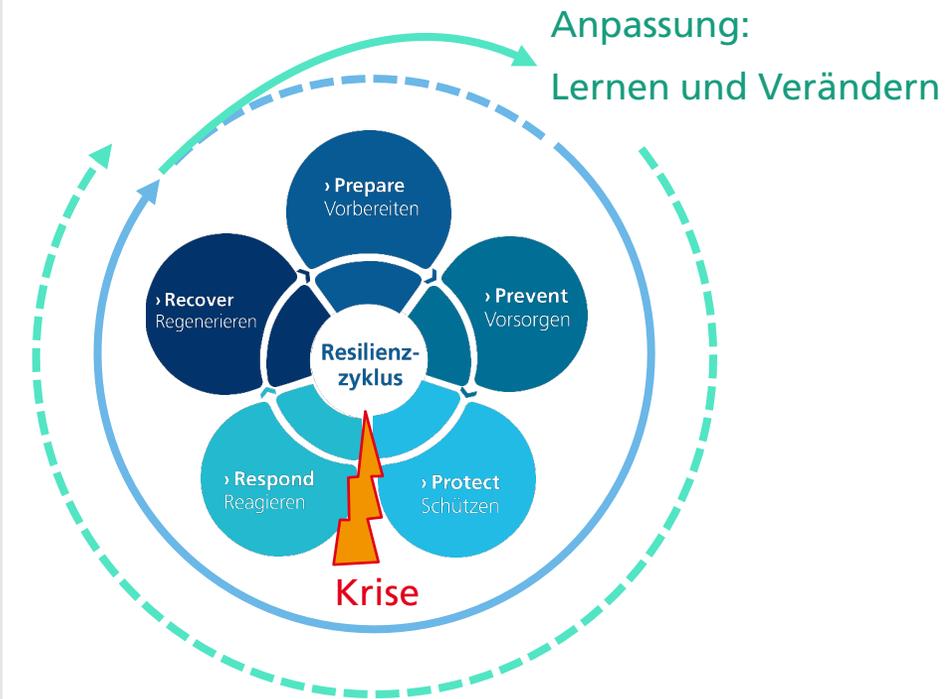
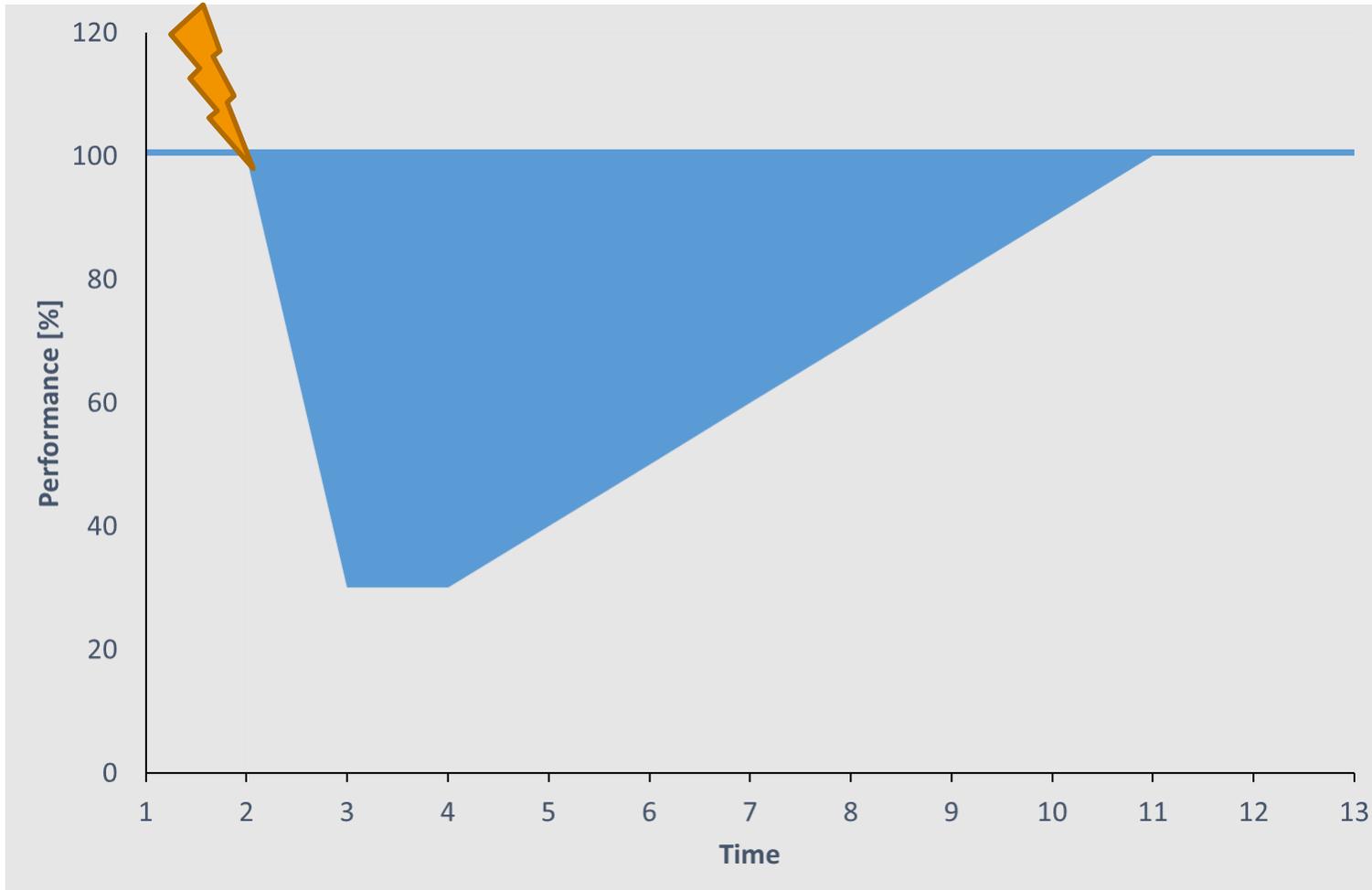


**Messbare Resilienz  
ermöglicht ein Resilience  
Engineering**

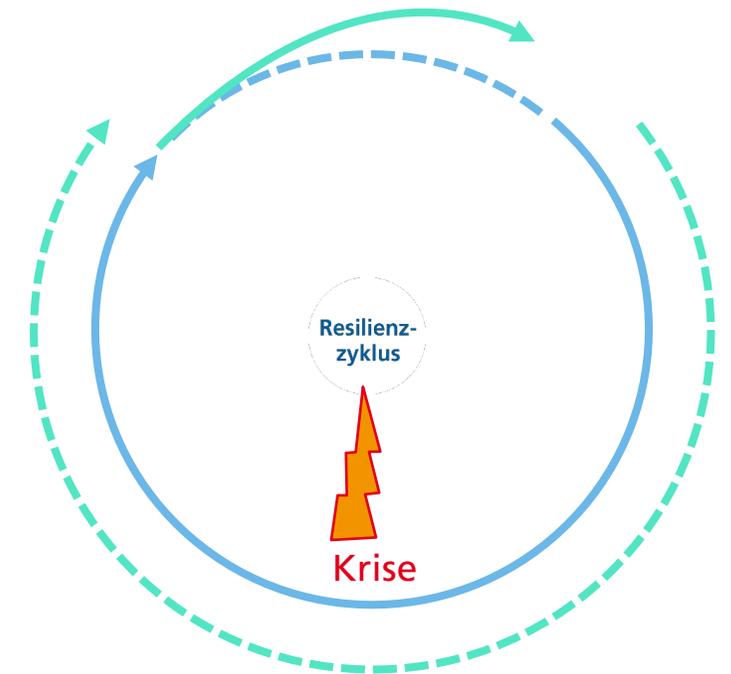
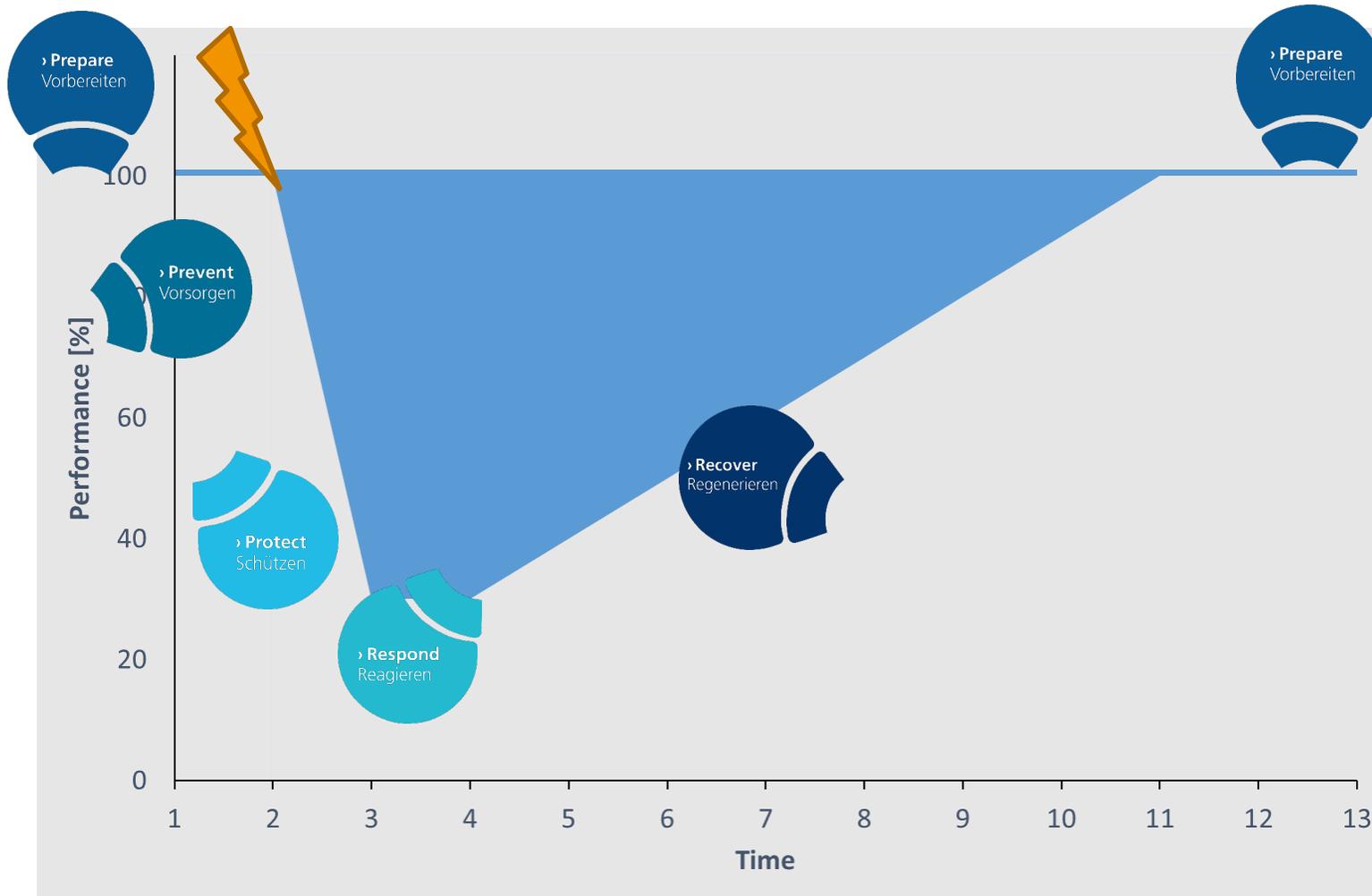
**→ Fläche minimieren!**

**Resilienz erweitert den klassischen Sicherheitsbegriff / Risikoanalyse**

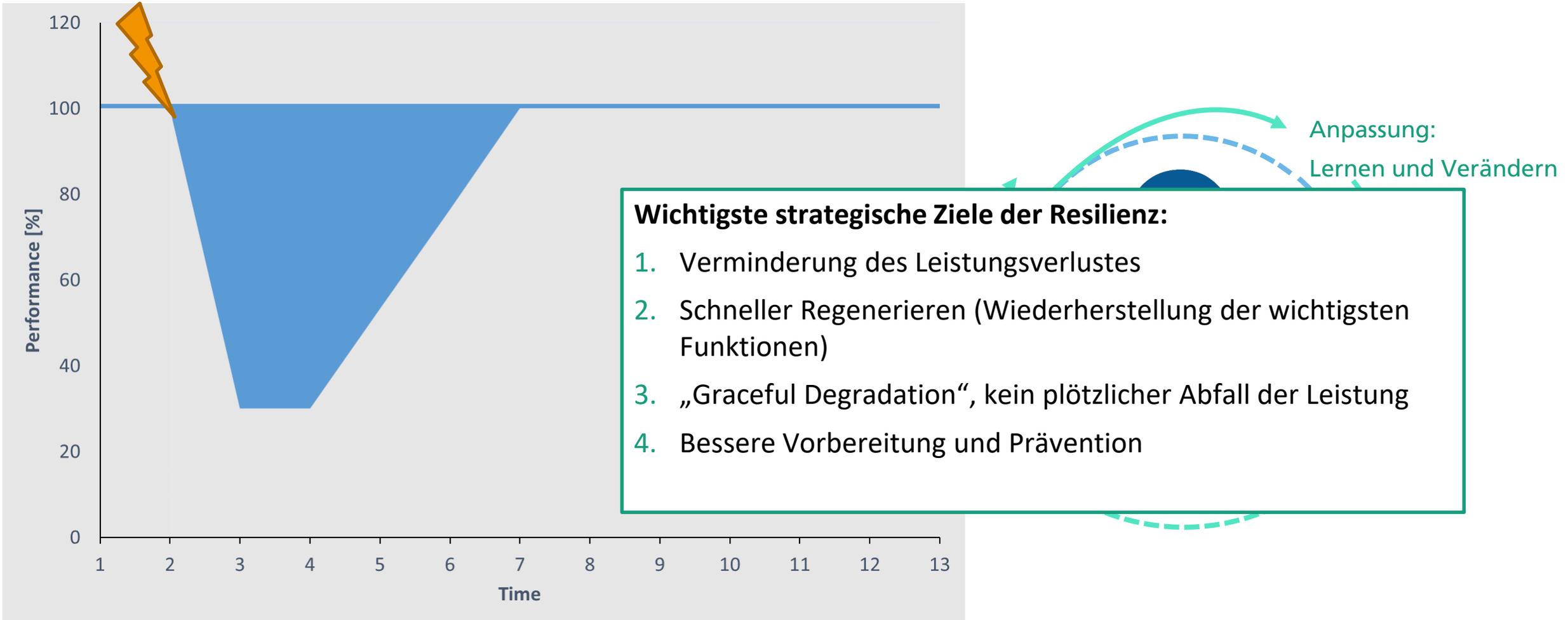
# Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz



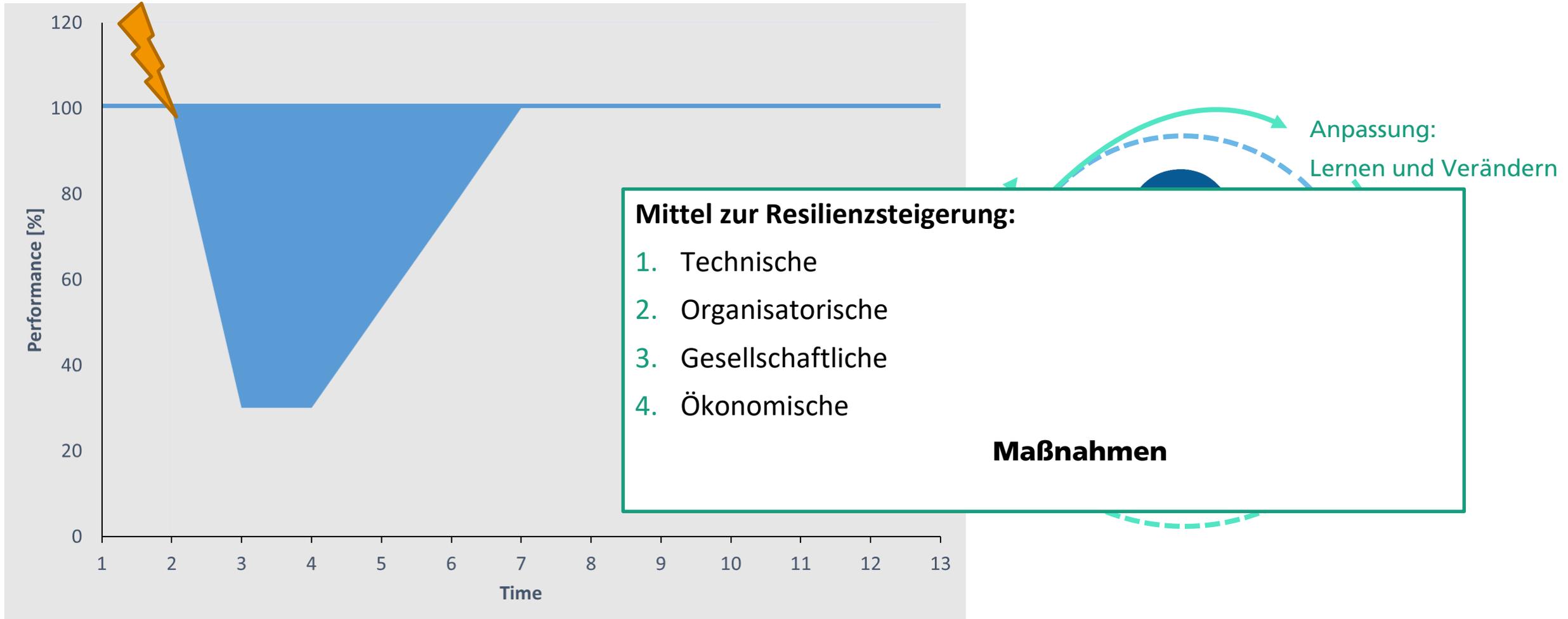
# Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz



# Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz - Resilienzsteigerung



# Resilienz: Vom Konzept zur messbaren Resilienz - Resilienzsteigerung

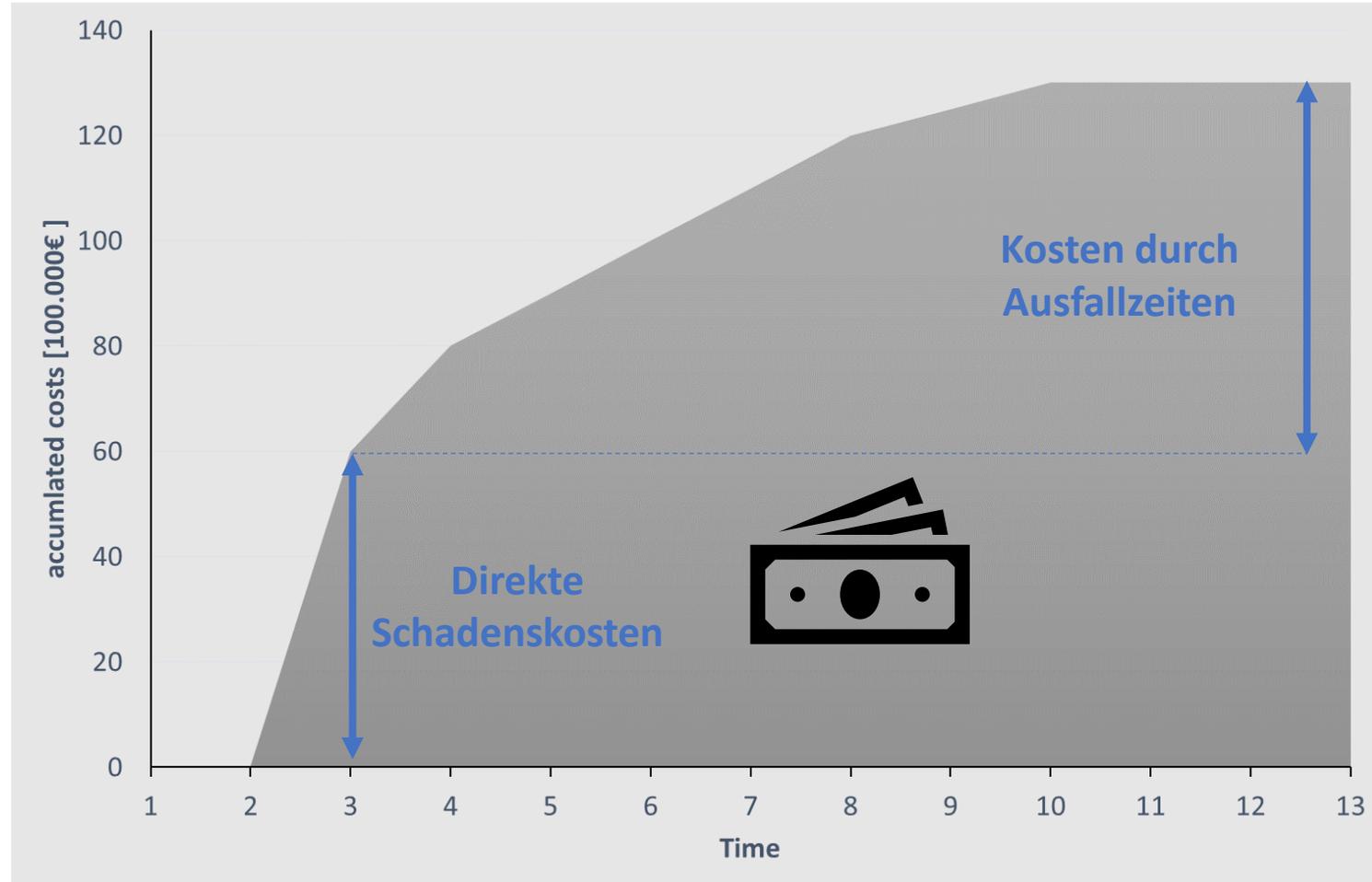
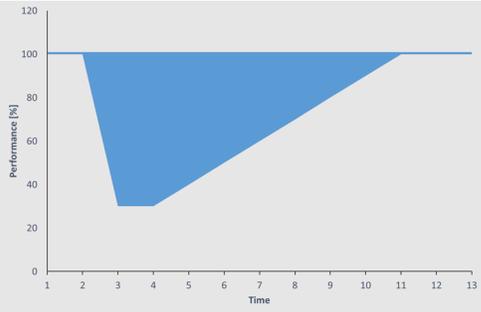


Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Was ist die Effektivität von  
Resilienz?

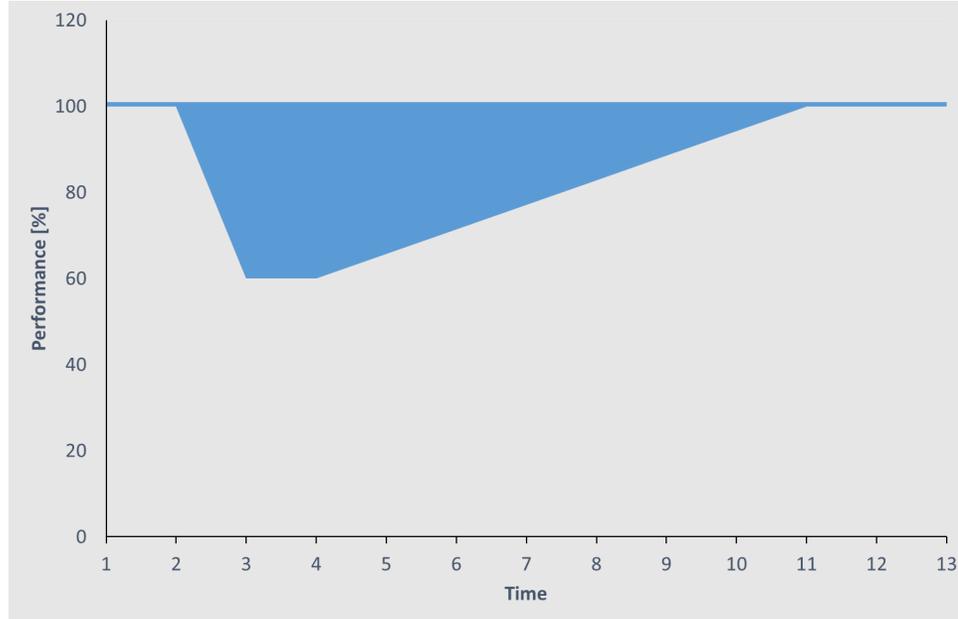
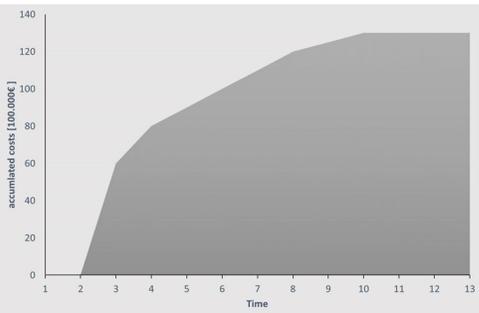
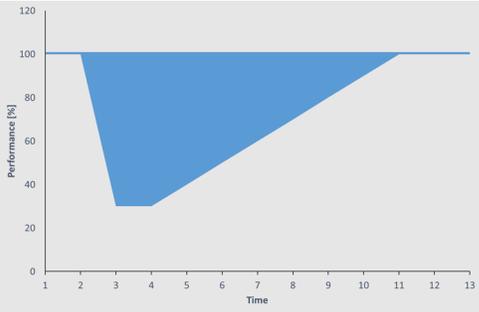
# Pfad zur effizienten Resilienz

## Referenz



# Pfad zur effizienten Resilienz

## Referenz



Resilienz Zuwachs

43%



Resilienzmaßnahme:  
Investion 2 Mio €

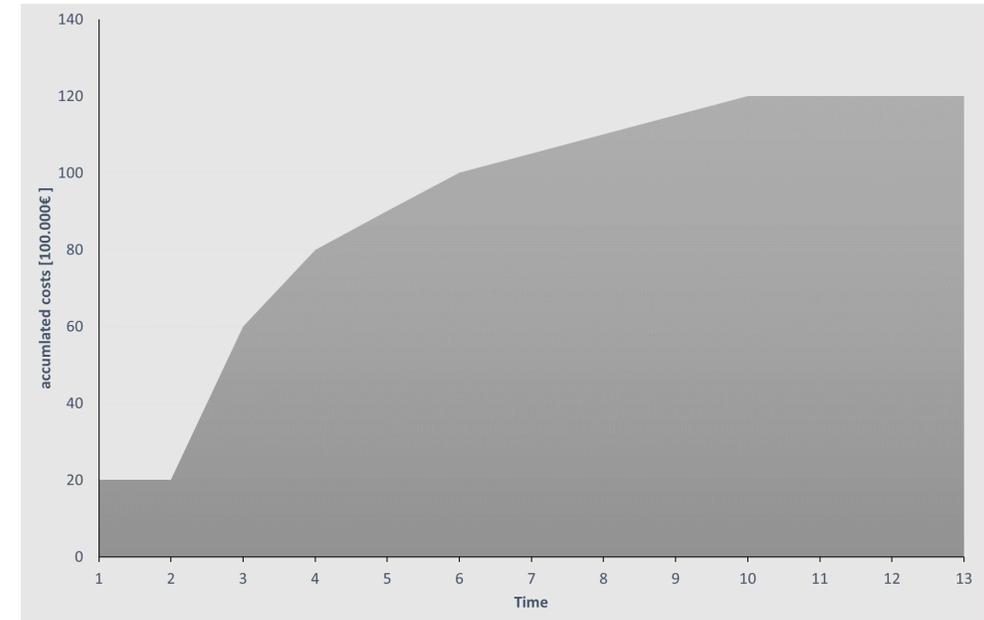


## Wichtigste strategische Ziele der Resilienz:

1. Verminderung des Leistungsverlustes
2. Schneller Regenerieren (Wiederherstellung der wichtigsten Funktionen)
3. „Graceful Degradation“, kein plötzlicher Abfall der Leistung
4. Bessere Vorbereitung und Prävention

Kostensparnis

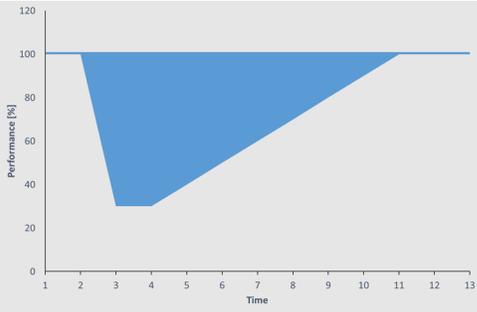
7%



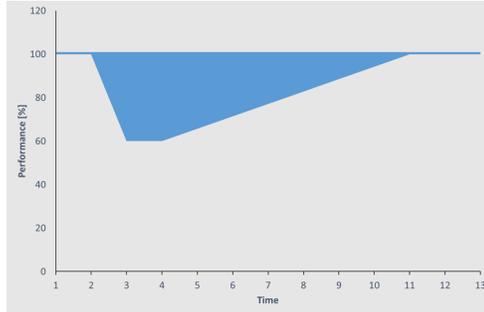
# Pfad zur effizienten Resilienz

» Prepare  
» Vorbereitung

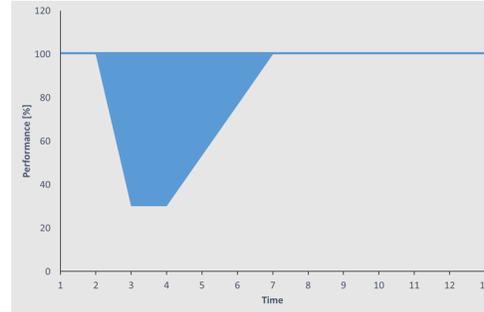
Referenz



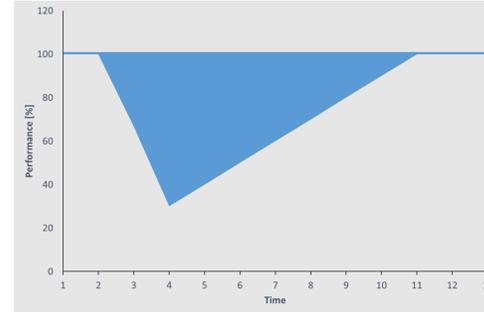
1.



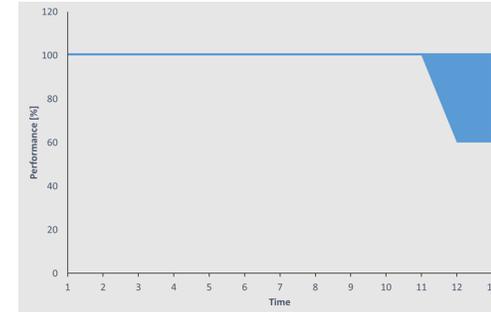
2.



3.



4.



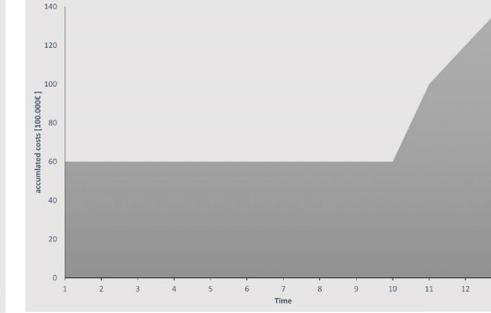
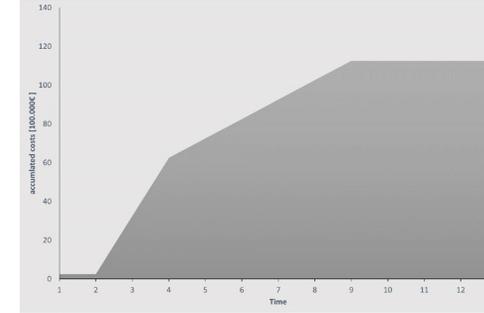
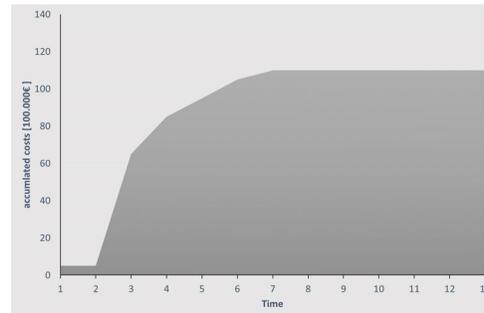
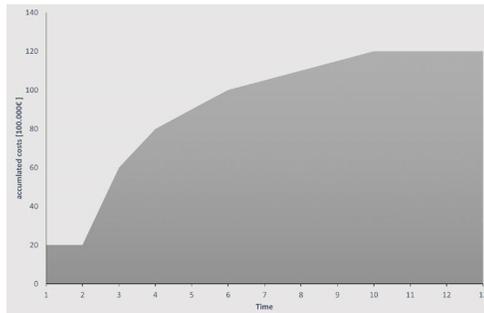
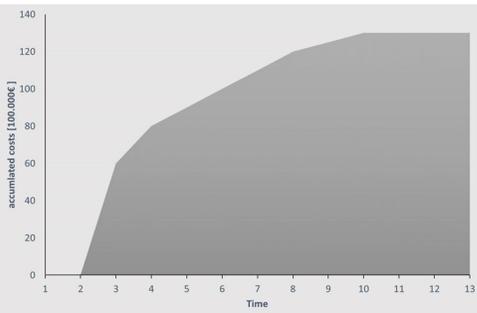
Resilienz Zuwachs

43%

40%

10%

83%



Kostensparnis

7%

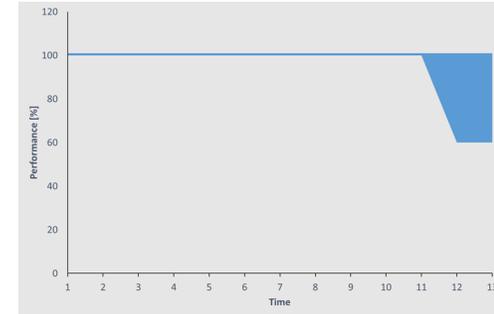
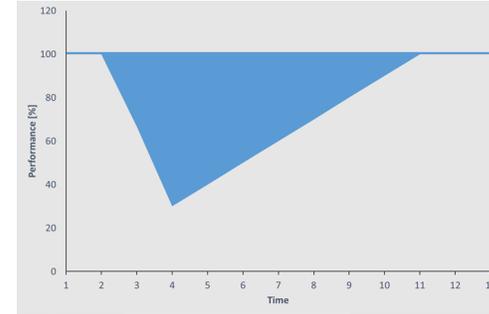
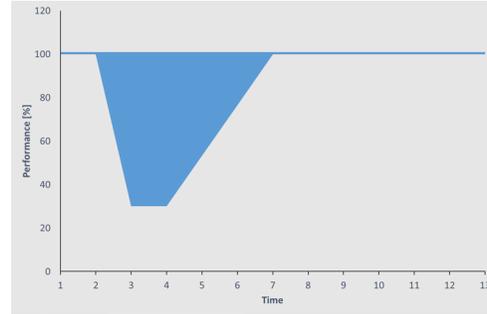
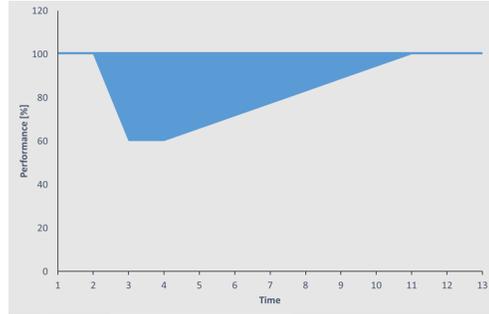
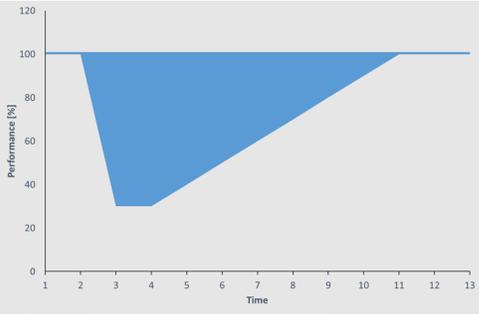
15%

13%

-8%

# Pfad zur effizienten Resilienz

## Referenz



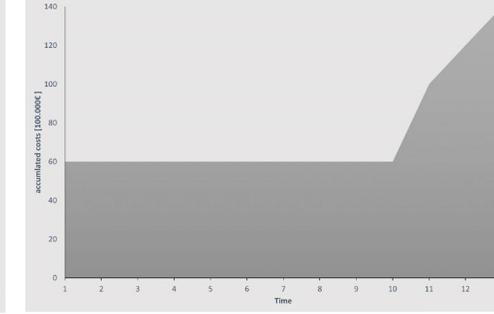
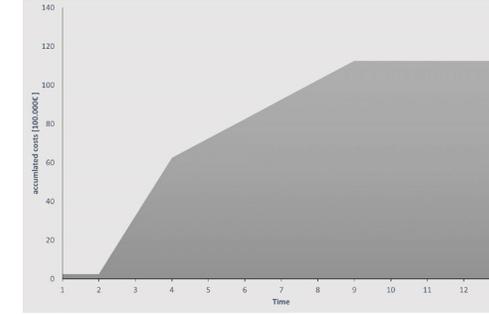
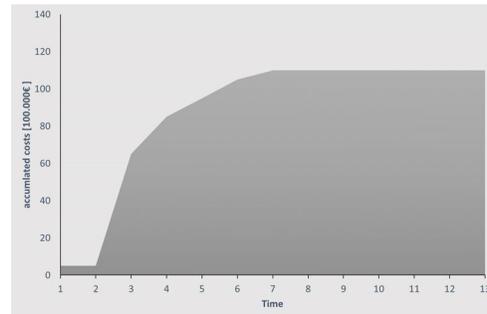
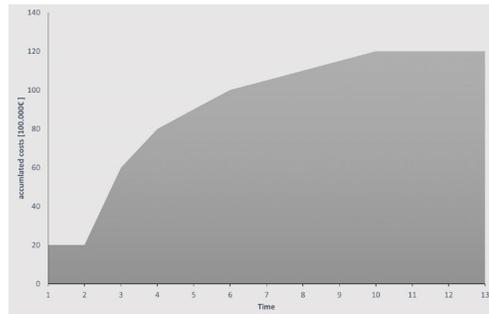
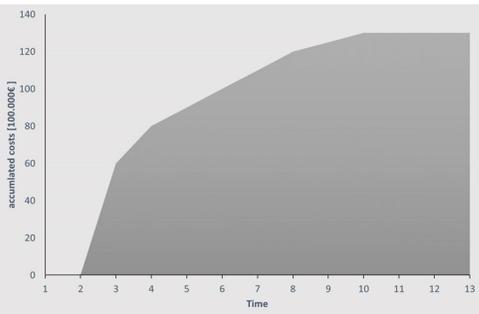
Resilienz Zuwachs

43%

40%

10%

83%



Kostensparnis

7%

15%

13%

-8%

Return of Invest

50%

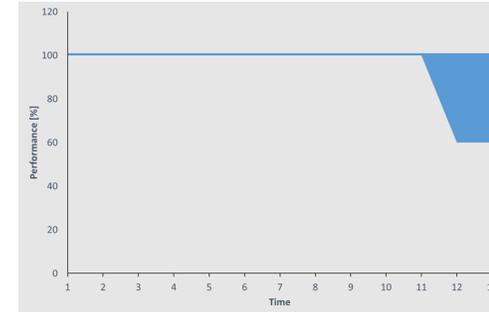
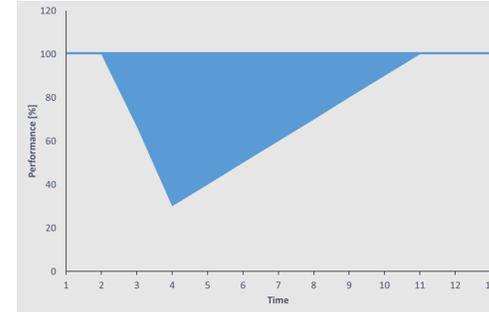
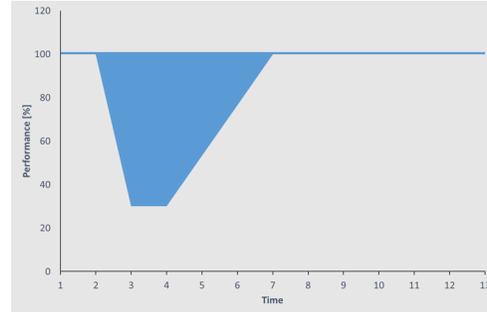
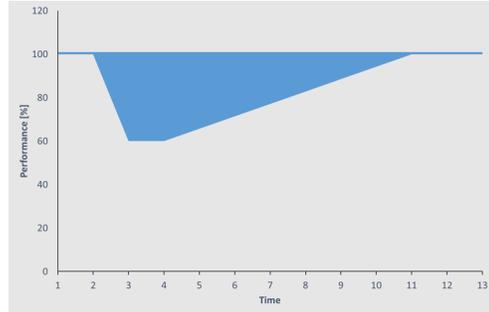
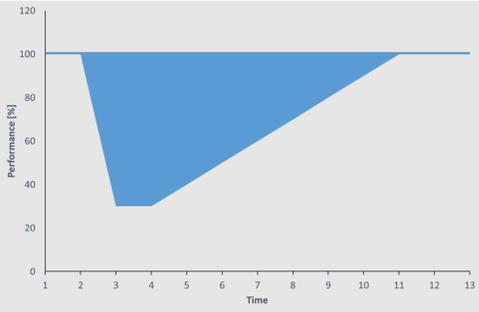
400%

700%

---

# Pfad zur effizienten Resilienz

## Referenz



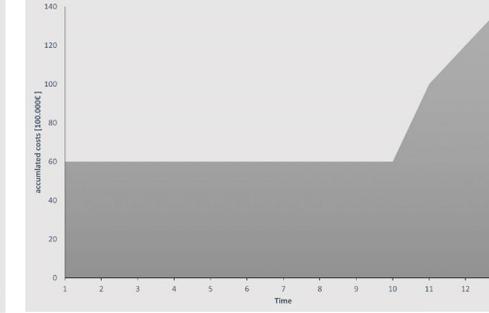
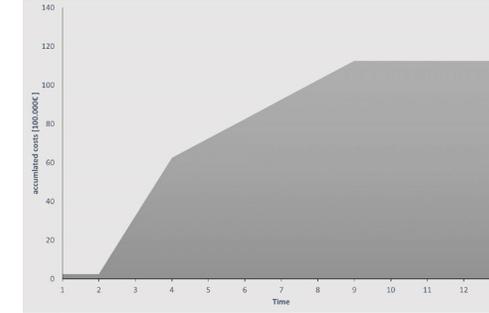
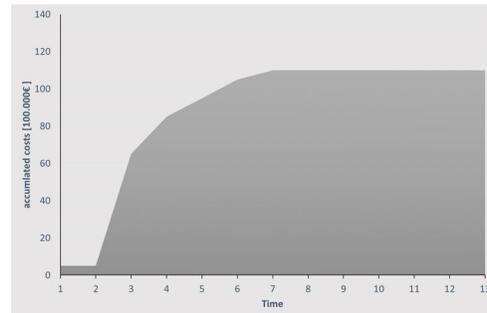
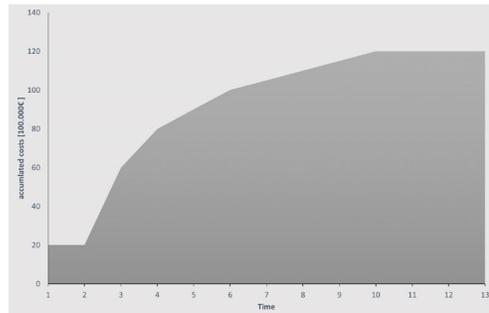
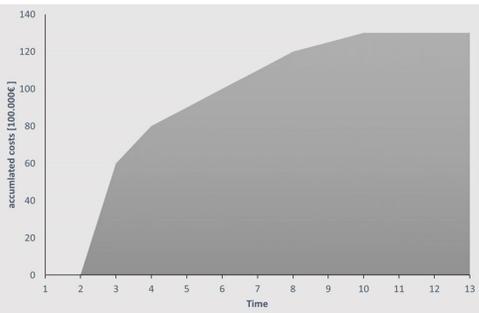
Resilienz Zuwachs

43%

40%

10%

83%



Kostensparnis

7%

15%

13%

-8%

Return of Invest

50%

400%

700%

---

Effizienz

2 %/100T-€

8 %/100T-€

4 %/100T-€

1%/100T-€

Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Beispiele in der Anwendung:

1. Resilienz für KMU  
- der Einstieg

# Resilienz für KMU - **der Einstieg**

- KMUs vorherrschende Unternehmensgröße in der EU
- Disruptionen können Geschäftstätigkeit bzw. Leistung beeinträchtigen und Liquidität mindern
- Risikomanagement Bestandteil von Unternehmen, z.T. Mängel in der praktischen Umsetzung
  
- Herausforderungen
  - Verantwortung gegenüber Mitarbeiter
  - Unterbrochene Lieferketten
  - Turbulenzen Absatzmarkt, Kapitalmarkt
  - Geringer Rücklagenaufbau oder staatlich gestützter Schutzschirm

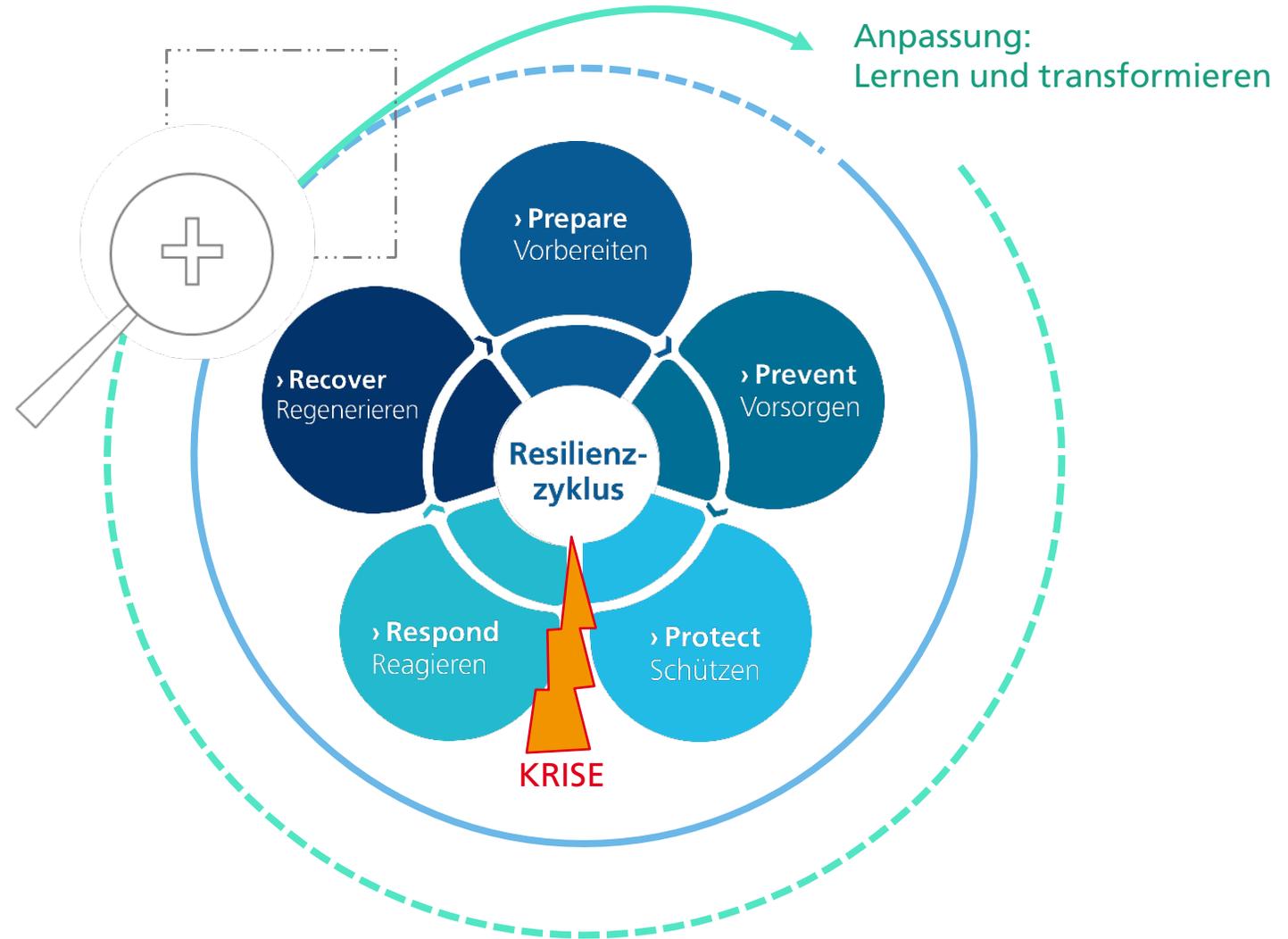
Ziel: Gewährleistung der schnellen Wiederherstellung und Funktionsfähigkeit  
Methodische Umsetzung zur Resilienzbewertung

# Stärkung der Resilienz von KMU

Die Optimierung der Resilienz erfordert eine Überprüfung des gegenwärtigen Zustands.

**FReE**

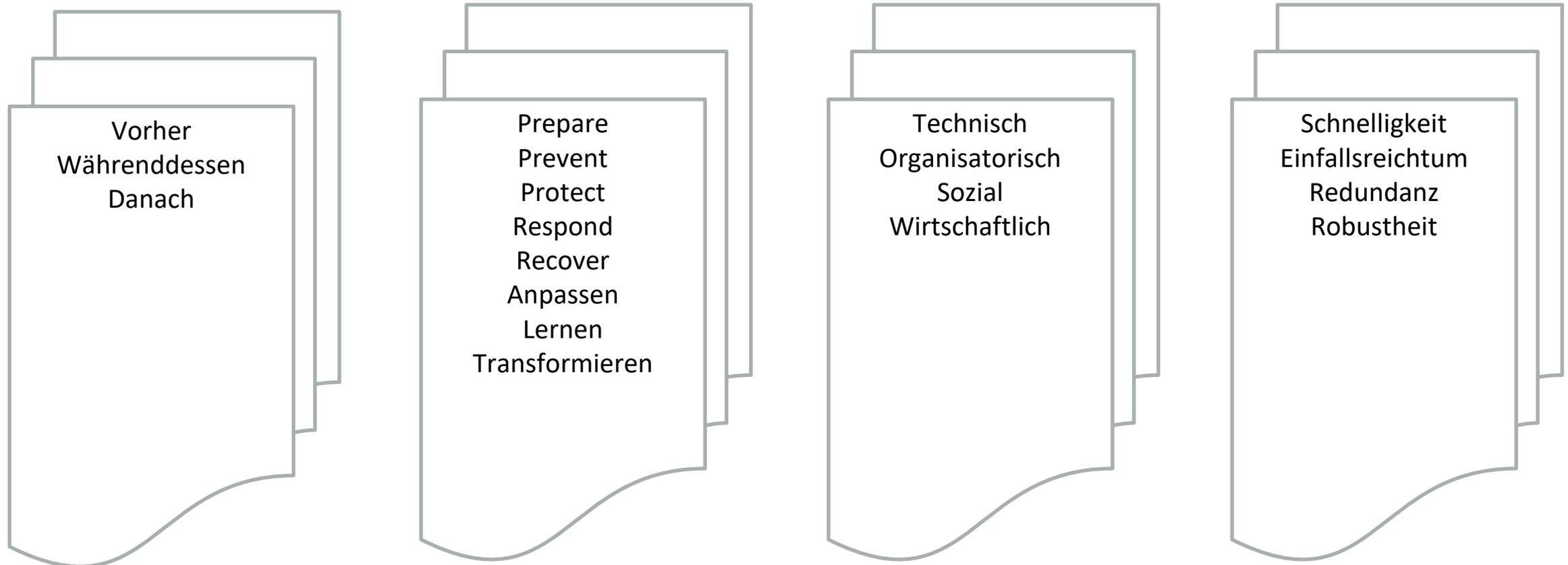
Webbasierter Fragebogen ermöglicht Erfassung der Resilienz.



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

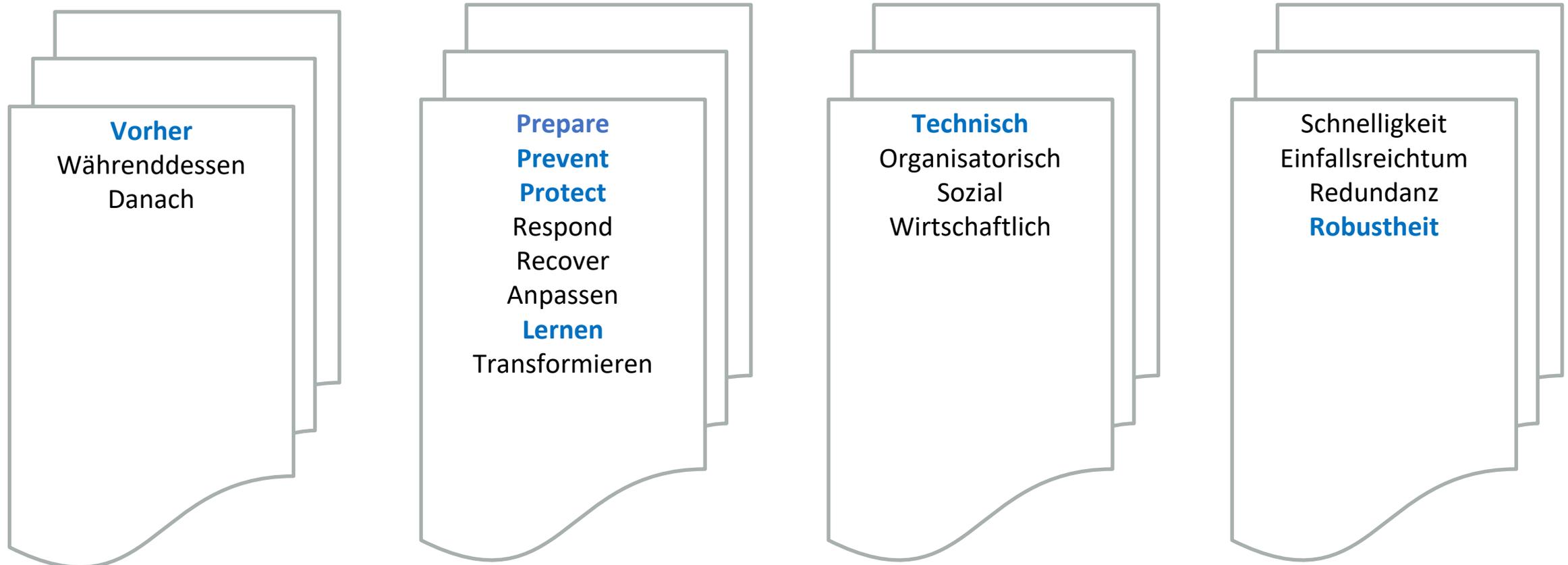
### Resilienz-Dimensionen



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

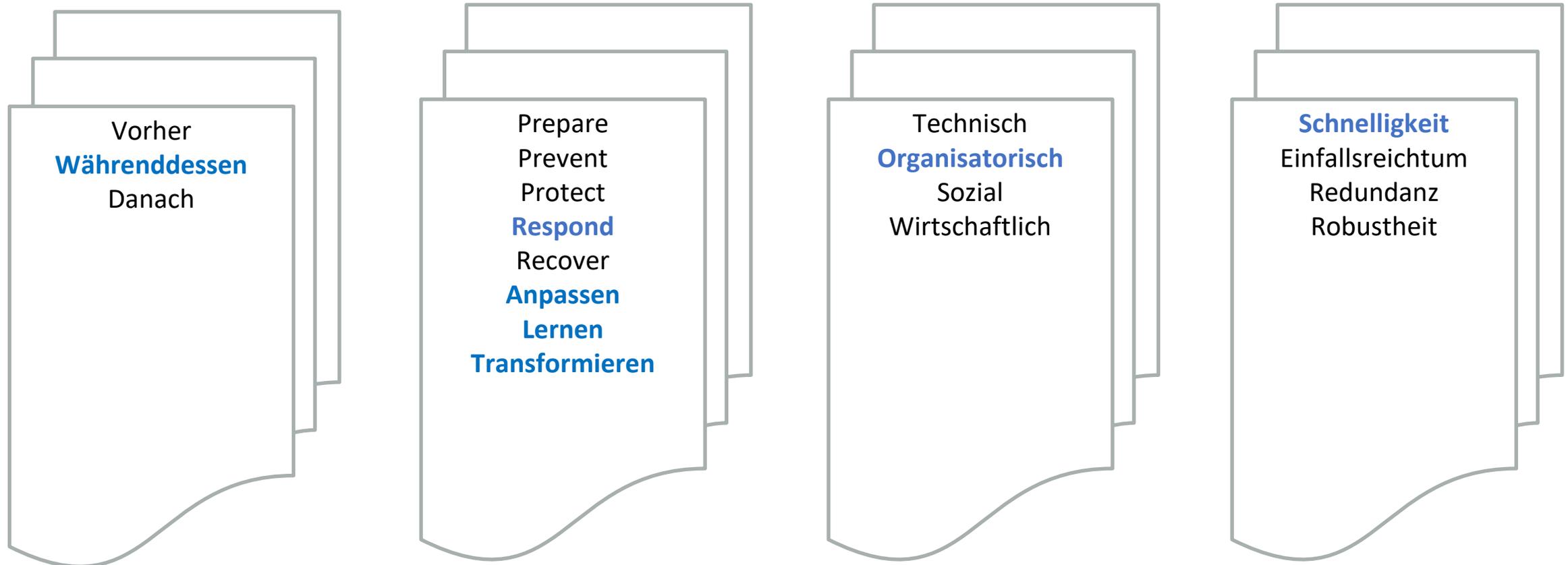
### Resilienz-Dimensionen



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

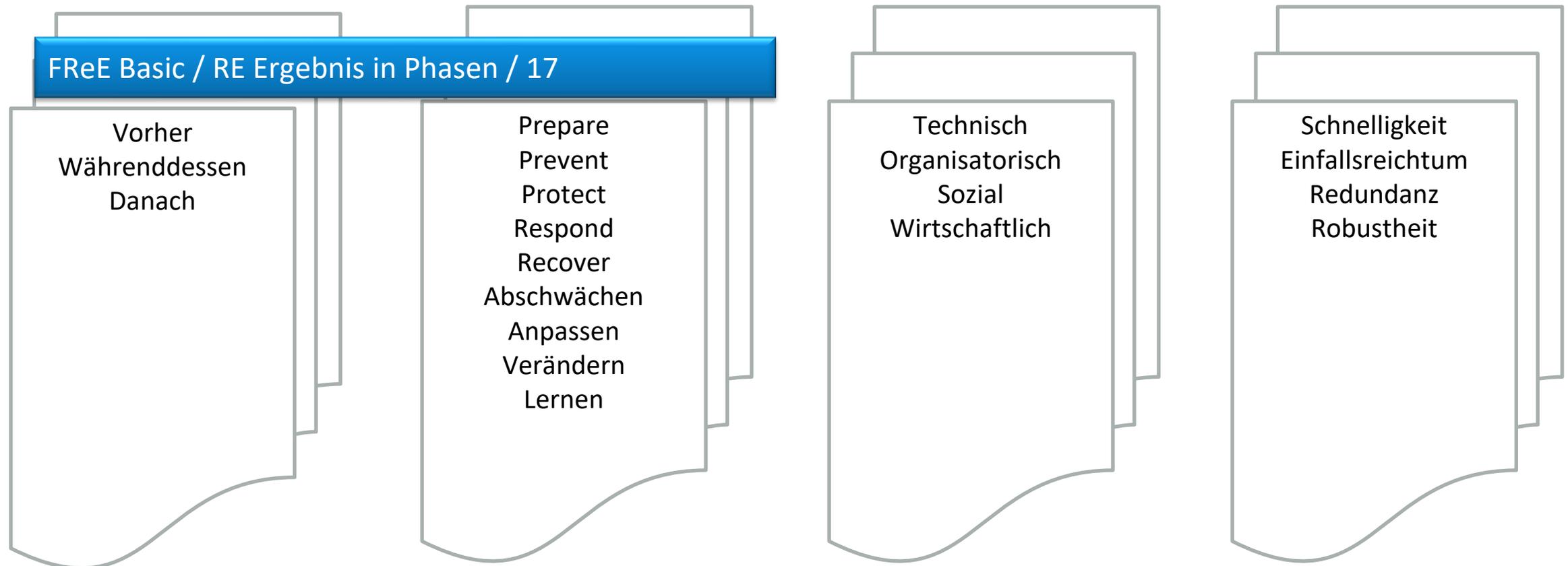
### Resilienz-Dimensionen



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

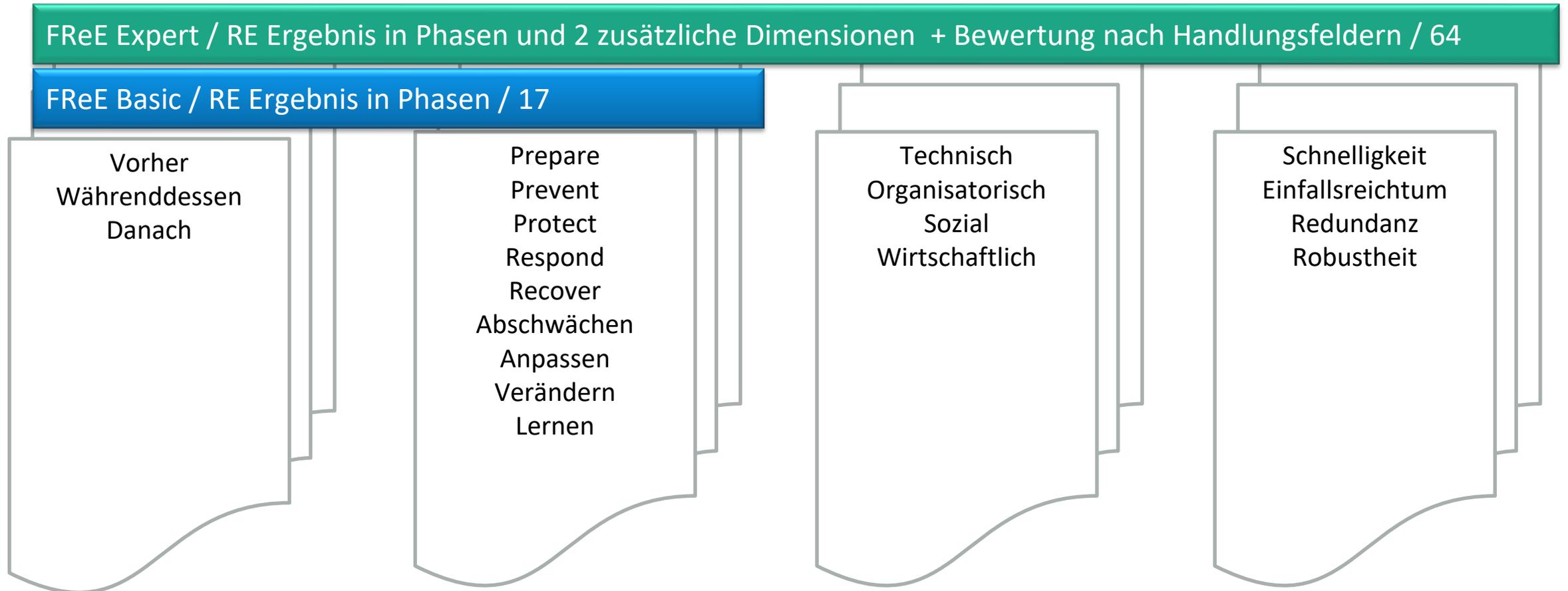
### Resilienz-Dimensionen



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

### Resilienz-Dimensionen



# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

**FReE**  
Fraunhofer Resilience Evaluator

The Fraunhofer Resilience Evaluator (FReE) supports companies in assessing their resilience against potential natural and man-made disruptions. FReE is a valuable tool, that enables companies to effectively quantify the resilience of their business units, facilities or systems.

The research that has led to these results is partially based on work conducted in the project RESILENS, which was funded by the HORIZON 2020 Research and Innovation Program of the European Union. Within the framework of the anti-corona research funding, FReE was evolved by the Fraunhofer Gesellschaft.

If you are interested in testing the Fraunhofer Resilience Evaluator (FReE), please apply for a user account via the contact form of [Daniel Hiller](#).

Username  
Password  
Login

# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## 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/](http://www.resilienz.leute.server.de/free_premium/). The page features the Fraunhofer EMI logo and navigation links for Privacy Policy, Imprint, and Logout. The main content area 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 are four radio button options:

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

A "Next" button is located at the bottom left of the text area. To the right of the text area, there are navigation arrows (<<, <, >, >>), progress bars for "Progress: 100%" and "Section Progress: 100%", and an "Evaluate" button.

### Resilienz Dimensionen

**Vorher**  
Währenddessen  
Danach

Technisch  
Organisatorisch  
Sozial  
**Wirtschaftlich**

**Schnelligkeit**  
Einfallsreichtum  
Redundanz  
Robustheit

# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## 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/](http://www.resilienz.leute.server.de/free_premium/). The page features the Fraunhofer EMI logo and navigation links for Privacy Policy, Imprint, and Logout. 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 detailed question (2.1.2) asks about the recovery times of the backbone communication system. Below the question, there are 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, there are navigation arrows, a progress bar showing "Progress: 100%", and a section progress bar showing "Section Progress: 100%". An "Evaluate" button is positioned below the progress bars.

The diagram, titled "Resilienz Dimensionen", lists various dimensions of resilience. It is organized into three main categories: "Vorher", "Währenddessen", and "Danach". Under "Währenddessen", the dimensions are "Technisch", "Organisatorisch", "Sozial", and "Wirtschaftlich". Under "Danach", the dimensions are "Schnelligkeit", "Einfallreichtum", "Redundanz", and "Robustheit".

# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

Fraunhofer EMI

Privacy Policy Imprint Logout

### 3 After Disruptive Event

3.1 Response capability - Exercise of emergencies, crises and disasters

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.

Fully applies  
 Applies  
 Partially applies  
 Does not apply

Next

Progress: 100%  
Section Progress: 100 %

Evaluate

### Resilienz Dimensionen

Vorher  
Währenddessen  
**Danach**

Technisch  
**Organisatorisch**  
**Sozial**  
Wirtschaftlich

Schnelligkeit  
**Einfallsreichtum**  
Redundanz  
Robustheit

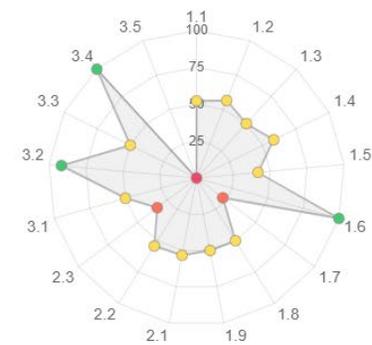
# Erhöhung der Resilienz von KMU: Fraunhofer Resilience Evaluator

## Webtool zur Erfassung und Bewertung der Resilienz von Unternehmen

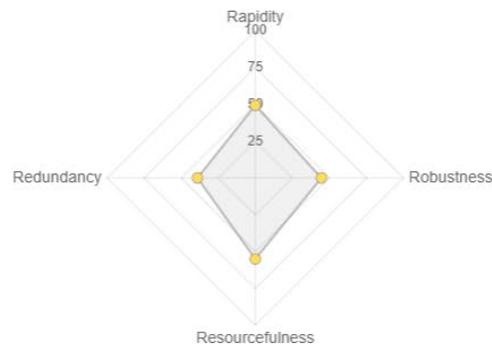
Average Score per Section



Average Score per Subsection



Score per 4R-Dimension



Score per TOSE-Dimension



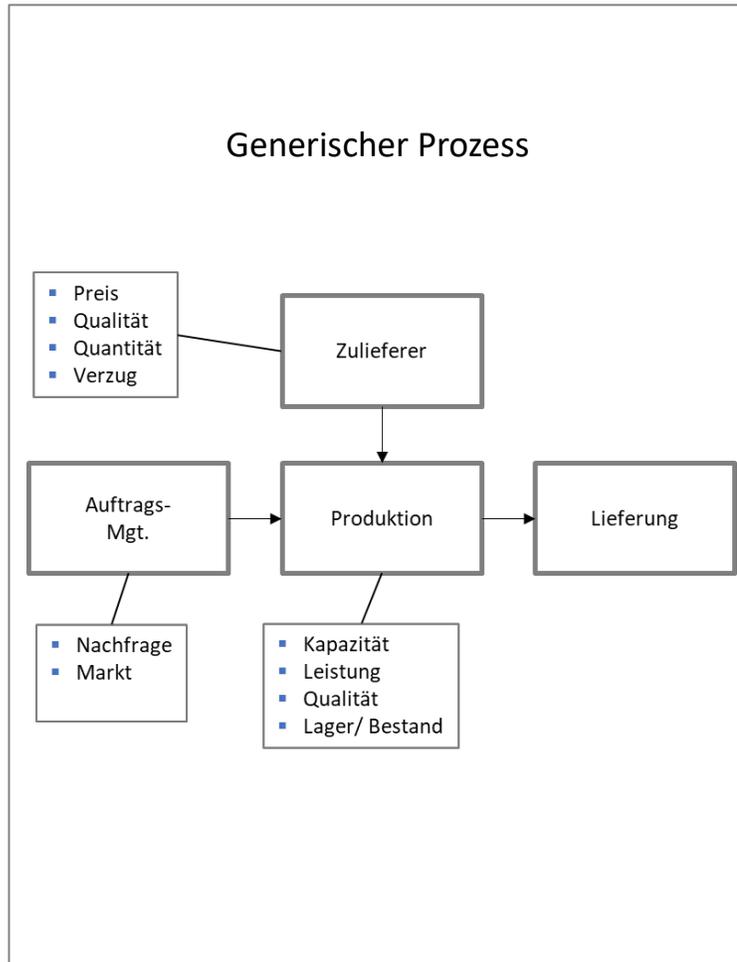
Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Beispiele in der Anwendung:

1. Resilienz für KMU
  - Konkrete Detailbetrachtung

# Bewertung kritischer Prozesse in kleineren und mittleren Unternehmen

## Methodik

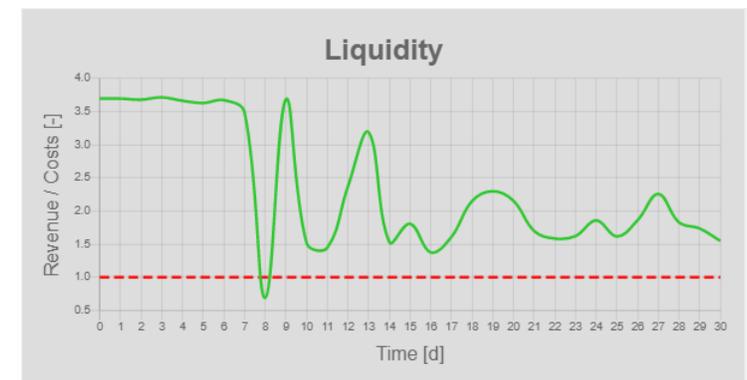


### ■ Quantifizierung von Resilienz

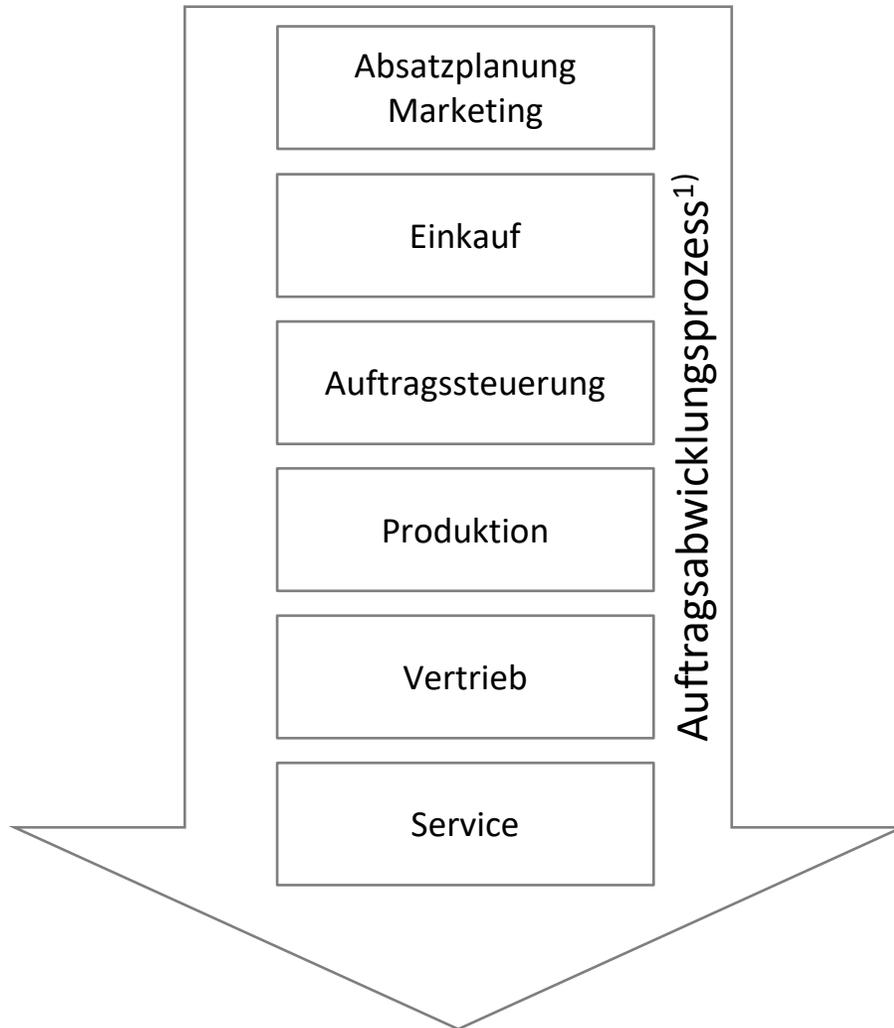
- Leistung
- Liquidität

### ■ Einbindung Schutzmaßnahmen

- Effizienz
- Resilienz-Phasen



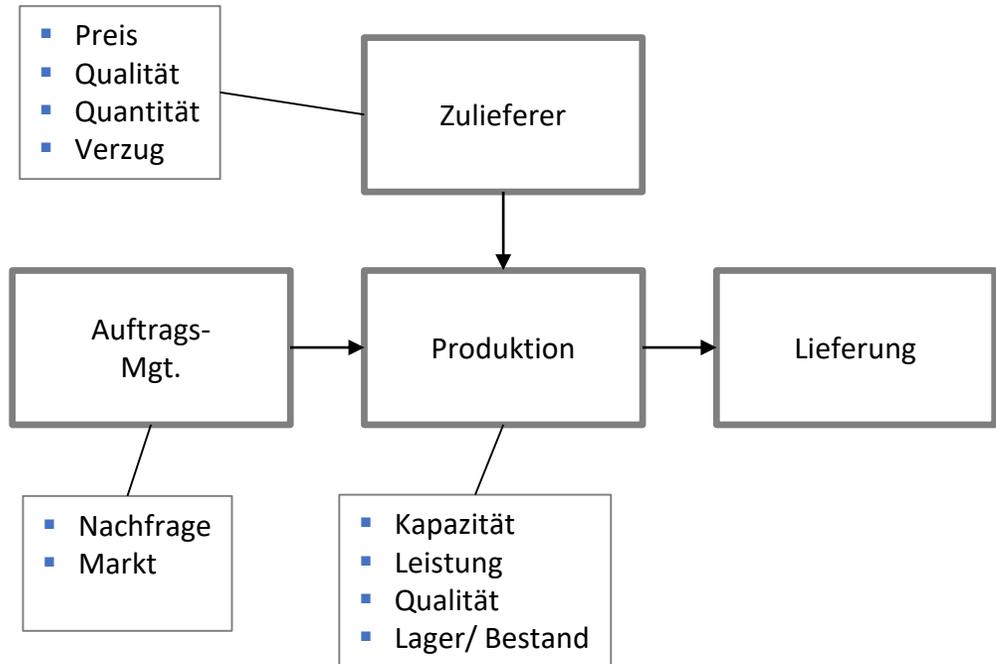
# Charakterisierung eines Unternehmens



- **Ökonomische Aspekte**
  - Liquidität
  - Wirtschaftlichkeit (Relation von Aufwand und Leistung)
  - Auslastung
  - Technische Mittel zur Arbeitsleistung
- **Mitarbeiter**
  - Zusammensetzung
  - Relation Fachkräfte zur Gesamtanzahl
- **Zeit**
  - Aufwand für einzelne Prozesse
- **Externe Einflüsse**
  - Lieferfähigkeit Zulieferer
  - Preisbildung

# Einzelbetrachtung eines kritischen Prozesses

## Generische Darstellung & charakteristische Größen



### ■ Produktion

- Dauer
- Anzahl Mitarbeiter
- Einrichtung
- Qualität
- Bestand
- Lagerprozess

### ■ Zulieferer

- Erforderliche Ressourcen
- Produktbestandteile
- Zuverlässigkeit
- Preisbildung

### ■ Kunden

- Kunden von Kunden
- Anzahl Aufträge
- Nachfrage

### ■ Bilanzierung

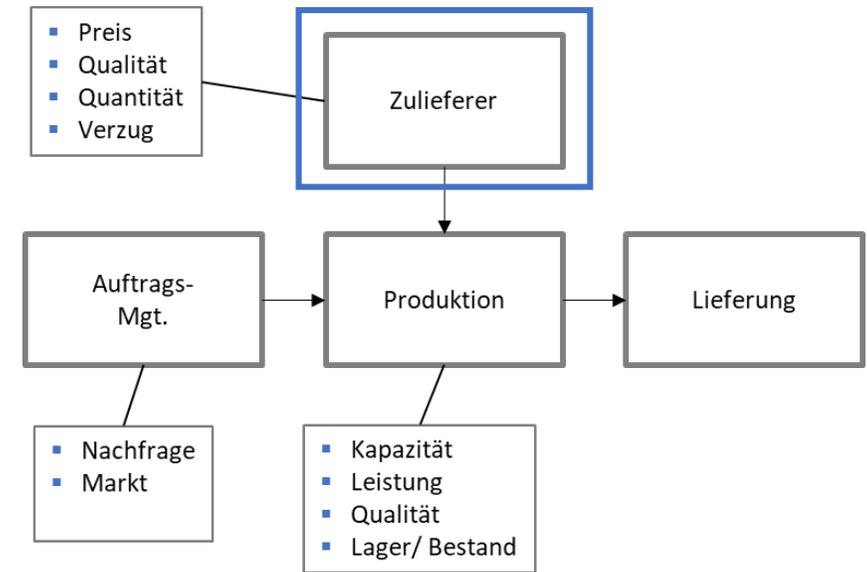
- Ausgaben
  - Personalkosten
  - Ressourcen, Einrichtung
  - Zulieferer
- Einnahmen
  - Verkaufte Produkte

generalisiertes Modell zur Simulation der Prozesse und der Resilienz-Quantifizierung

# Einzelbetrachtung eines kritischen Prozesses

## Bewertung Zulieferer<sup>1)</sup>

- Anzahl Produktbestandteile → Anzahl Zulieferer
- Erforderliche Menge Zulieferer = Bedarf / Lieferfrequenz
- Mögliche Risiken
  - Kosten (Eintritts-Wsk., Schaden [€])
  - Qualität (Eintritts-Wsk.)
  - Lieferungsverzögerung (Eintritts-Wsk., Dauer [Tage])



1) Von Cube et al. (2014)

# Einzelbetrachtung eines kritischen Prozesses

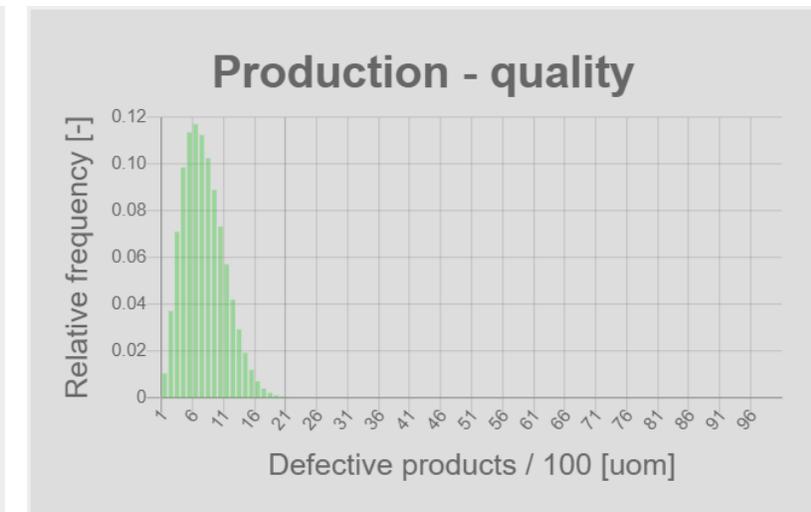
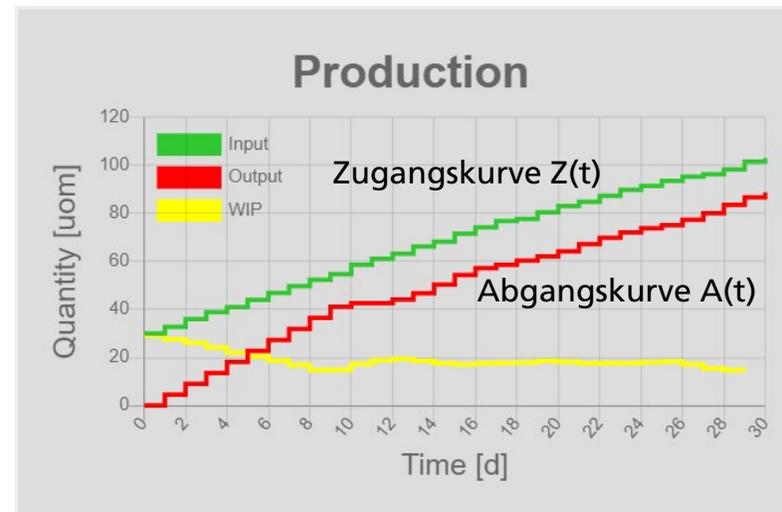
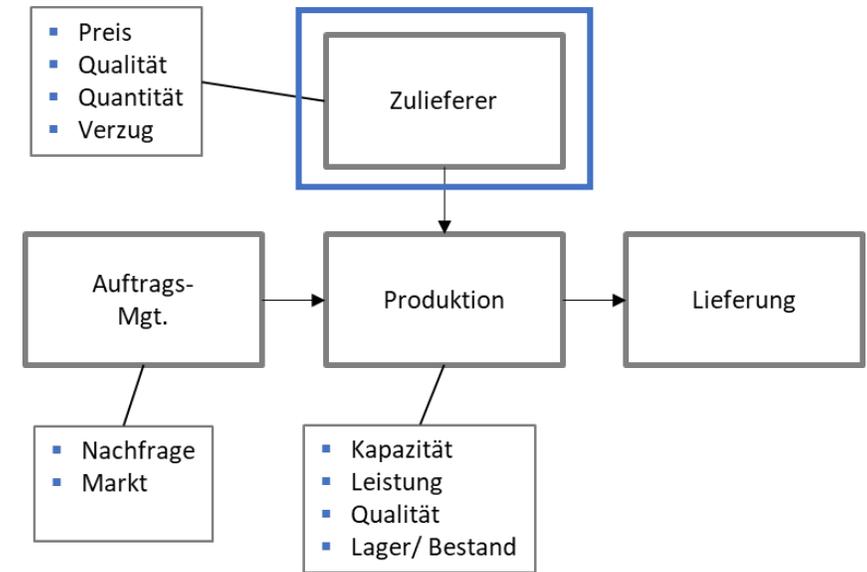
## Bewertung Produktion<sup>1)</sup>

### ■ Charakterisierung Produktionsprozess

- Zugang, Bestand, Abgang
- Auftragszeit
- Durchführungszeit
- Durchlaufzeit

### ■ Leistungsgrößen

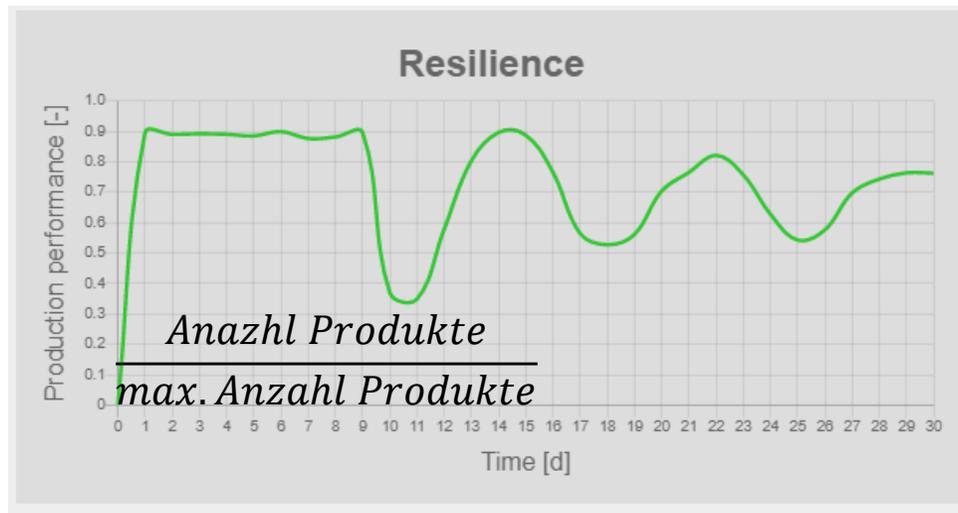
- Nachfrage
- Zulieferer
- Betriebsmittel
- Personal



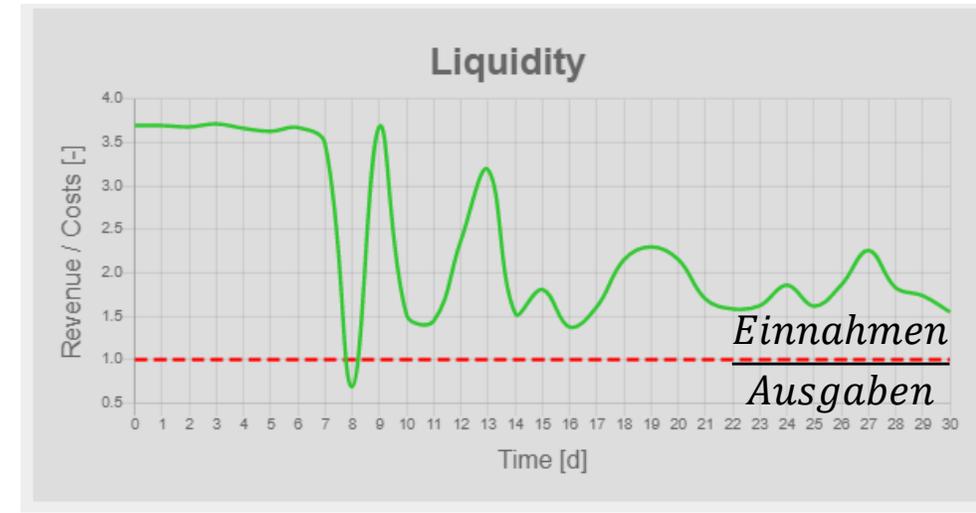
1) Nyhuis, Wiendahl (2012): Logistische Kennlinien

# Analyseergebnisse: Leistungsbewertung und Liquidität

- Leistung Beeinflussung durch
  - Qualität in der Produktion
  - Kapazität
  - Lagerbestände
  - Zulieferer (Menge, Qualität)



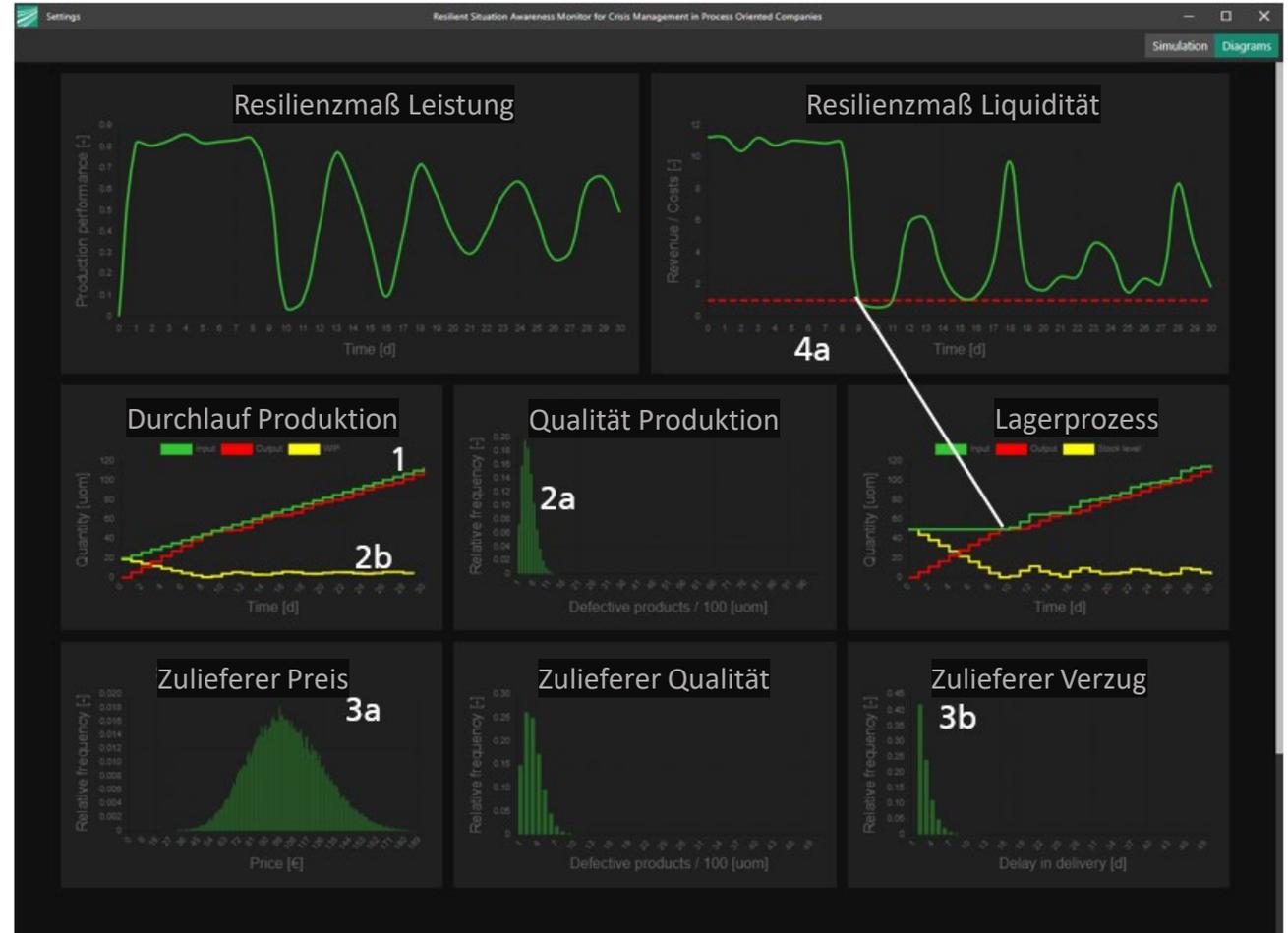
- Ausgaben
  - Personal
  - Ressourcen
  - Zulieferer (Preis)
- Einnahmen
  - Marktsituation, Nachfrage
  - Anzahl gefertigte Produkte



# Fallbeispiel: Bewertung eines Unternehmens

## Normalzustand

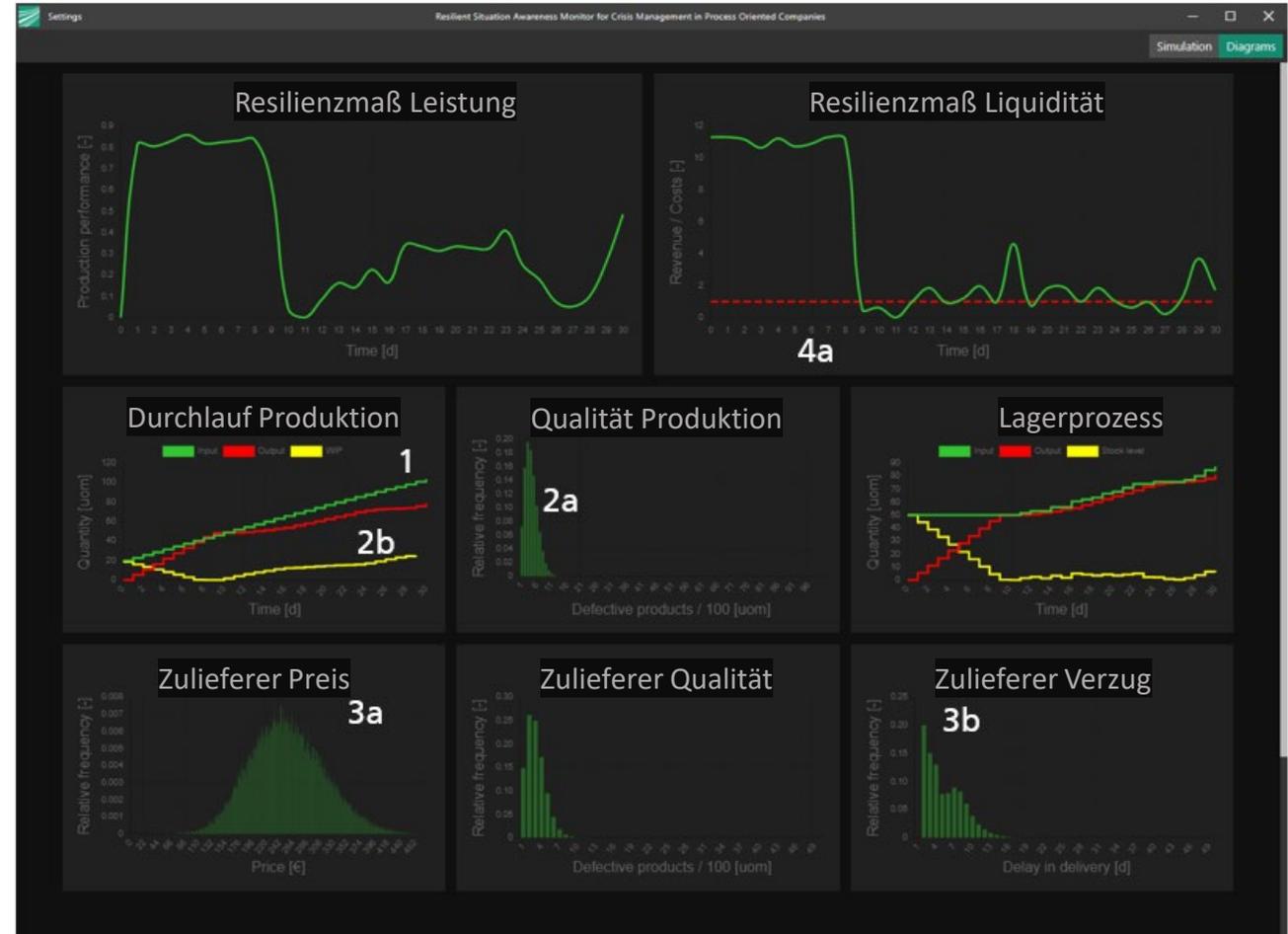
- (1) Kontinuierliches Auftragsvolumen
- (2) Produktion
  - a) Variation Leistung (Qualität)
  - b) Konstanter WIP
- (3) Zulieferer
  - a) Konstanter Preis
  - b) Pünktliche Lieferung
- (4) Liquidität
  - a) Schwankungen durch Ausgaben



# Fallbeispiel: Bewertung eines Unternehmens

## Disruption „Pandemie“

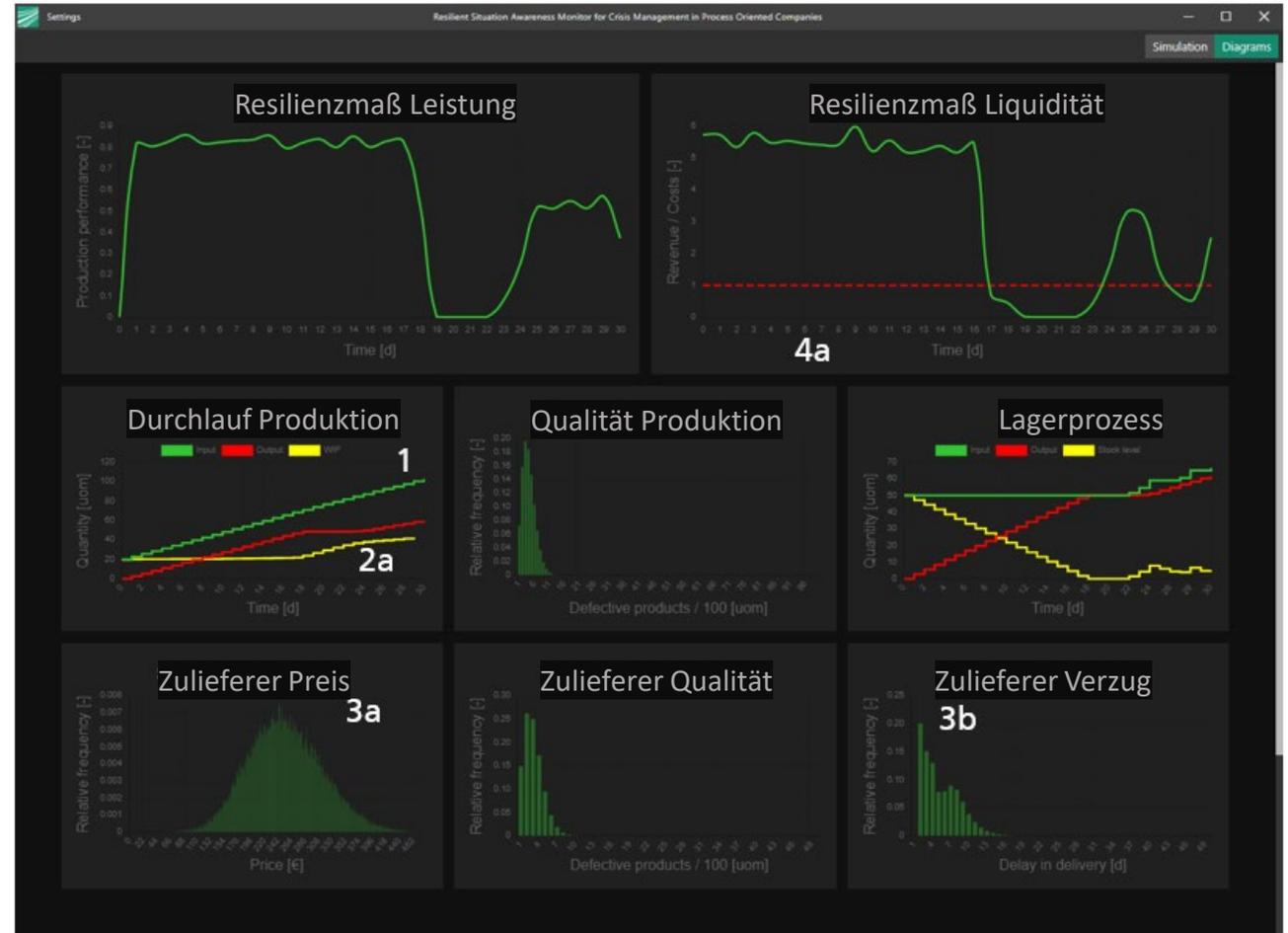
- (1) Verringeretes Auftragsvolumen
- (2) Produktion
  - a) Variation Leistung (Qualität)
  - b) Steigender WIP
- (3) Zulieferer
  - a) Steigender Preis
  - b) Möglicher Lieferverzug
- (4) Liquidität
  - a) Erhöhte Ausgaben
  - b) Geringerer Absatz (geringe Nachfrage, Verzug Zulieferer)
  - c) Schwankungen durch Ausgaben



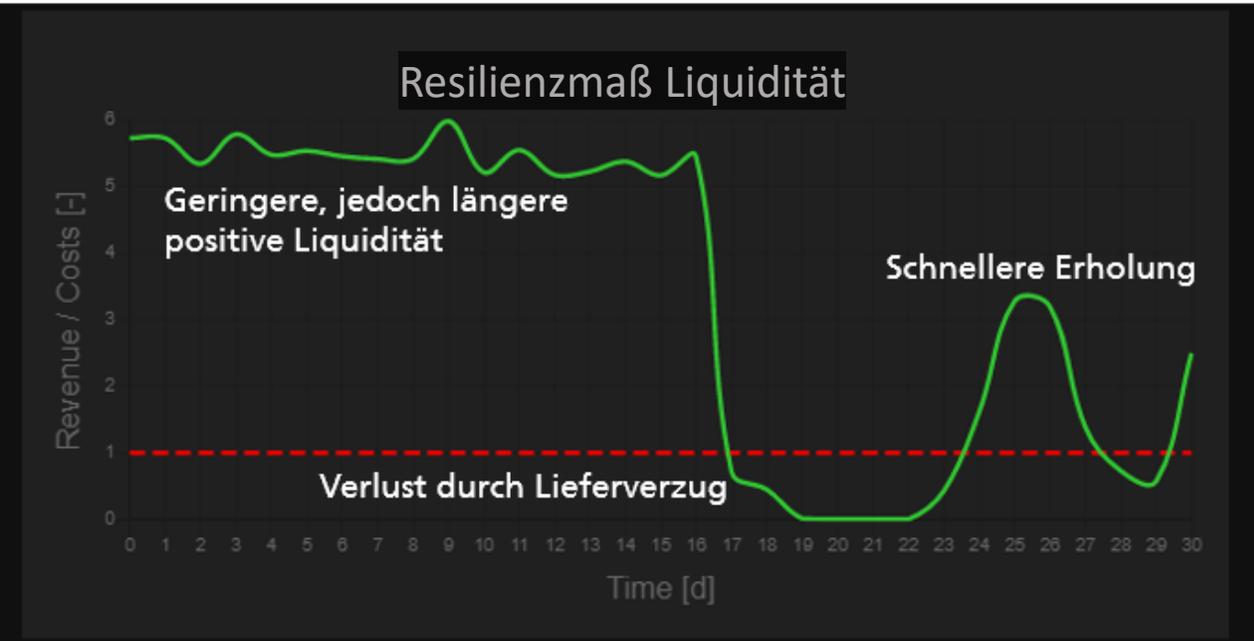
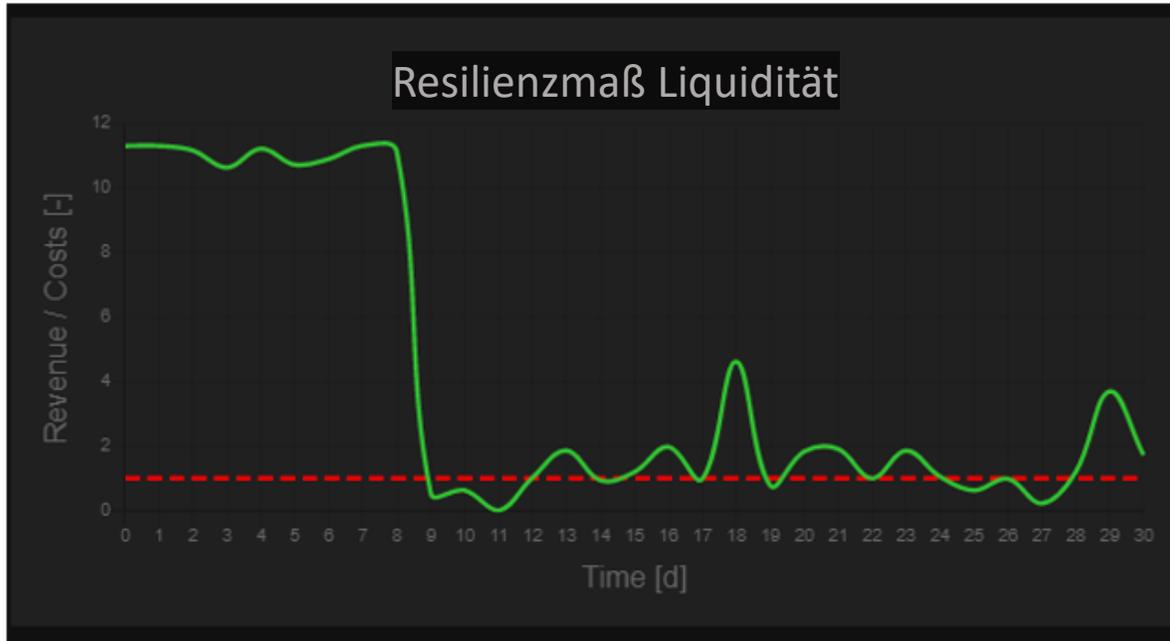
# Fallbeispiel: Bewertung eines Unternehmens

## Disruption „Pandemie“, Gegenmaßnahme durch Kurzarbeit

- (1) Verringeretes Auftragsvolumen
- (2) Produktion
  - a) Verringerte Leistung (Kurzarbeit)
- (3) Zulieferer
  - a) Steigender Preis
  - b) Möglicher Lieferverzug
- (4) Liquidität
  - a) Erhöhte Ausgaben
  - b) Geringerer Absatz (geringe Nachfrage, Verzug Zulieferer)
  - c) Abfederung durch Kurzarbeit



# Fallbeispiel: Vergleich der Liquidität



- Wegfall des Auftragsvolumens  
Risiken durch Zulieferer
- Preisschwankungen
  - Lieferverzug

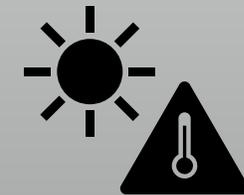
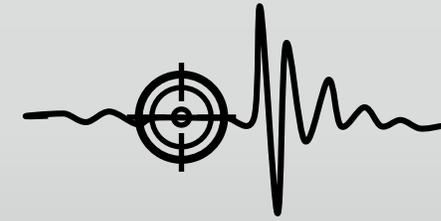
Gegenüberstellung mit Kurzarbeit als  
Maßnahme

Sicherer in unsicheren Zeiten  
mittels effizienter Resilienz

Beispiele in der Anwendung:  
2. Resilienz urbaner Räume  
(Produktionsstätten)

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Multiple Bedrohungen



# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Wie kann die Heterogenität der Stadt abgebildet werden?

### Digitale Stadtmodelle als Chance für die urbane Resilienzplanung



# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Wie kann die Heterogenität der Stadt abgebildet werden?

### Digitale Stadtmodelle als Chance für die urbane Resilienzplanung



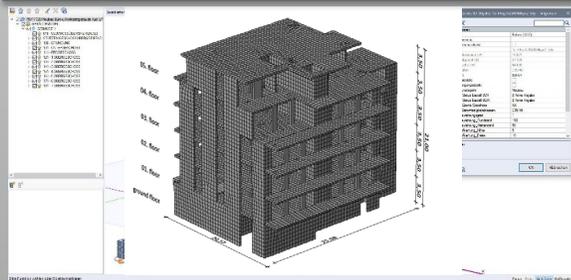
# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Verwundbarkeitsmodelle für Referenzgebäudetypen

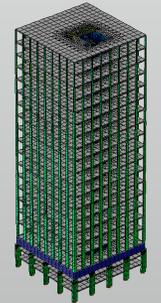
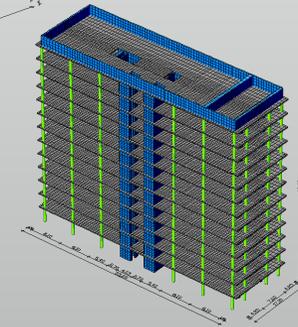
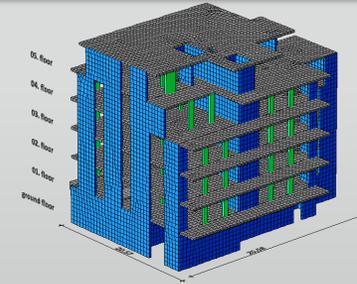
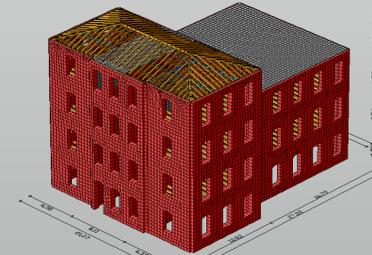
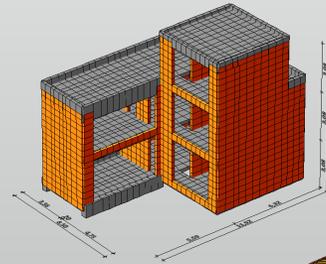


BIM

Building Information Model



Verwundbarkeitsmodelle für alle Gebäudetypen



Einfamilienhaus

Merhfamilienhaus

Bürogebäude

Hochhaus

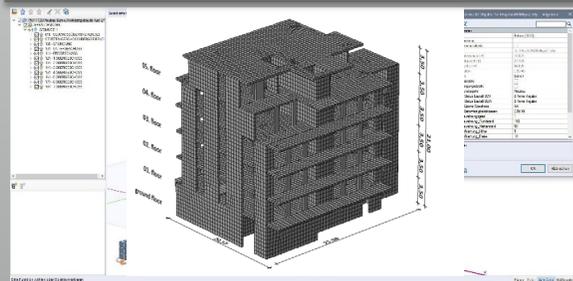
Hallenkonstruktion

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

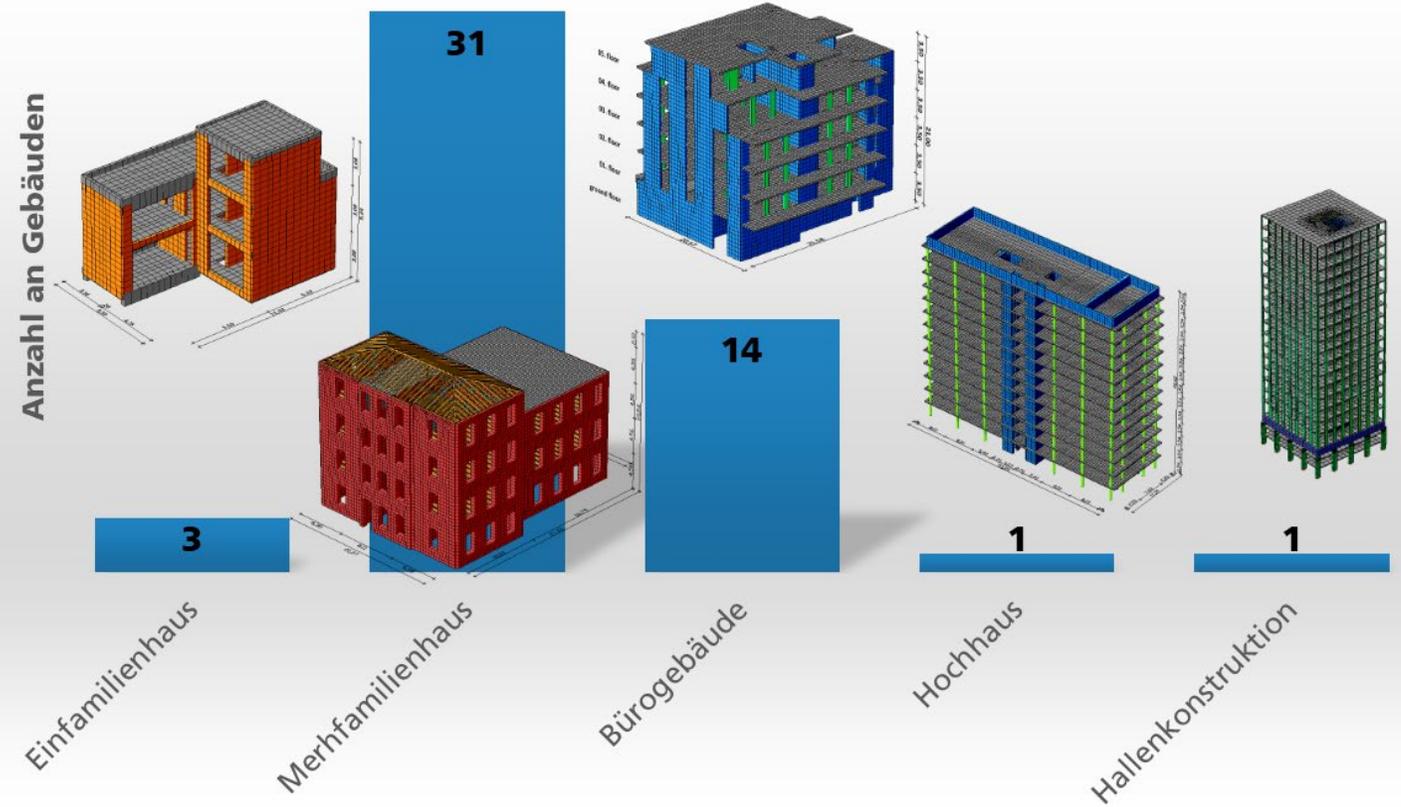
## Verwundbarkeitsmodelle für Referenzgebäudetypen



**BIM**  
Building Information Model



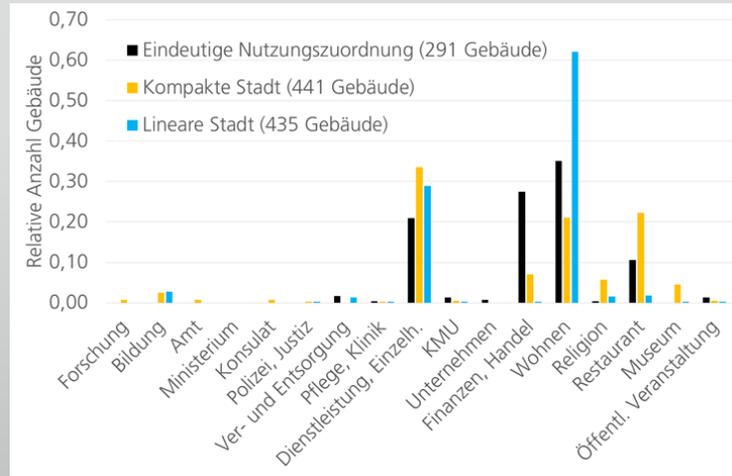
### Verwundbarkeitsmodelle für alle Gebäudetypen



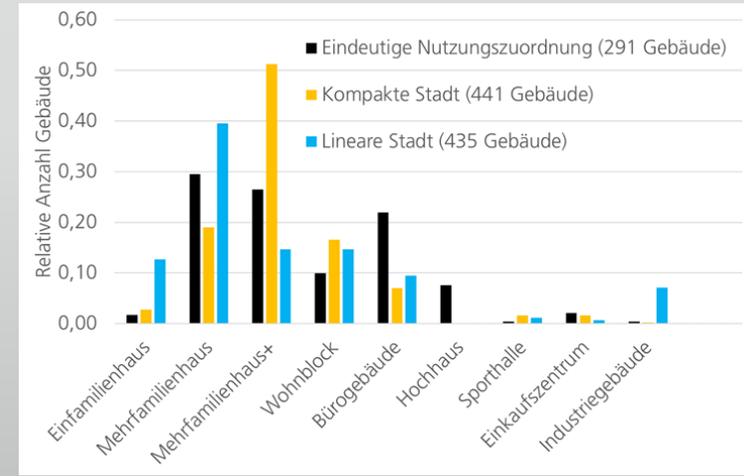
# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Beurteilung von Städtebaulichen Konzepten / Stadtquartieren

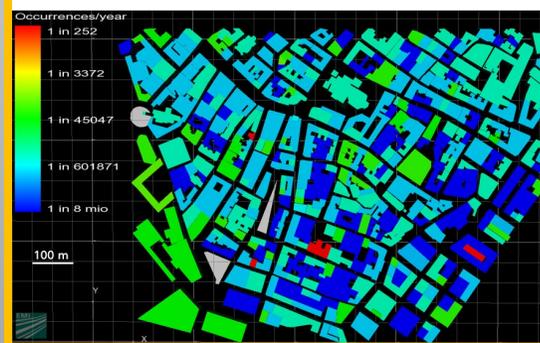
Nutzung



Bauweise



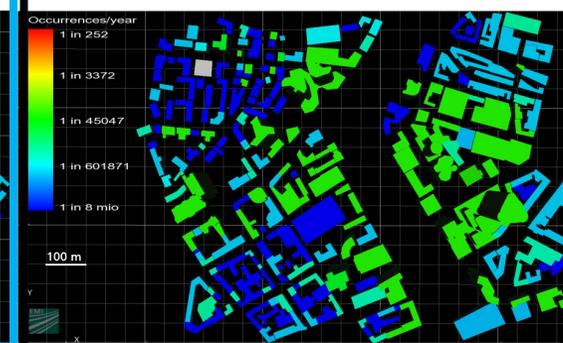
Kompakte Stadt



Lineare Stadt



Eindeutige Nutzungszuordnung

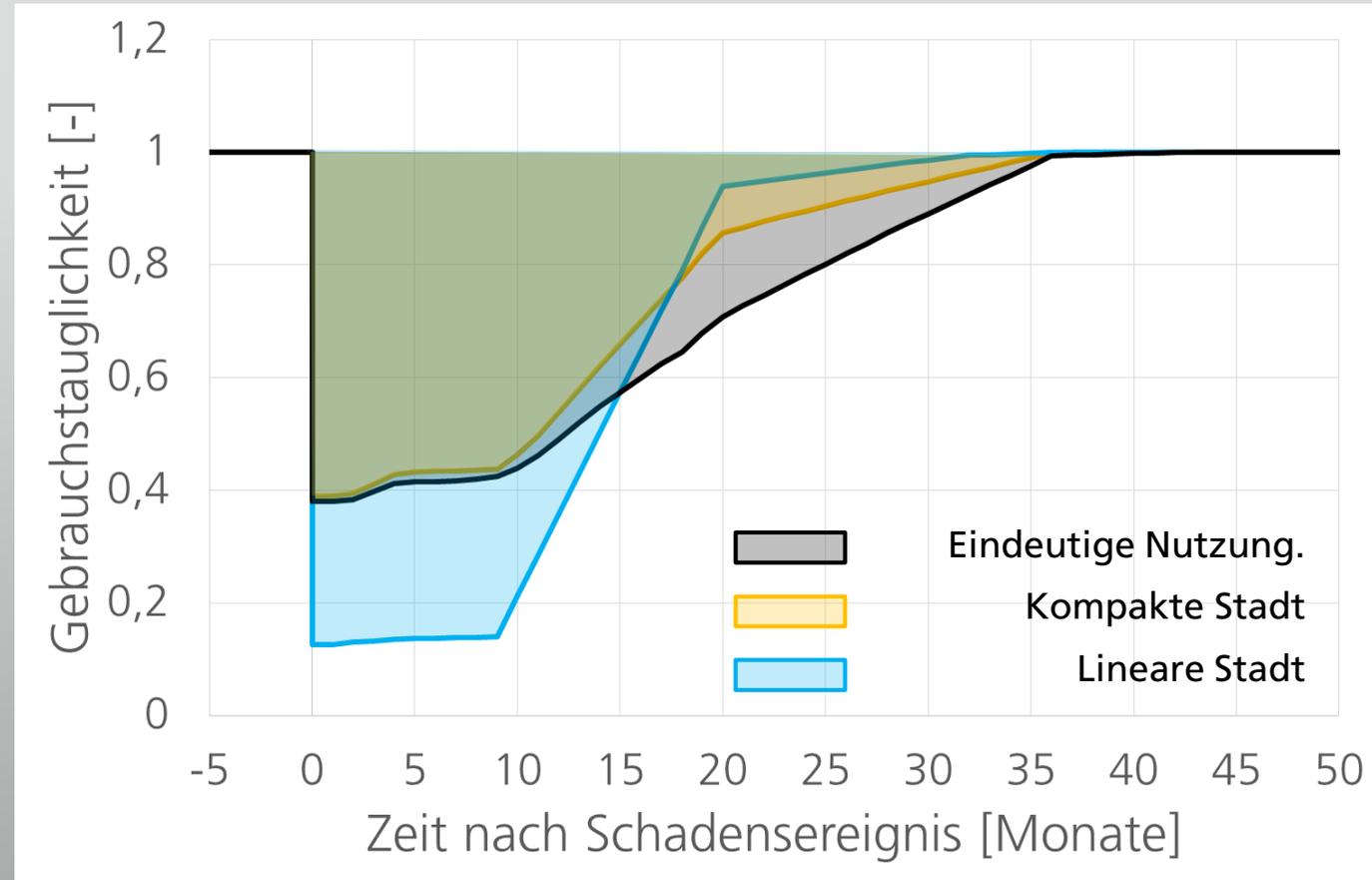
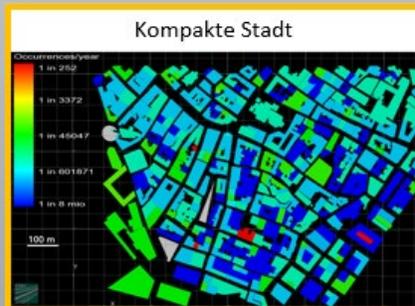
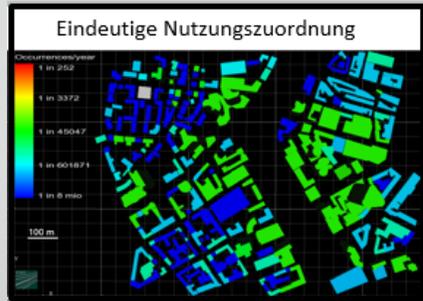


1) Fischer (2018)

Fachtagung Warenlogistik, Dresden 13.09.2021

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Beurteilung von Städtebaulichen Konzepten / Stadtquartieren -> Erdbeben



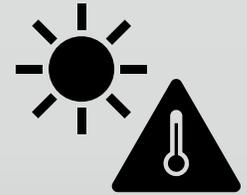
Durchschn.  
Leistungsverlust  
pro Monat

0,26  
0,22  
0,27

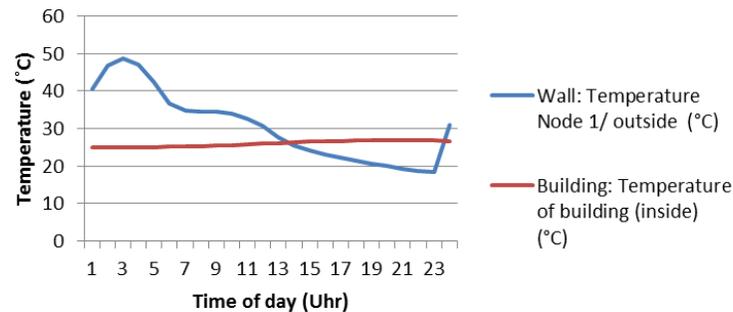
Performanz = Gebrauchstauglichkeit aller Gebäude

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

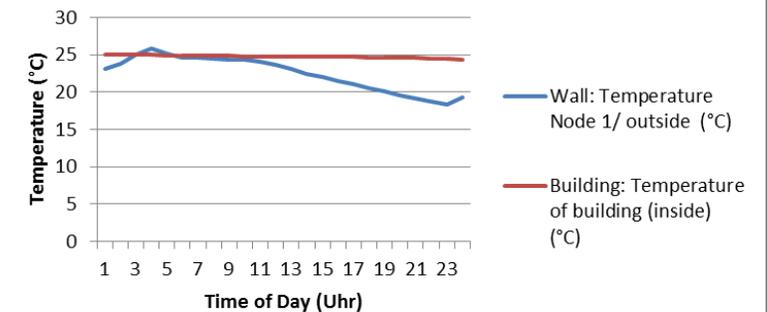
## Beurteilung von Städtebaulichen Konzepten / Stadtquartieren -> Hitze



**Stühlinger 2050 w/ Heated Indoor Conditions**



**Stühlinger 2050 w/ Partial District Greening**



1) Fischer (2018)

Fachtagung Warenlogistik, Dresden 13.09.2021

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

Lieferkette

Transport

- Daten aus OpenStreetMap importieren



Region:

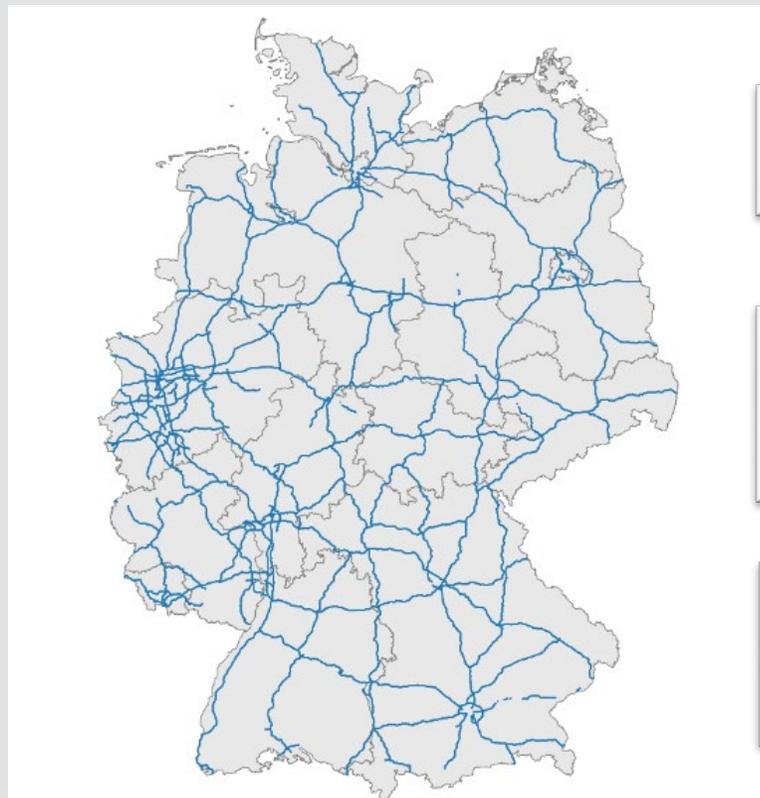
Bundesrepublik Deutschland

Legende

- OSM Autobahnen © OpenStreetMap-Mitwirkende
- Bundesländer © GeoBasis-DE / BKG <2018>

Objekte:

- Bundesstraßen
- Autobahnen

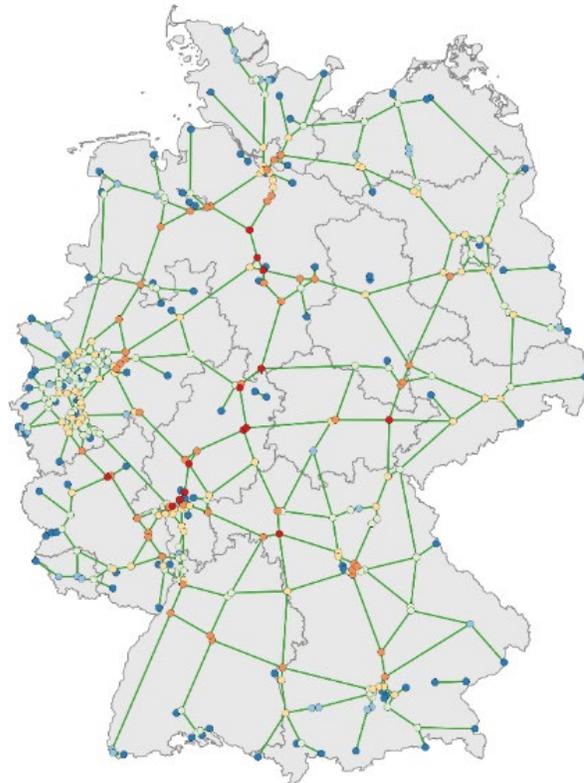


# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

Lieferkette

Transport



Region:  
Bundesrepublik Deutschland

### Legende

Zwischenzentralität (betweenness centrality) [391]

- Null [102]
- sehr gering (>0) [37]
- gering [114]
- mittel [74]
- hoch [50]
- sehr hoch [14]

— Netzwerkmodell Autobahnen  
□ Bundesländer © GeoBasis-DE / BKG <2018>

Objekte:

- Bundesstraßen
- Autobahnen

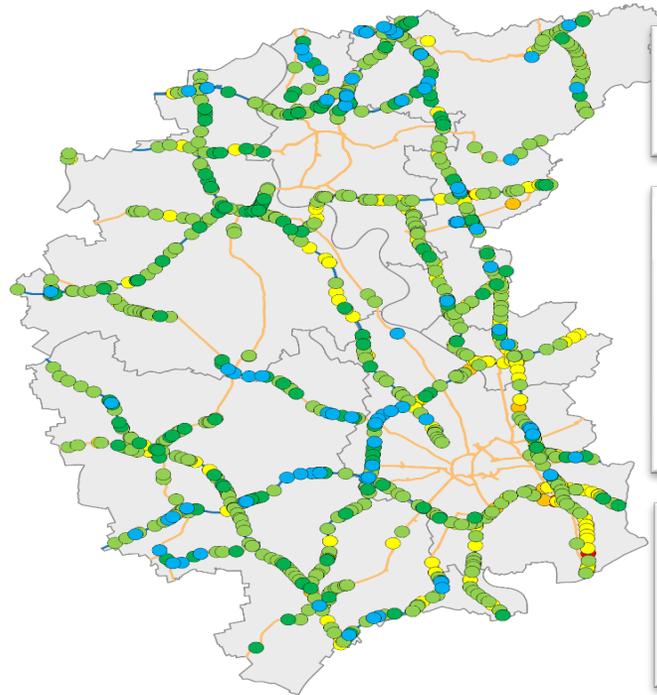
- Daten aus OpenStreetMap importieren
- Umwandeln des Systems in
  - Knotenpunkte und Kanten
- Identifizierung der für das Netzwerk kritischen Elemente
  - Konnektivität und Leistung

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

Lieferkette

Transport



Region  
Nordrhein-Westfalen

Punktzahl für den Zustand der Brücken

- 1.0 - 1.4
- 1.5 - 1.9
- 2.0 - 2.4
- 2.5 - 2.9
- 3.0 - 3.4
- 3.5 - 4.0

Objekte:

- Bundesstraßen
- Autobahnen

- Daten aus OpenStreetMap importieren
- Umwandeln des Systems in
  - Knotenpunkte und Kanten
- Identifizierung der für das Netzwerk kritischen Elemente
- Konnektivität und Leistung
- Ermittlung von Resilienz-Indikatoren
  - Strukturelle Objektbedingungen
  - Objektquote

# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

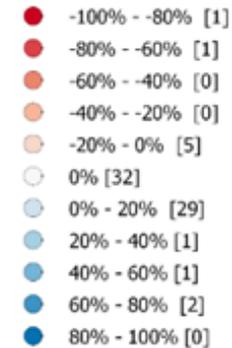
Lieferkette

Transport



### Legende

Betweenness Centrality: prozentuale Veränderung [72]



### Netzwerkanten



### Verwaltungsgebiete



- Daten aus OpenStreetMap importieren
- Umwandeln des Systems in
  - Knotenpunkte und Kanten
- Identifizierung der für das Netzwerk kritischen Elemente
- Konnektivität und Leistung
- Ermittlung von Resilienz-Indikatoren
  - Strukturelle Objektbedingungen
  - Objektquote
- System-Analyse
  - Verlust von Netzwerkelementen

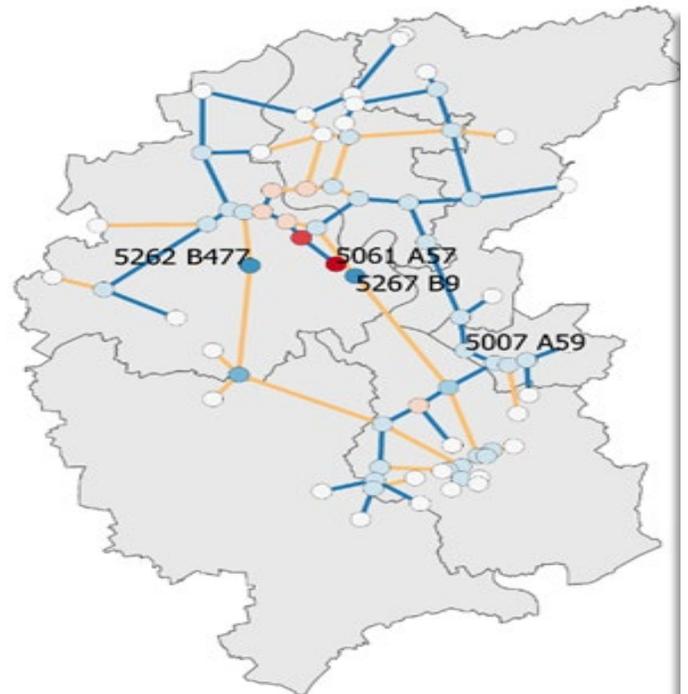


# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

Lieferkette

Transport



### Legende

Betweenness Centrality: prozentuale Veränderung [72]

- -100% - -80% [1]
- -80% - -60% [1]
- -60% - -40% [0]
- -40% - -20% [0]
- -20% - 0% [5]
- 0% [32]
- 0% - 20% [29]
- 20% - 40% [1]
- 40% - 60% [1]
- 60% - 80% [2]
- 80% - 100% [0]

### Netzwerkanten

- Autobahnen
- Bundesstraßen

### Verwaltungsgebiete

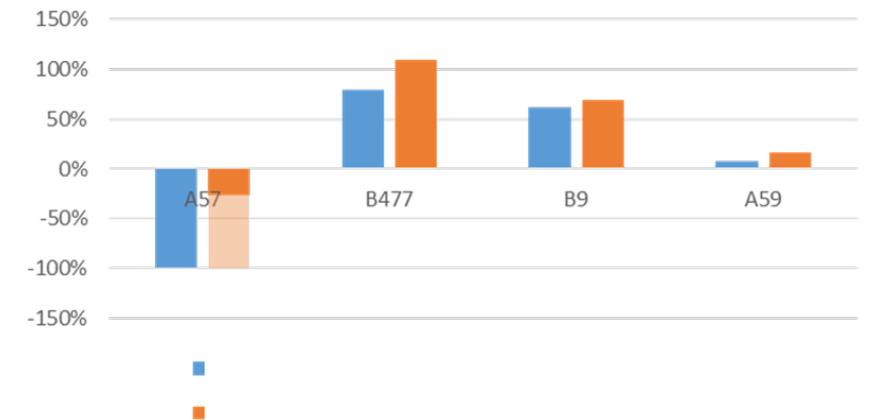
- Kreise
- © GeoBasis-DE / BKG <2017>

## Validierung eines realen Szenarios: Brückenbrand 2012



<https://www.youtube.com/watch?v=2I5OsxZ31xM>

Prozentuale Veränderung (vor vs. nach dem Ereignis)

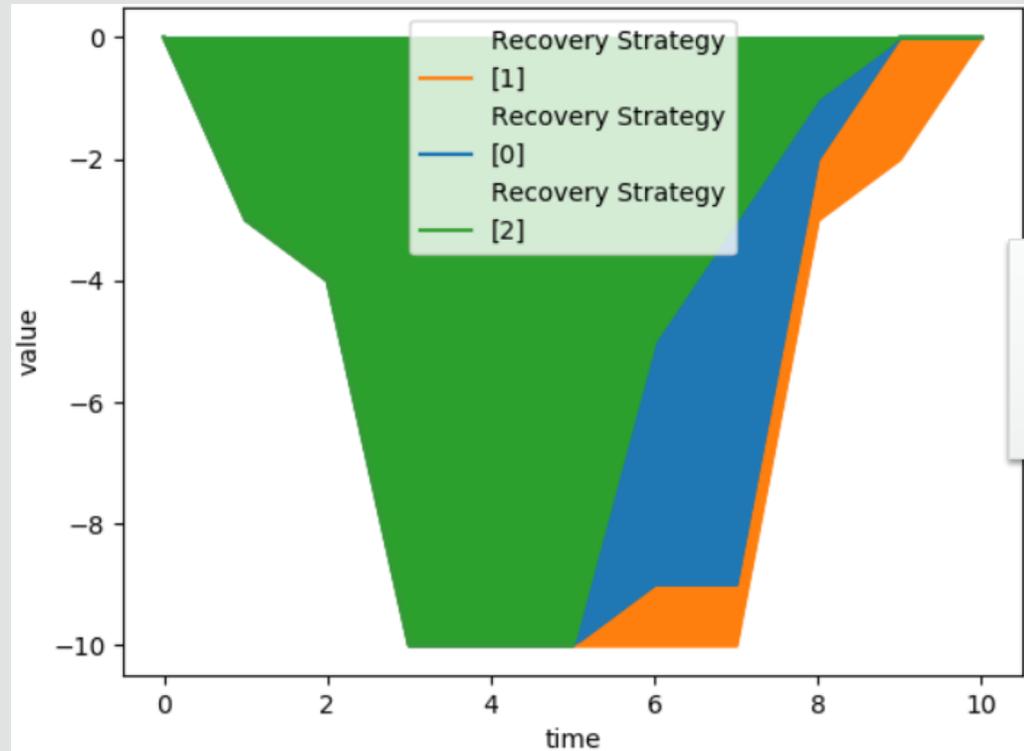


# Resilience Engineering für urbane Räume und Produktionsstätten

## Erreichbarkeit der Produktionsstätten → Verkehrsweg Straße

Lieferkette

Transport



Resilienz-Wert [-]

RE: 46

RE: 57

RE: 62

- Daten aus OpenStreetMap importieren
- Umwandeln des Systems in
  - Knotenpunkte und Kanten
- Identifizierung der für das Netzwerk kritischen Elemente
- Konnektivität und Leistung
- Ermittlung von Resilienz-Indikatoren
  - Strukturelle Objektbedingungen
  - Objektquote
- System-Analyse
  - Verlust von Netzwerkelementen
- Resilienz-Metriken

# Zusammenfassung

- Steigende Bedrohungen und zunehmende Komplexität erfordern angepasstes Sicherheitskonzept
- 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

# Ausblick

- Zur Steigerung der Sicherheit müssen alle Stakeholder
  - auf die Verwundbarkeiten ihrer Systeme sensibilisiert werden
  - interdisziplinär zusammenarbeiten
  - Anreize schaffen / wahrnehmen in Sicherheit zu investieren
  - den Zielkonflikt zwischen allgem. Effizienzsteigerung und Sicherheit auflösen
- Um Resilienz vollumfänglicher und effektiver gewährleisten zu können, werden
  - mehr und bessere Daten und deren Monitoring (statisch und dynamisch)
  - verbesserte Modelle der relevanten Systeme

weiterhin entwickelt werden müssen

## Bildnachweise:

- [File:UA Flight 175 hits WTC south tower 9-11.jpeg – Wikimedia](#)
- [File:Fukushima I by Digital Globe.jpg - Wikimedia Commons](#)
- [Verbindung Covid-19 Coronavirus - Kostenloses Bild auf Pixabay CommonsWeltkarte Globus Geographie - Kostenlose Vektorgrafik auf Pixabay](#)
- [Datei:Hochwasser in Altenahr Altenburg.jpg – Wikipedia](#)
- [Silizium-Wafer Mit Dem Prozessor-Kerne Isoliert Auf Weißem Hintergrund Lizenzfreie Fotos, Bilder Und Stock Fotografie. Image 9832427. \(123rf.com\)](#)
- [Virus Freigestellt Corona - Kostenloses Bild auf Pixabay](#)
- [Erde Dürre Boden - Kostenloses Foto auf Pixabay](#)
- [Flut Wetter Regentage Starker - Kostenloses Foto auf Pixabay](#)
- [File:Container Ship 'Ever Given' stuck in the Suez Canal, Egypt - March 24th, 2021 cropped.jpg - Wikimedia Commons](#)
- [Eisberg Oben Wasser - Kostenloses Bild auf Pixabay](#)
- [New York Gebäude Stadt - Kostenloses Foto auf Pixabay](#)
- [3D-Stadtmodell Freiburg im Breisgau](#)
- [Gebäude Pflanzen Architektur - Kostenloses Foto auf Pixabay](#)