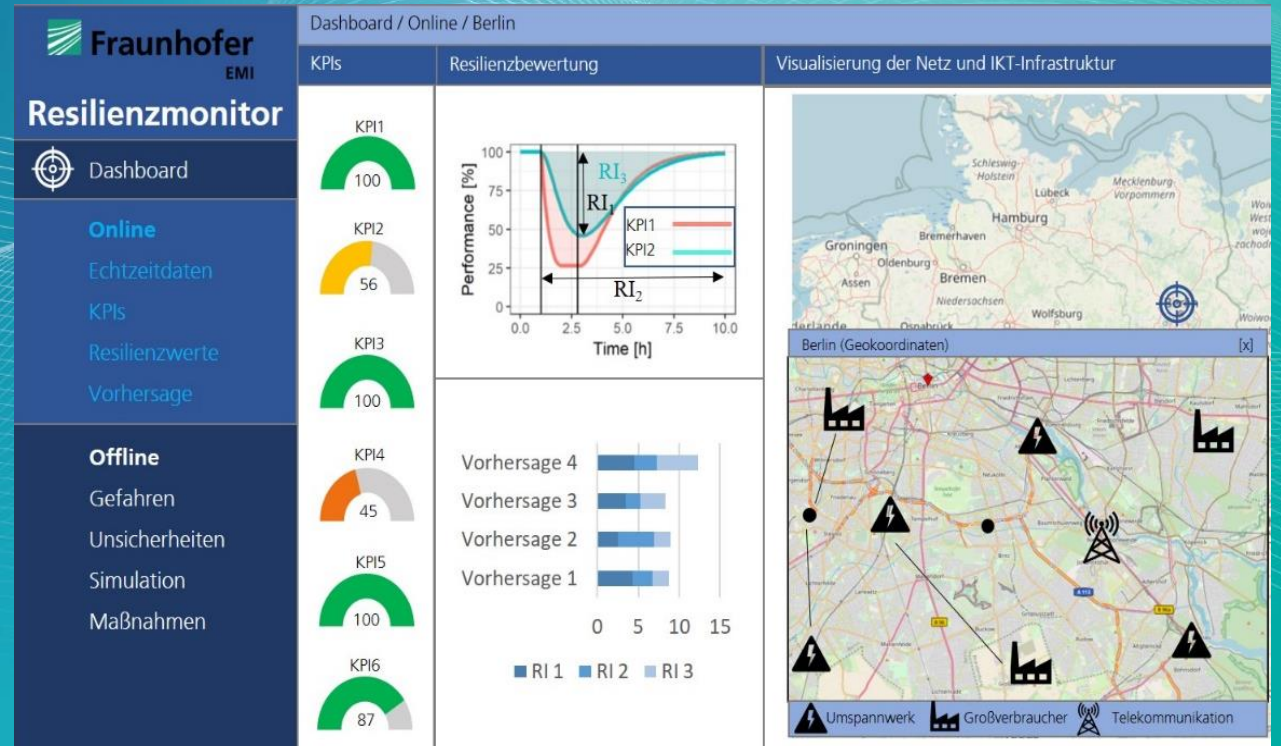




RESIST

Resiliente Stromnetze für die Energiewende



Übersicht

Vorstellung der Projektidee

- Status quo: Resilienz in der Stromversorgung
- *Ziel von RESIST:*
eine ‚Resilient-by-design‘ Stromversorgung
- Vorstellung des Konsortiums, seiner Expertise und Tools

Vorstellung der Arbeitspakete

- Vorstellung AP 1- AP 5

Zusammenfassung und Ausblick



Vorstellung der Projektidee



Bild © picture-alliance/dpa



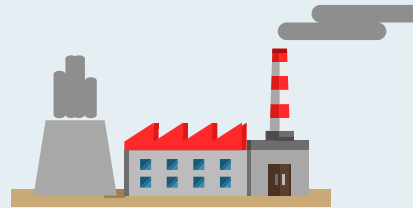
EINGESCHNEIT: Schneechaos im Münsterland

Aktuelle Entwicklungen erfordern es, die Resilienz der Stromversorgung zu erhöhen

Vorstellung der Projektidee

Bis heute:

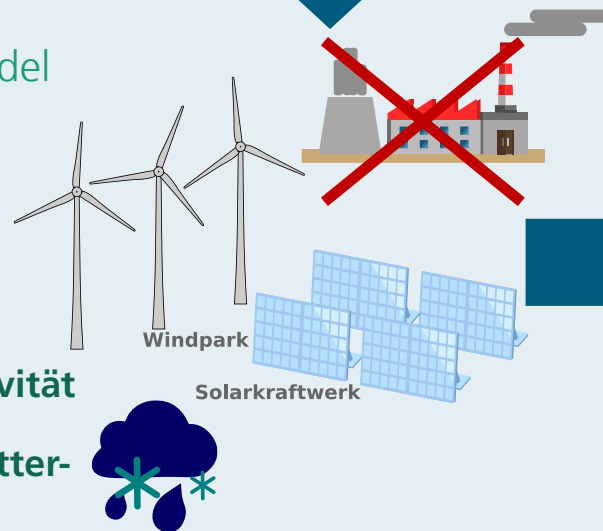
- **Konventionelle Stabilitätsgaranten**
Große Kraftwerke (Kohle, Kernkraft)
unterstützen Robustheit der
Stromversorgung



Aktuelle Entwicklungen:

durch Energiewende und Klimawandel

- **Wegfall großer Kraftwerke**
- **Dezentralisierung der Erzeuger**
- **Zunehmende Digitalisierung**
- **Steigende Komplexität/ Konnektivität**
- **Klimawandel verstärkt Extremwetterereignisse**



Resilientes Stromnetz:

Stromversorgung bleibt auch bei massiven Störungen und unerwarteten Ereignissen dauerhaft verfügbar.

Resilienz des Stromnetzes verringert sich:

durch wachsende Verwundbarkeiten

- **Robustheitseinbußen durch wegfallende Trägheit**
- **Mehr Extremwetterereignisse**
- **Gesteigerte Vulnerabilität durch Cyberangriffe**
- **steigende Komplexität/ Konnektivität begünstigen Kaskadeneffekte bei Störfällen**

StromResist will den Weg zur *resilient-by-design* Stromversorgung ebnen

Vorstellung der Projektidee

- Methodenentwicklung zur Quantifizierung und Echtzeiterfassung der Resilienz des Stromnetzes
- Ableitung von konzeptionellen und technischen Handlungsoptionen zur kurz- und langfristigen Steigerung der Resilienz
- Prognosefähigkeit für die Gesamt-Resilienz hinsichtlich der Auswirkung struktureller Veränderungen im Netz
- Methodenentwicklung zur Integration eines „resilient-by-design“ Ansatzes bei der Umsetzung der Energiewende
- Umsetzung neuer Methoden im Reallabor

Gesamtstruktur des Projektes

AP1: Szenariodefinition und Resilienzmetrikentwicklung

AP2: Modellierung der Systeme und Szenarien

AP3: Resilienzmonitor

AP4: Entscheidungs Tool

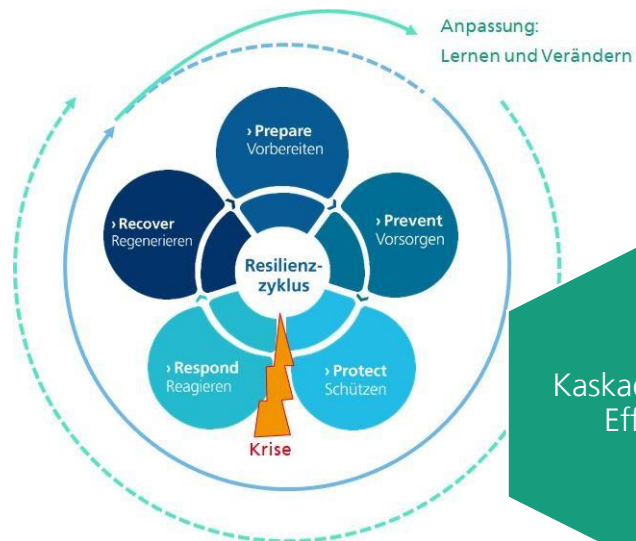
AP5: Reallabor Demonstration

Resilienzmanagement trifft auf Benchmark-Technologie der Stromversorgung

Vorstellung der Projektidee

Resilienzmanagement

Strategien des Resilienz-Management werden angewendet um Resilienz in der Stromversorgung strukturiert und umfassend abzubilden und umzusetzen.



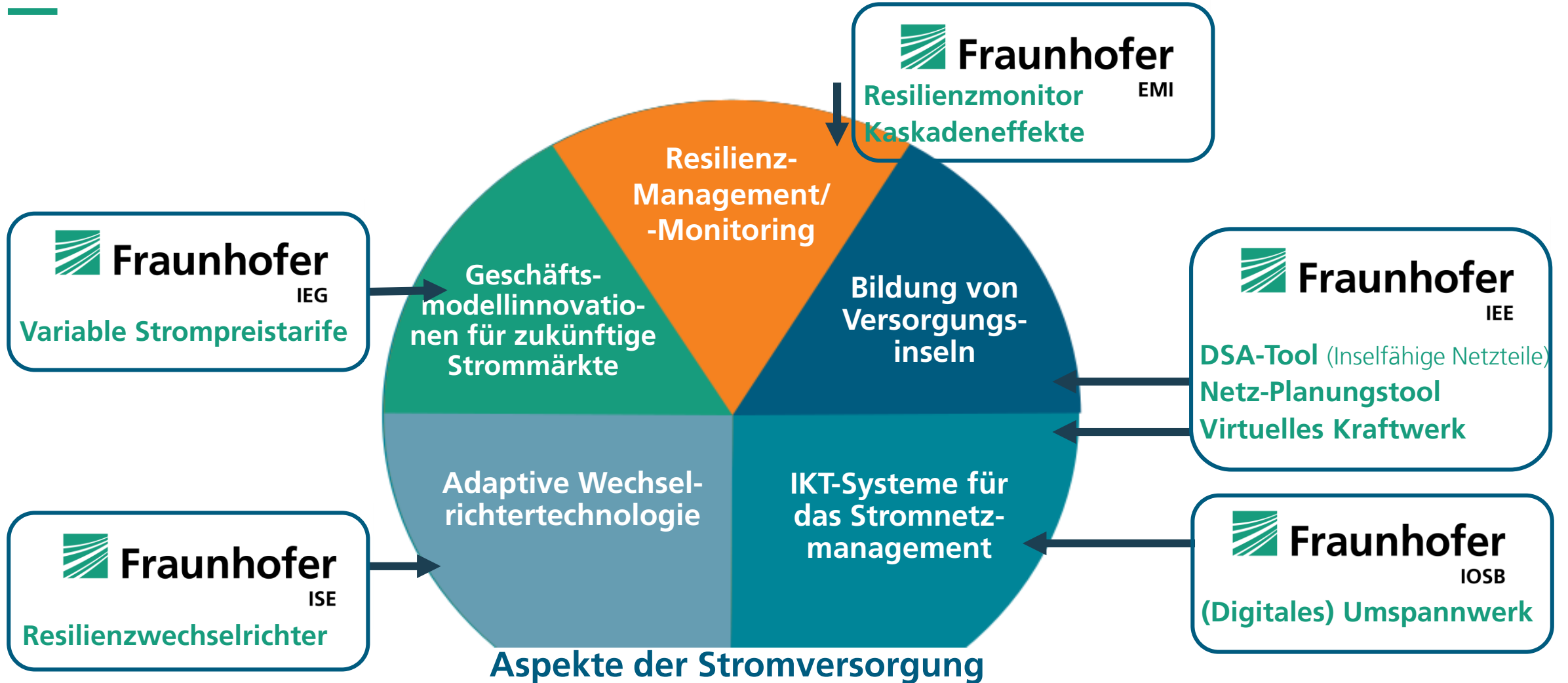
Benchmark-Technologie

Weiterentwicklung der Technologien in der Stromversorgung durch Simulationen sowie Hardware



Konsortium vereint diverse Expertisen zum Thema „Stromversorgung in der Energiewende“

Das Konsortium



Die Tools des Konsortiums decken alle Ebenen der Stromversorgung ab

Vorstellung der Projektidee

- **PyDyn (EMI)**

(Netztopologie, Schwingungen, Frequenzstabilität, Netzzusammenbrüche, Leitungsausfall, System split)

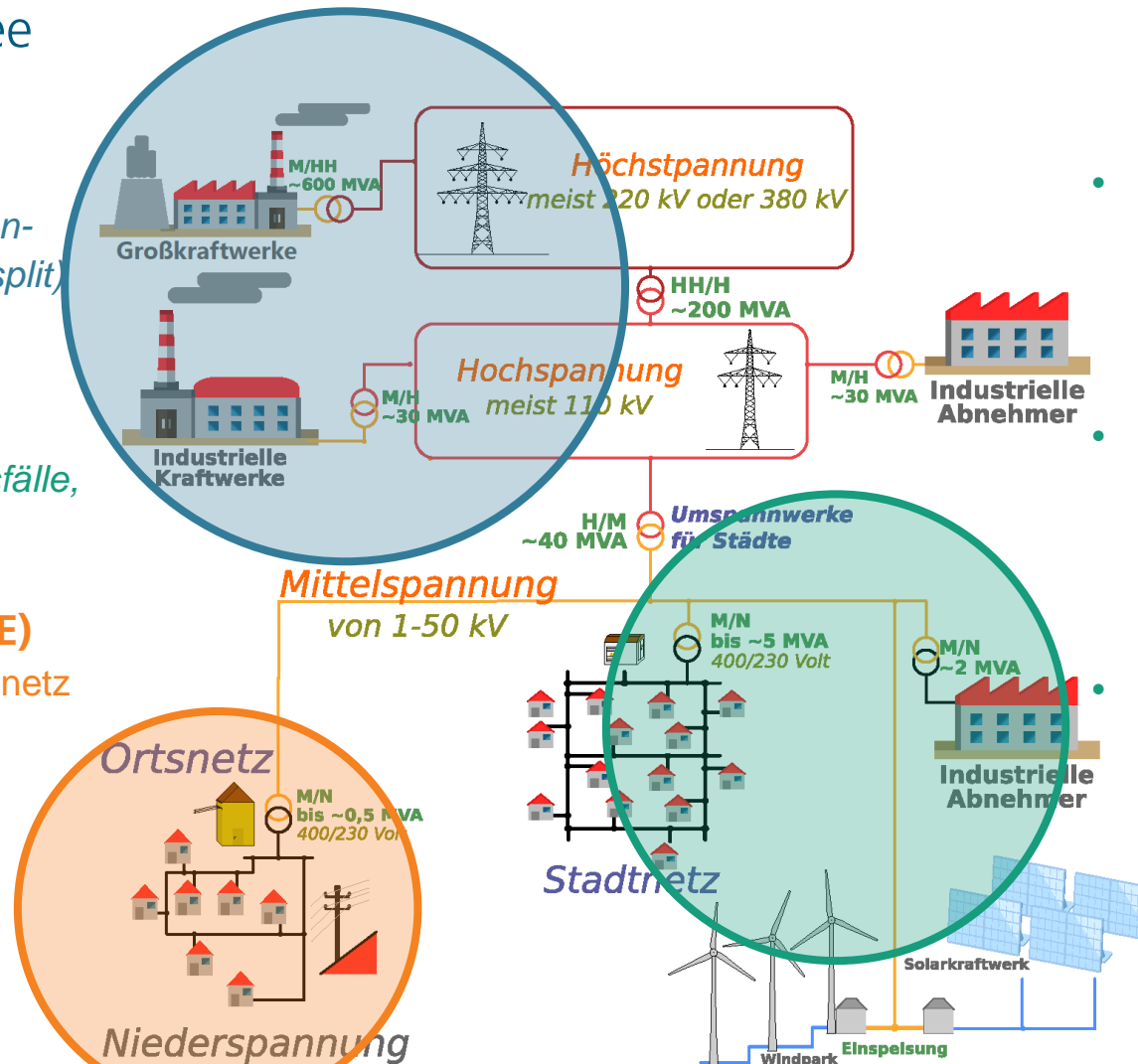
- **CaESAR (EMI)**

(Infrastruktur-Topologie, Netzzusammenbrüche, Kraftwerksausfälle, betroffene kritische Infrastruktur)

- **Resilienz-Wechselrichter (ISE)**

Betrieb Netzinsel und im Verbundnetz (Last/Erzeugungszeitreihen, Spannungs-/ Frequenzstabilität, Leitungsausfall, ..)

- **Variable Strompreisbestandteile (IEG)**



- **Planungstool (IEE)**

statisch

(Netztopologie, Leitungsausfall, Kurzschlüsse, Kaskadeneffekte)

- **Digitale Station (AST)**

(Leitungsausfälle, Kurzschlüsse, IKT-Topologie, [Netzzusammenbrüche, Kraftwerksausfälle, ..])

- **DSA-Monitor (IEE)**

(Last/Erzeugungszeitreihen, Netz-/IKT-Topologie, Spannungs-/ Frequenzstabilität, Kraftwerksausfälle, ..)

Quelle: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b0/Stromversorgung.svg> (25.04.2022)

Übersicht

AP1: Szenariodefinition und Resilienzmetrikentwicklung

AP2: Modellierung der Systeme und Szenarien

AP3: Resilienzmonitor

AP4: Entscheidungs Tool

AP5: Reallabor Demonstration

Vorstellung der Arbeitspakete

Methodische Grundlagen für eine ganzheitliche Resilienzanalyse werden gebildet

Vorstellung der Arbeitspakete – AP 1 Szenariendefinition und Resilienzmetrikentwicklung

Methodische Grundlage zur ganzheitlichen Resilienzanalyse der betrachteten Stromversorgungsarchitektur

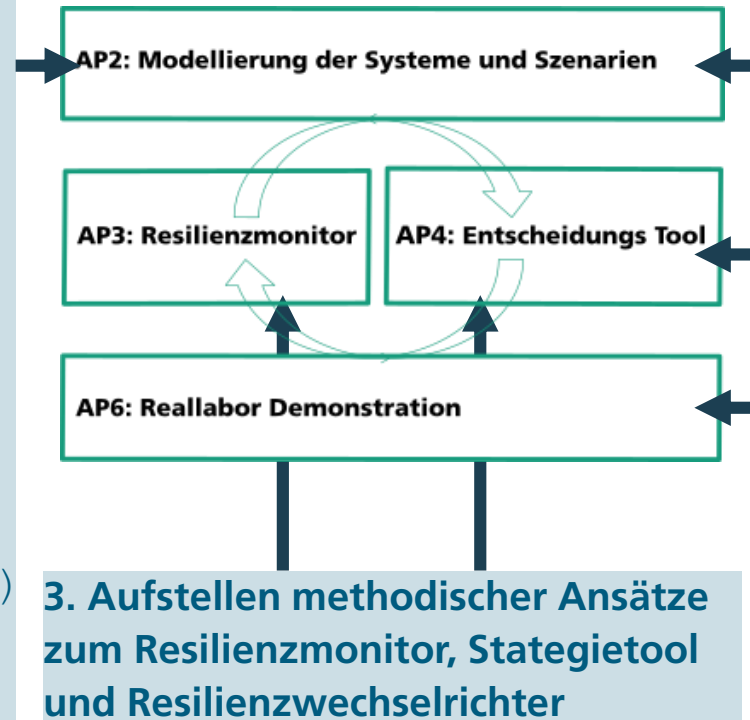
	Robustheit	Redundanz	Adaptionsvermögen	Schnelligkeit
Technische Resilienz				
Organisatorische Resilienz				
Soziale Resilienz				
Ökonomische Resilienz				
prevent				
prepare				
protect				
respond				
recover				



1. Erstellung der Resilienzmetrik

Basis zur quantitativen Resilienzmessung

- **Skalen der Betrachtung**
Bund, Land, regional, lokal und Komponenten
- **Aufbau anhand des Resilienzzyklus**
(Prepare, Prevent, Protect, Respond, Recover)
- **Abbildung aller Resilienzdimensionen**
(technisch, organisatorisch, sozial, ökonomisch)
- **Und aller Resilienz-Eigenschaften**
(Robustheit, Redundanz, Adaptionsvermögen, Schnelligkeit, Anti-Fragilität)



3. Aufstellen methodischer Ansätze zum Resilienzmonitor, Strategietool und Resilienzwechselrichter

1. Definition der Bedrohungsszenarien

- **Technischer Defekt**
Leitungsschutz löst nicht aus, Störung HS-Netz oder HS/MS-Umspannwerk, Ausfall Versorgung MS-Netz, regionaler Blackout
- **Extremwetterereignis**
Strommast wird zerstört, Ausfall Versorgung NS-Netz, Ausfall mehrerer HS-Leitungen, Ausfall Kommunikationsweg, ..
- **Cyberangriff**
Manipulation der Stationskommunikation, Manipulation der Fernwirküberwachung/-steuerung des Virtual Power Plants

KPI-Liste der R-Metrik deckt alle Resilienzdimensionen ab

Vorstellung der Arbeitspakete – AP 1 Szenariendefinition und Resilienzmetrikentwicklung

KPI1: Kurzzeitige Warnung Netzstabilität	Spannung/Strom/Frequenz (Umspannwerk, Inselbetrieb, ..)
KPI2: Physische Intaktheit des Systems	Prozentuale Einsatzbereitschaft der Inseln
	Prozentsatz zerstörter/defekter technischer Komponenten
KPI3: Redundanzen	Prozentsatz Netzstabilisierender Komponenten am Netz/ volle Leistung
	Regelreserve/Redispatchleistung Prozentsatz Soll vom Ist
	Redundanzen [Prozentsatz vom Maximalwert] (IKT/physische Infrastruktur [z.B. Leitungen])
KPI4: Steuerungsfähigkeit	Prozentsatz funktionierender Kommunikation (VPP/Umspannwerk,..)
	Prozentuale Kontrolle der DER/VPP/Lasten etc.
KPI5: Vollständigkeit Information	Prozentsatz verfügbarer System-/Netzdaten [z.B nach/bei IT-Angriff]
KPI6: Einbußen Verbraucher/ Gesellschaft	Anzahl betroffene Haushalte
	Anzahl betroffene kritische Infrastruktur
KPI7: Kosten Betreiber	Nicht bereitgestellte Leistung
	Kosten (Maßnahmen + ausgefallene Leistung)

Auswahl definierter Key-Performance Indikatoren aus unterschiedlichen Resilienzdimensionen (farblich markiert)



	Robustheit	Redundanz	Adaptionsvermögen	Schnelligkeit
Technische Resilienz				
Organisatorische Resilienz				
Soziale Resilienz				
Ökonomische Resilienz				
prevent				
prepare				
protect				
respond				
recover				

Messwerte

(Weiter-) Entwicklung von Systemen zur Simulation der Ausfallszenarien

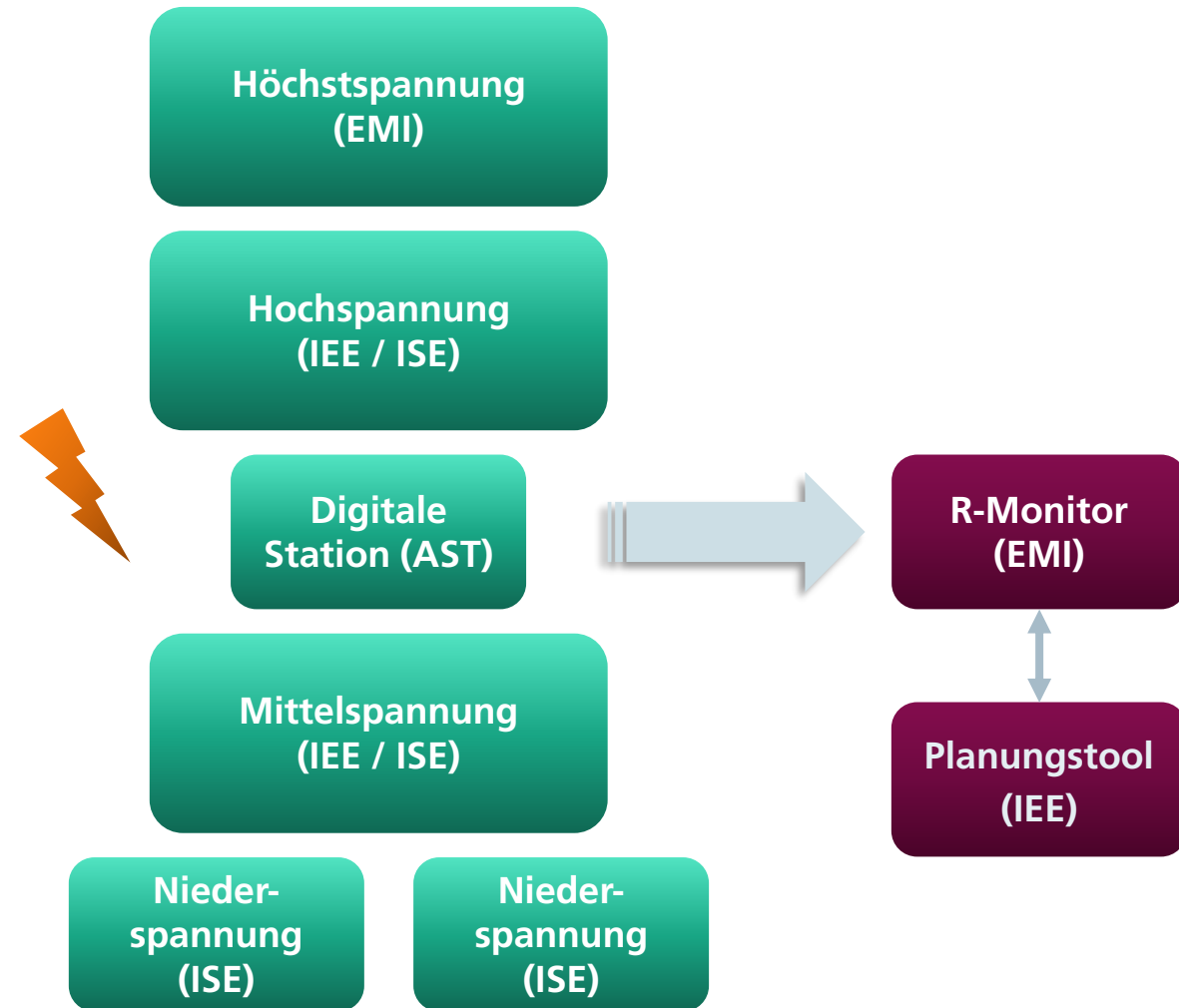
Vorstellung der Arbeitspakete – AP 2 Modellierung der Systeme und Szenarien

Generierung der Datengrundlage für den Resilienz-Monitor

- Vollständige Beschreibung der Modelle als Basis für die Entwicklung des Resilienz-Monitors
- Weiterentwicklung von Simulationsmodellen unterschiedlicher Energienetzeile
- Integration der Ausfallszenarien aus AP 1 in Systeme zur Simulation der Auswirkungen
- Generierung von Simulationsdaten für den Resilienz-Monitor

Abschätzung der Auswirkung von Ausfällen für gezielte Simulationen

- Überführung der Ausfälle in simulierbare Szenarien
 - S1 Technischer Defekt
 - S2 Naturkatastrophe
 - S3 IT-Angriff



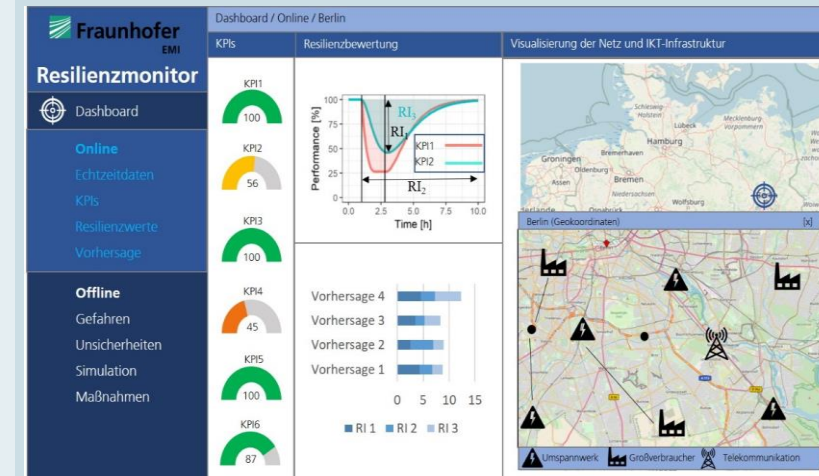
R-Monitor ermöglicht Echtzeitanalyse durch Informationen der anderen Tools

Vorstellung der Arbeitspakete – AP 3 Resilienzmonitor



Konzept des R-Monitors

- Aufbereitung der Datensätze durch Darstellung der KPIs (definiert in AP1)
- Aufbereitung der simulierten Szenarien, Ableitung von Situationskritikalität
- Optische Darstellung der Systemresilienz, Anzeige Warnungen, Verweise Maßnahmen
- (Zugängliche) Aufschlüsselung der verschiedenen Netzkomponenten/-ebenen und Resilienz-Dimensionen



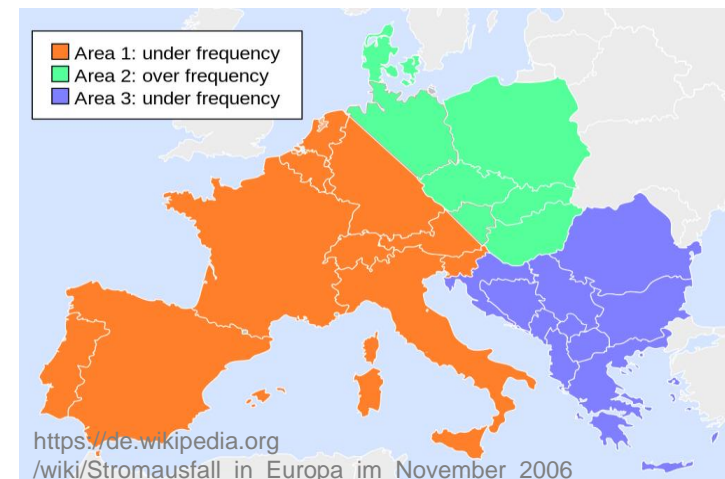
Konzept R-Monitors Oberfläche

Weitere Tool-Entwicklungen erweitern Untersuchung der Stromversorgung

Vorstellung der Arbeitspakete – AP 3 Resilienzmonitor

PyDyn

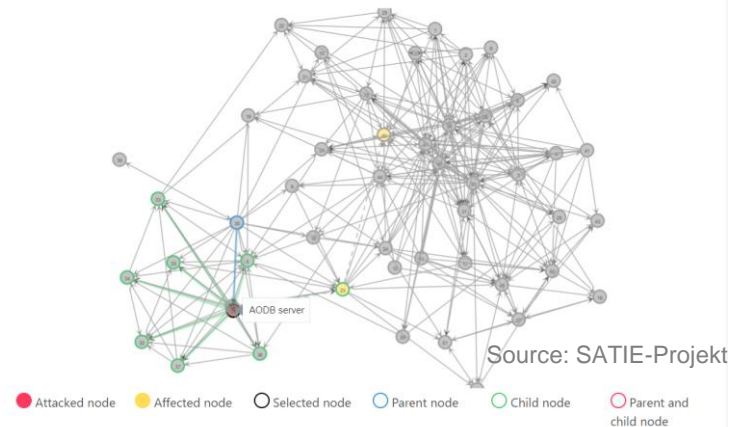
- **Simulation des HÖS-Verbundnetzes**
- **Ausfall HÖS-Leitungen**
- **Mögliche Konsequenz: Netzaufspaltung**



CAESAR

Graphen-theoretischer Ansatz

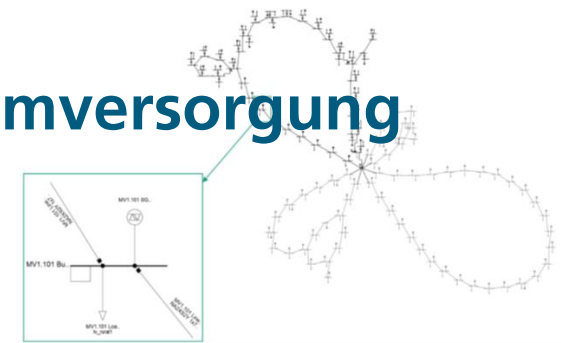
- **Untersuchung soziotechnischer Aspekte**
- **Betroffene kritische Infrastruktur**
- **Kaskadeneffekte im soziotechnischen Kontext.**



Bildung von Versorgungsinseln

zur Überbrückung von Störungen im vorgelagerten Versorgungssystem

- **Großflächige Versorgungsinsel**
Landkreisebene, 96 Ortsnetz-Transformator-Stationen
- **Lokale Versorgungsinsel/ Versorgungsstützpunkt**
Landwirtschaftliche Netzinsel

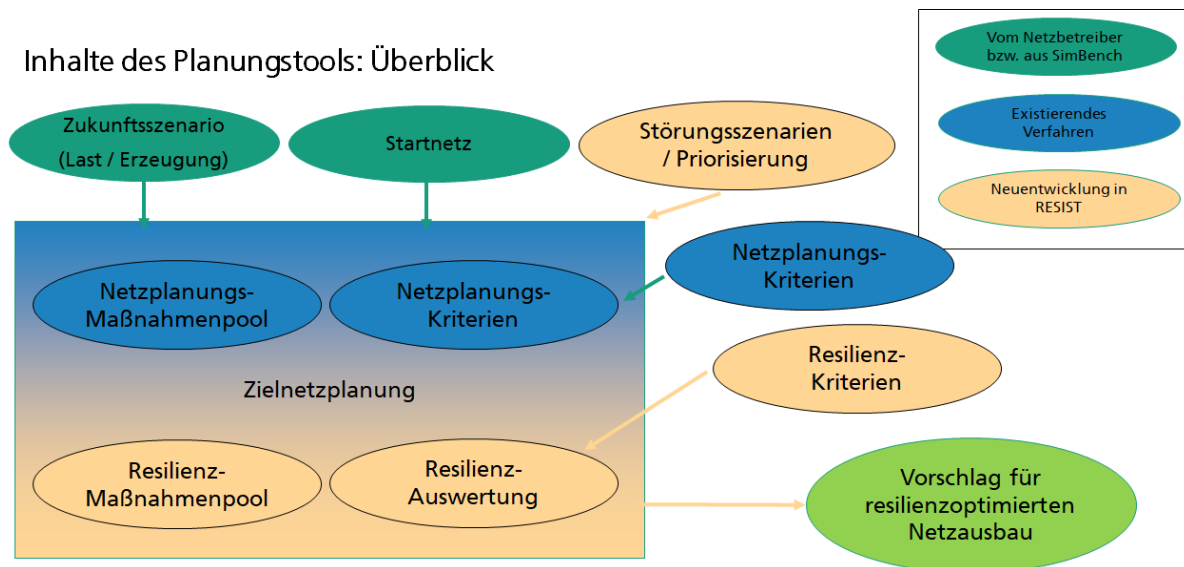


Weitere Tool-Entwicklungen erweitern Untersuchung der Stromversorgung

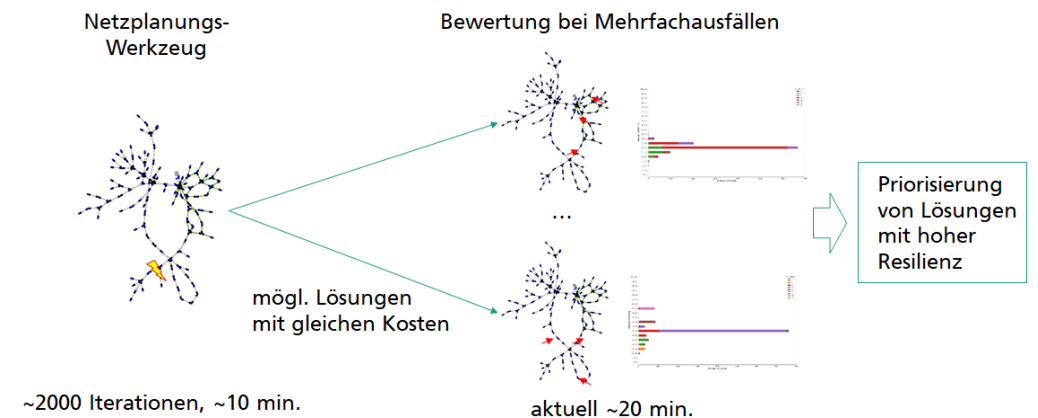
Vorstellung der Arbeitspakete – AP 4 *Entscheidungstool*

Entscheidungen in der Netzplanung, die im Wesentlichen davon getrieben ist, die Anforderungen des Normalbetriebs und ggf. (n-1)-Fälle abzudecken, haben auch Auswirkungen auf die Leistungsfähigkeit des Systems während größerer Störungen (zunächst im Fokus: Mehrfachausfälle und Kommunikationsausfälle).

Diese Einflüsse werden systematisch untersucht, um zu Empfehlungen für das Heben von Verbesserungspotenzial zu kommen.

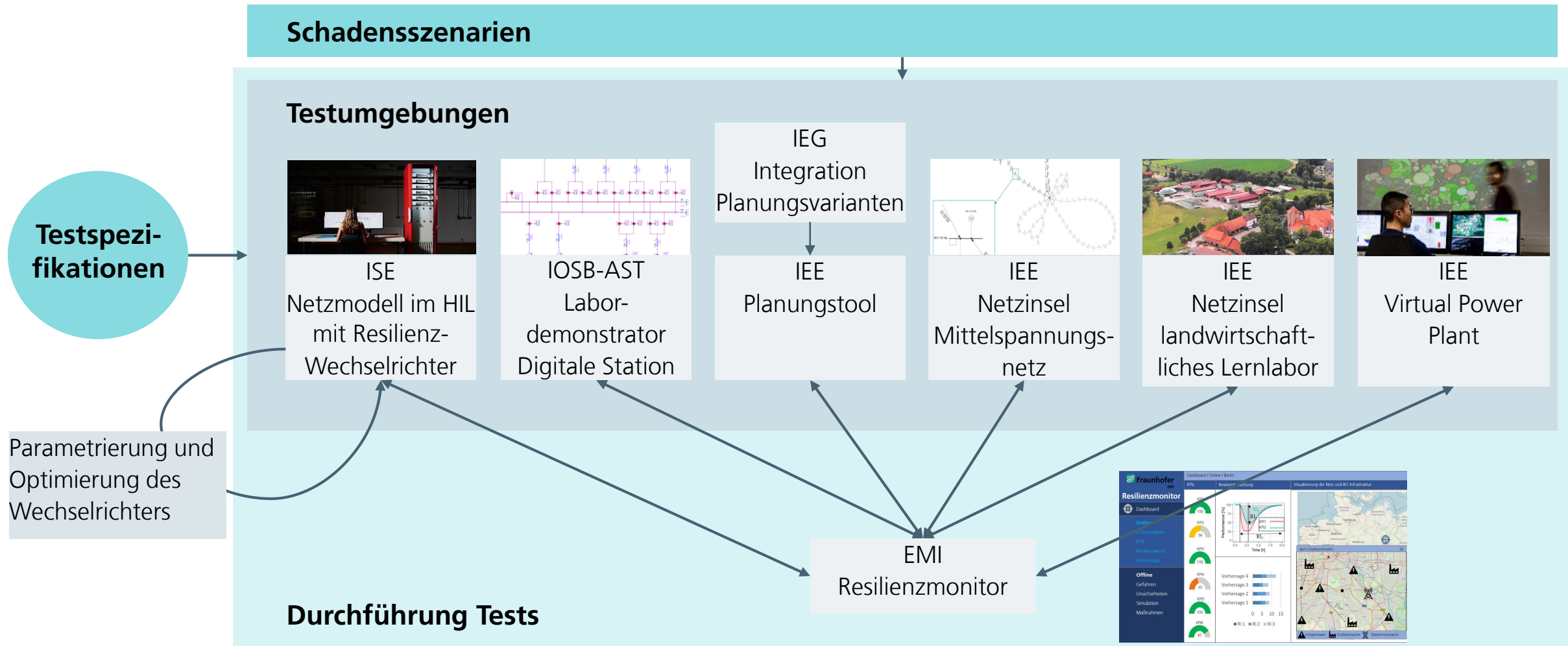


Beispiel: Implementierung der Zielnetzplanung und Bewertung der Resilienz bzgl. Mehrfachausfällen



Labortests zur Evaluation und Optimierung

Vorstellung der Arbeitspakete – AP 5 Reallabor Demonstration





RESIST

 **Fraunhofer**
IEG

 **Fraunhofer**
IEE

 **Fraunhofer**
EMI

 **Fraunhofer**
IOSB

 **Fraunhofer**
ISE