

Anbindung einer Netz-Optimierung an CERBERUS

Janis Kähler
Cerberus Anwendertreffen
Chemnitz, 06.11.2024
www.ise.fraunhofer.de

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen

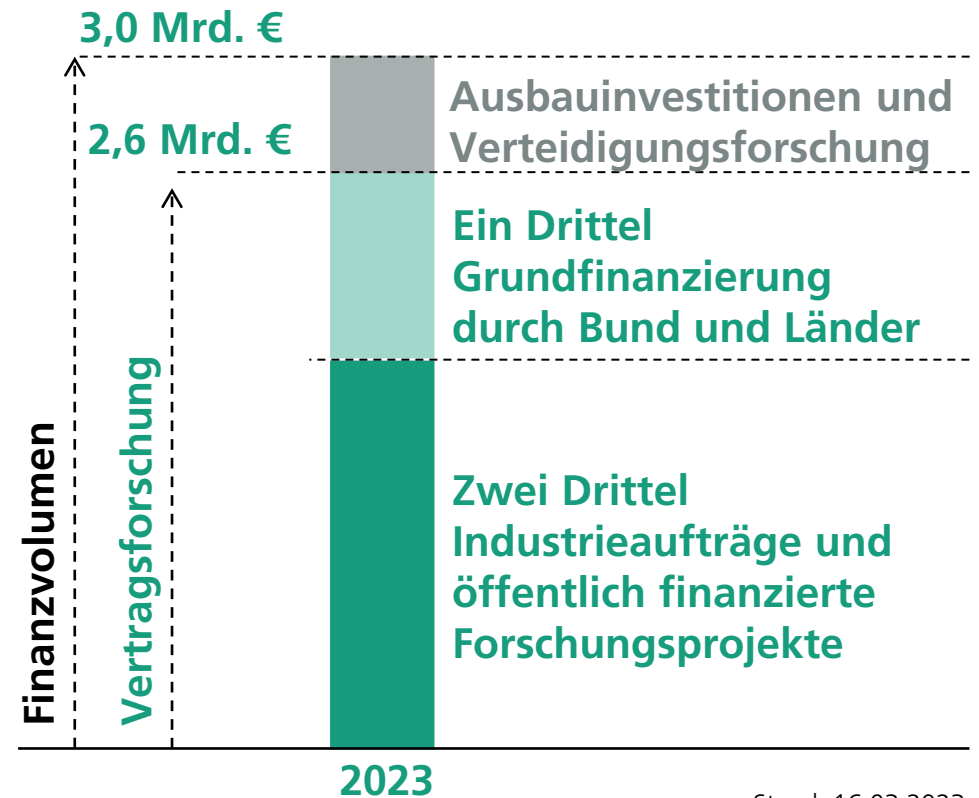
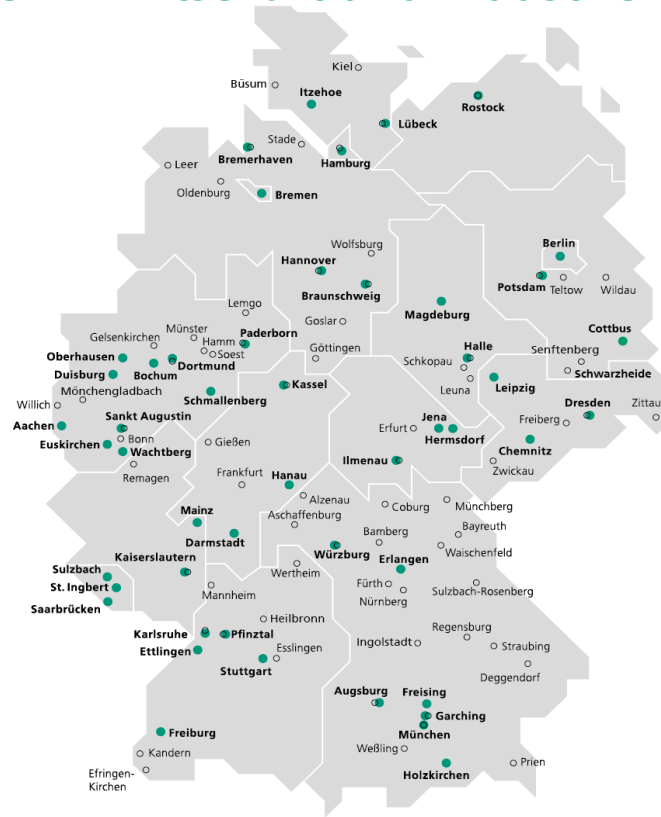
Anwendungsorientierte Forschung mit Fokus auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie.



30 800 Mitarbeitende



76 Institute und
Forschungseinrichtungen



Stand: 16.03.2023

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

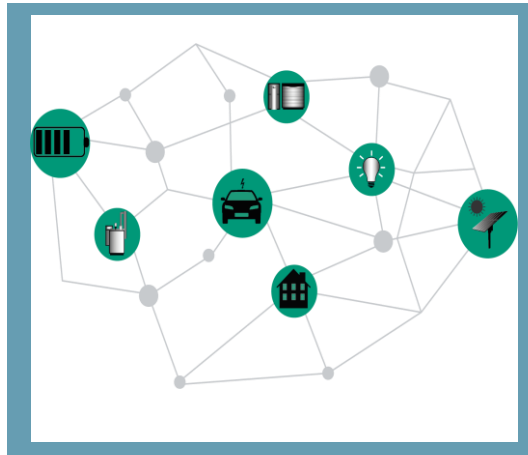
Forschen für die Energiewende seit 1981



<p>Institutsleiter: Prof. Dr. Hans-Martin Henning Prof. Dr. Andreas Bett</p> <p>Mitarbeitende: Rund 1500</p> <p>Budget 2023: 143 Mio. EUR</p>	<p>Photovoltaik</p>	
<p>Klimaneutrale Wärme und Gebäude</p>		
<p>Elektrische Energiespeicher</p>		
<p>Wasserstofftechnologien</p>		
<p>Systemintegration</p>		
<p>Leistungselektronik und Stromnetze</p>		

Abteilung Intelligente Netze

Unsere Kernkompetenzen



Betriebsführung

- Optimierung (MPC & KI)
- HEMS & Lademanagement
- Leistungsprofile synPRO
- Quartiers-EMS



Netzbetrieb und Netzplanung

- Netzsimulation
- Netzzustandsschätzung
- Netzausbauplanung
- Netzreduktion



Smart Grid Kommunikation

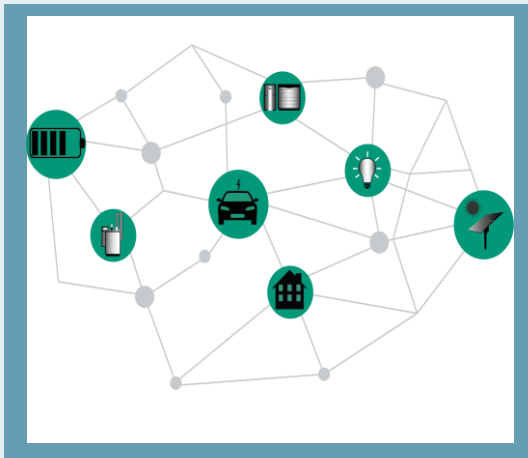
- Metering & SMGW
- EMS-Plattform openMUC
- IKT-Protokolle
- P2P-Kommunikation



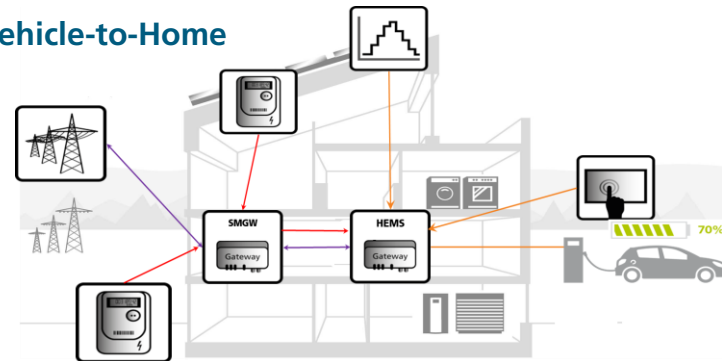
Digital Grid Lab

- Power Hardware in the Loop (bis 800 kVA)
- Leitwarte
- Regler-Tests
- Smart Metering Tests

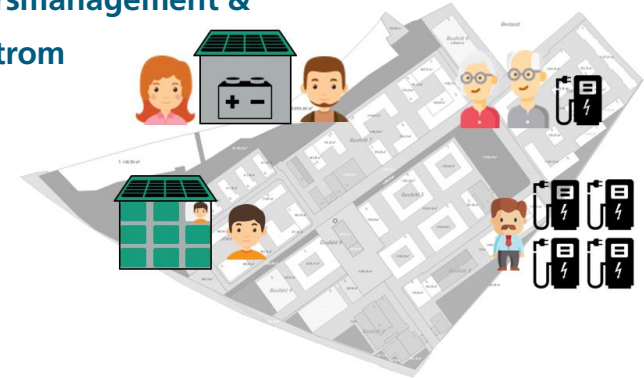
Team Datenbasierte Betriebsführung dezentraler Energiesysteme



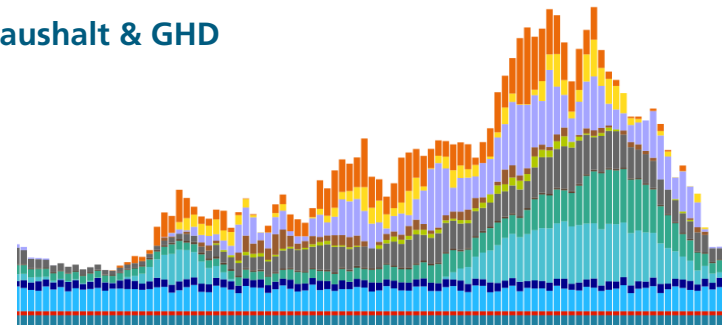
Home- & Lademanagement Vehicle-to-Home



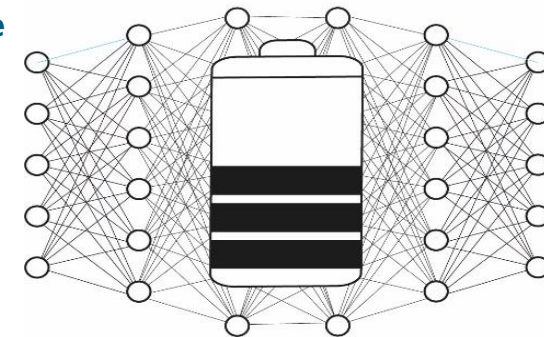
Quartiersmanagement & Mieterstrom



Synthetische Lastprofilerstellung Haushalt & GHD

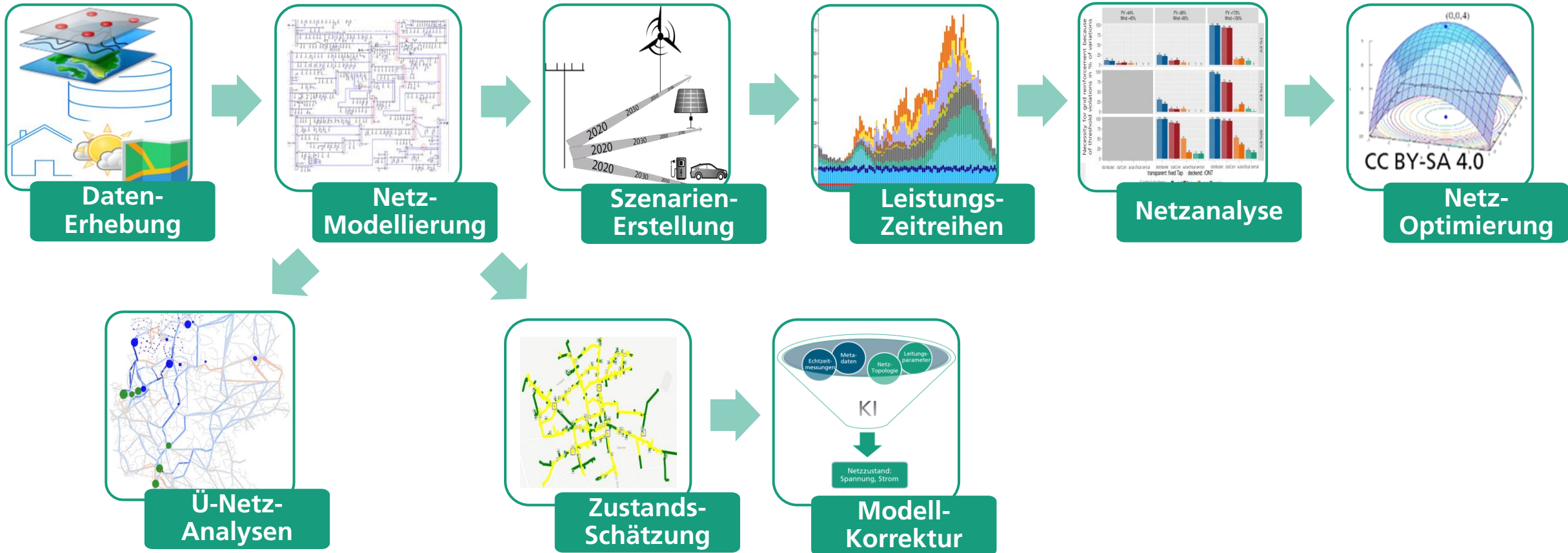


Betriebsführung von Speichern Multi-Use



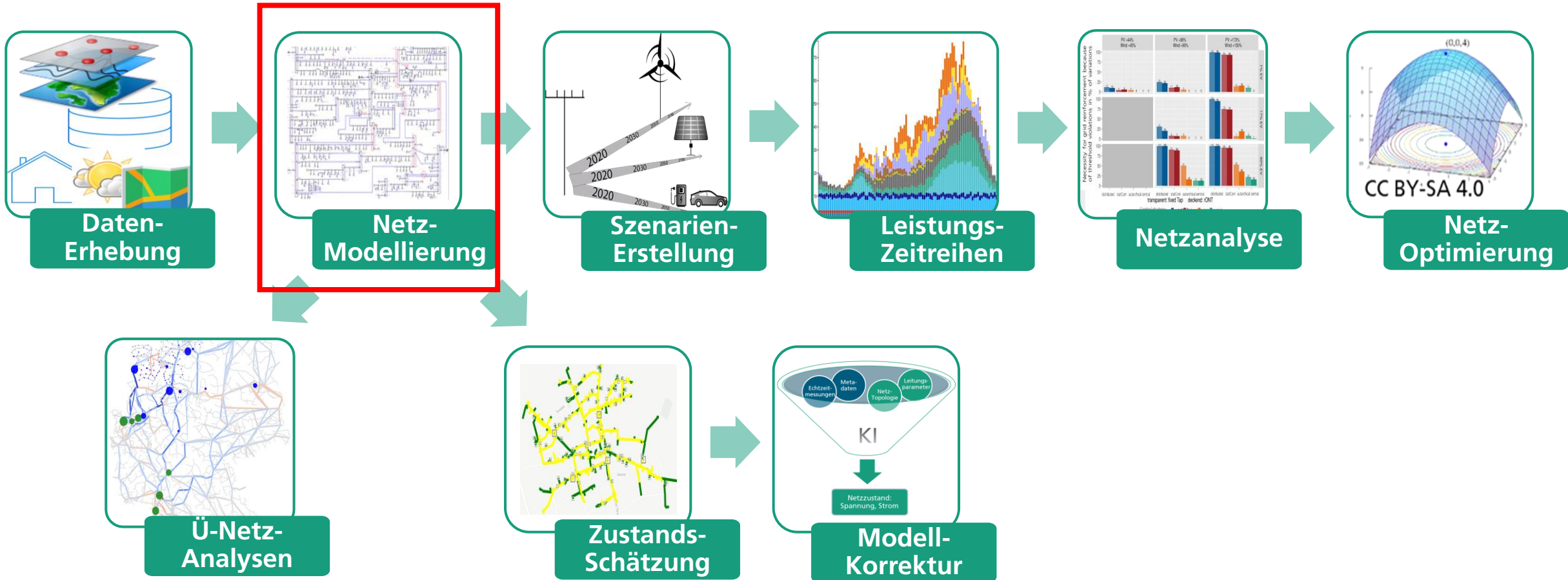
Team Netzplanung

Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



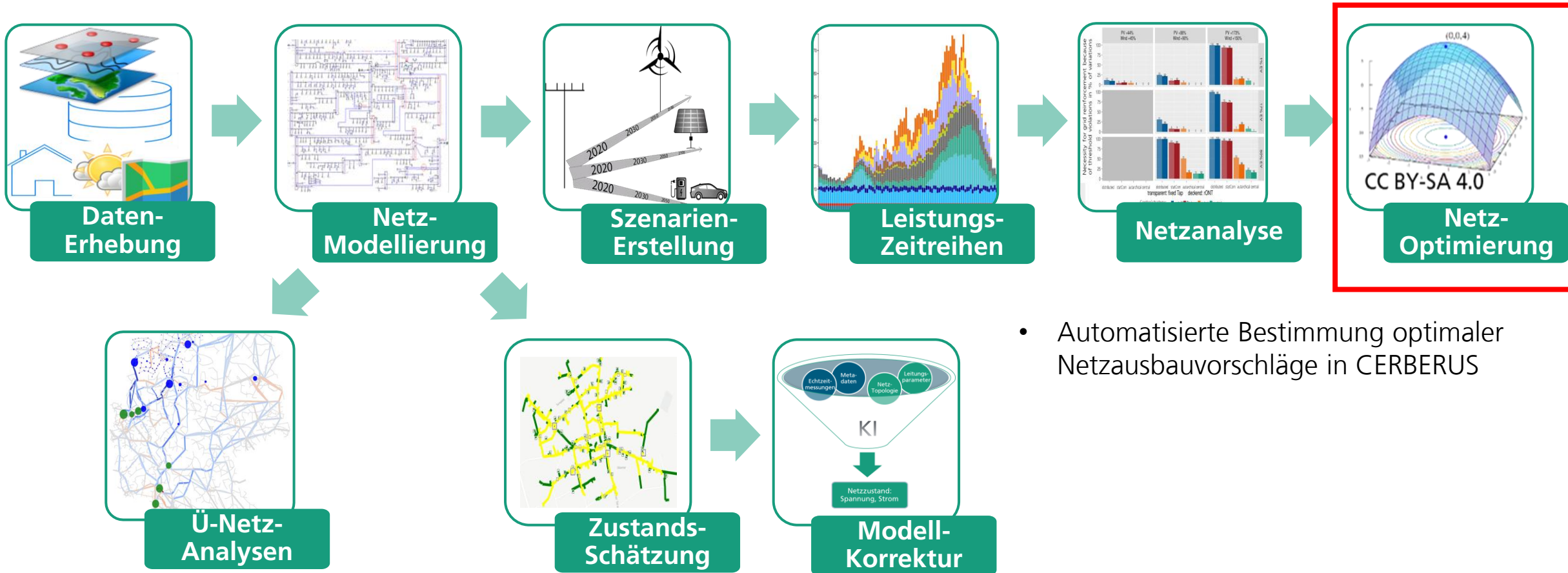
Team Netzplanung

Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



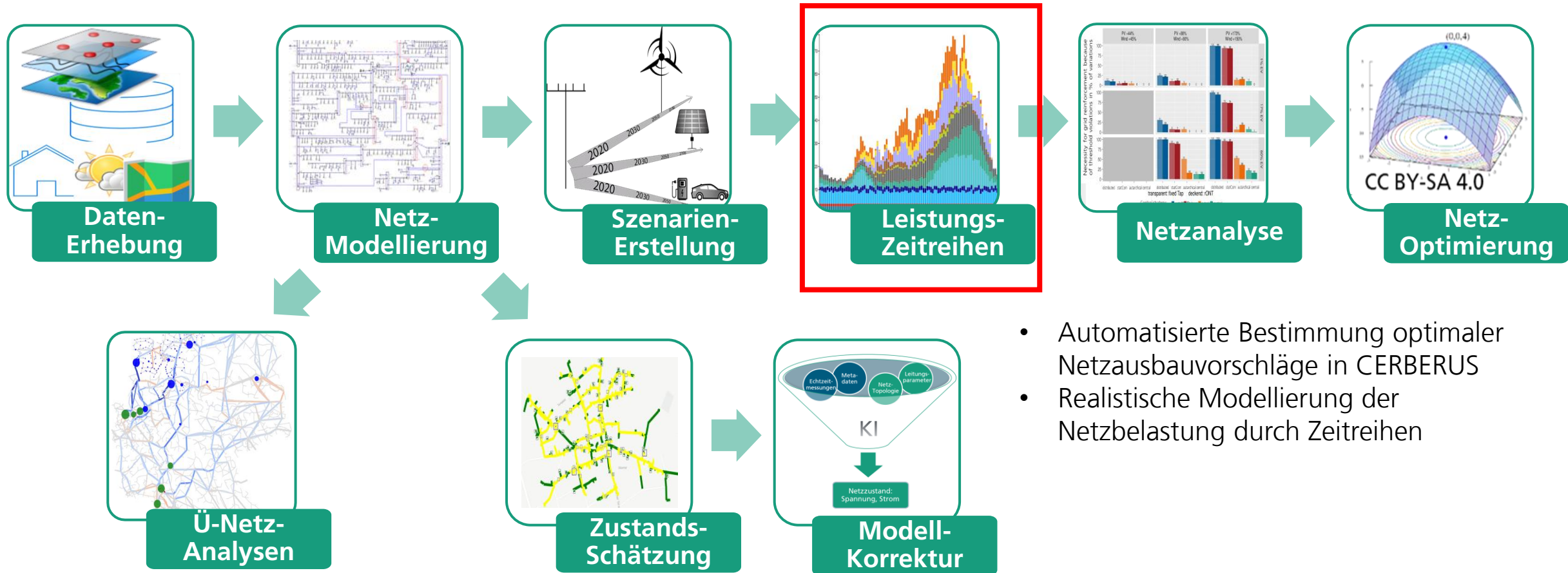
Team Netzplanung

Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



Team Netzplanung

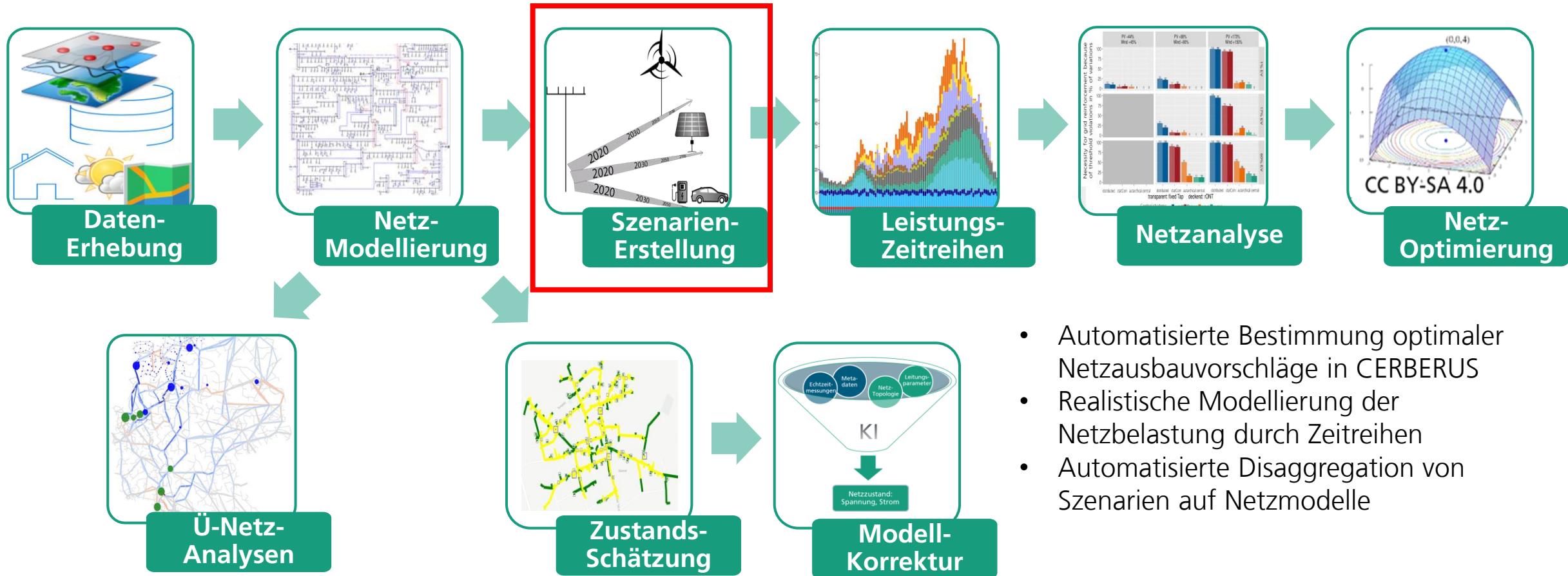
Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



- Automatisierte Bestimmung optimaler Netzausbauvorschläge in CERBERUS
- Realistische Modellierung der Netzbelastung durch Zeitreihen

Team Netzplanung

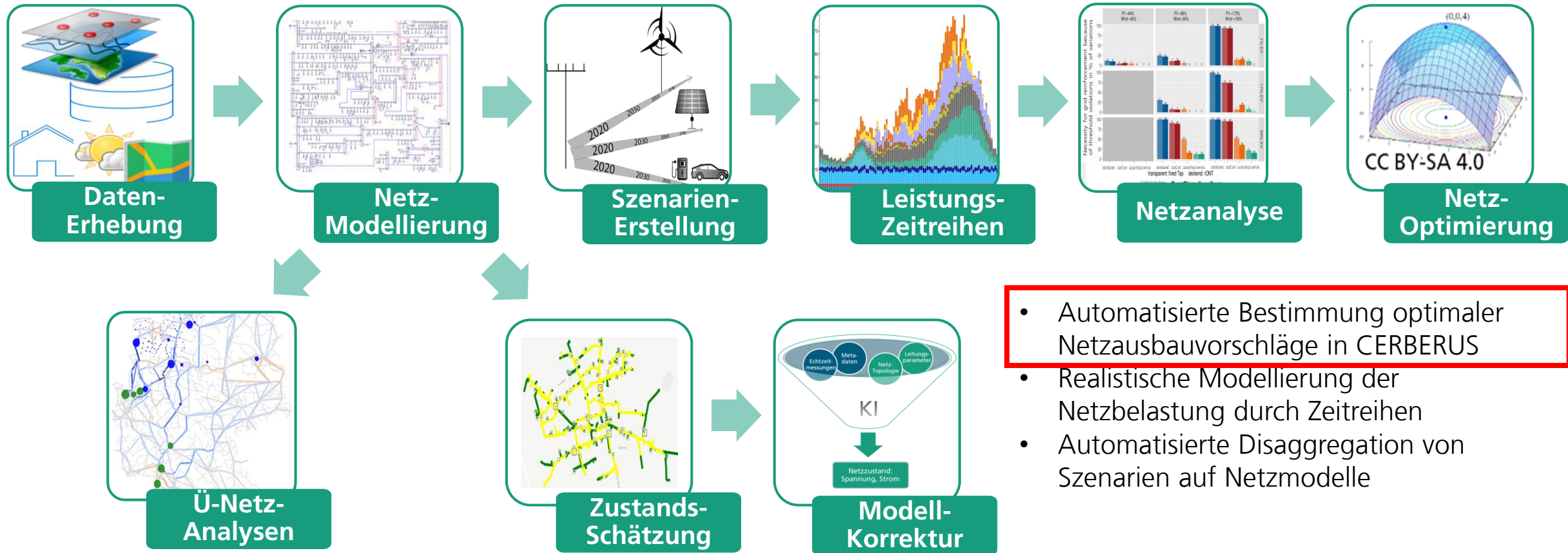
Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



- Automatisierte Bestimmung optimaler Netzausbauvorschläge in CERBERUS
- Realistische Modellierung der Netzbelastung durch Zeitreihen
- Automatisierte Disaggregation von Szenarien auf Netzmodelle

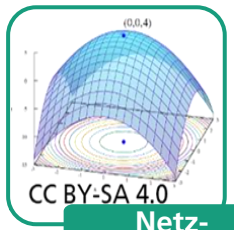
Team Netzplanung

Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft

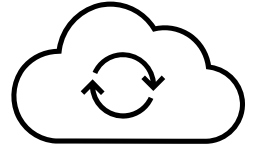


- Automatisierte Bestimmung optimaler Netzausbauvorschläge in CERBERUS
- Realistische Modellierung der Netzbelastung durch Zeitreihen
- Automatisierte Disaggregation von Szenarien auf Netzmodelle

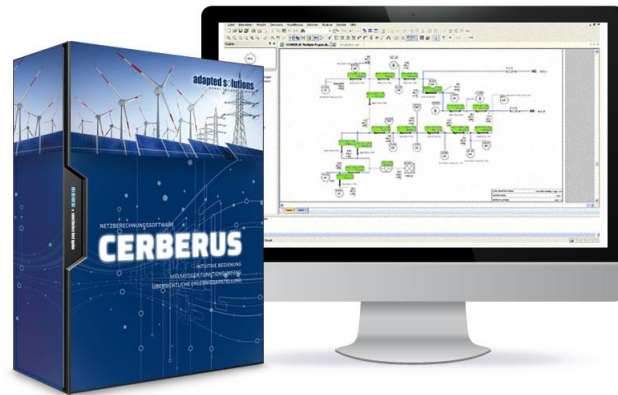
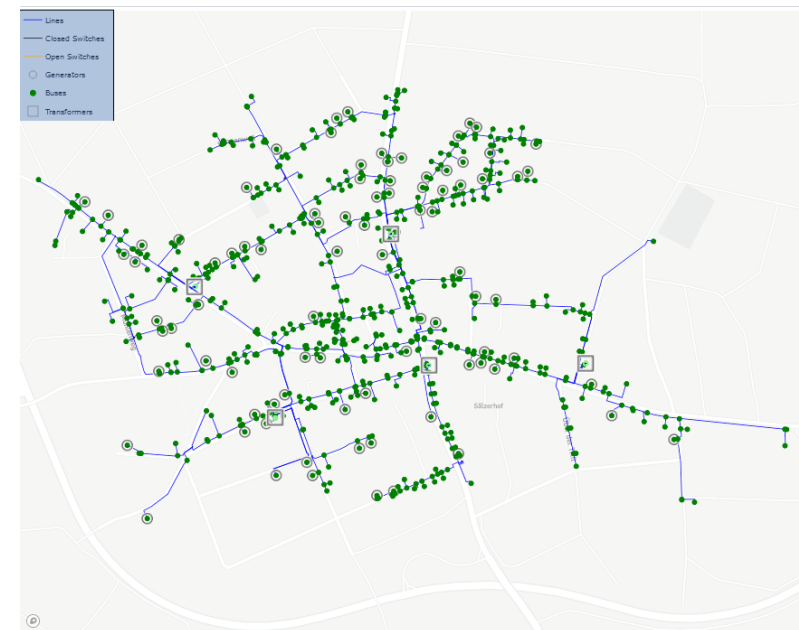
Automatisierte Netzausbauplanung in CERBERUS



Netz-Optimierung



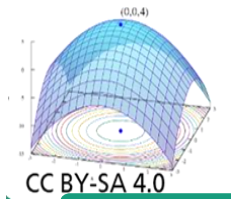
Netzoptimierung



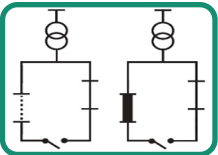
Web - API

- Ausbauvorschläge**
- _____
 - Variante 1**
 - _____
 - Variante 2**
 - _____
 - Variante 3**

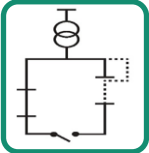
Optionen für den Netzausbau können ausgewählt werden



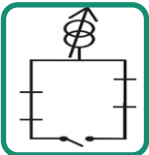
Netz-Optimierung



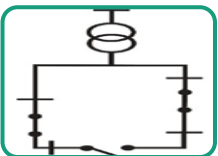
Leitungsverstärkung



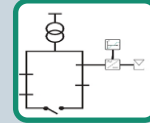
Parallele Leitungen



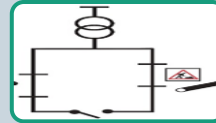
rONT /
Transformatortausch



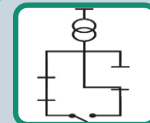
Schaltzustände,
neue Trennstellen



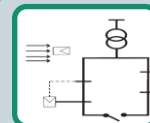
Blindleistungsregelung



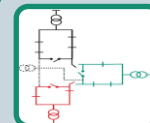
Leerrohre



Zusätzliche Leitungen

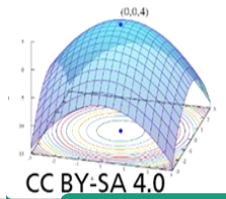


Alternative NVP

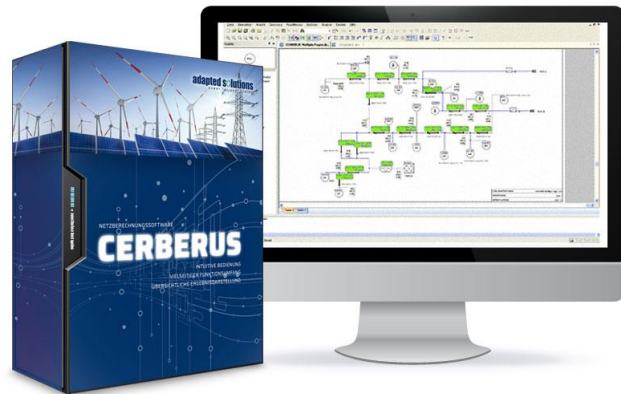


Zusätzliche Transformatoren

User Input für die Netzoptimierung



Netz-Optimierung



Optimierung

Optionen für Netz-Änderungen

Verfügbare Typen	available_types_v5	▼
Umschaltungen zulassen	Ja	▼
Bypass-Leitungen zulassen	Ja	▼
Trafo-Verstärkungen zulassen	Ja	▼
Einsatz von RONT zulassen	Ja	▼
Einfügen von Trennstellen zulassen (neuer Kabel)	Ja	▼
Verlegen neuer Leitungen zulassen	Nein	▼
Neue Trafo-Stationen zulassen	Nein	▼
Austausch bestehender Leitungen zulassen	Ja	▼
Nur Strahlennetze zulassen	Nein	▼
Zu ignorierende Leitungen (mit Komma getrennt)		

Einstellungen für Lastfluss

Zulässiger Spannungseinbruch [%]	-10.0
Zulässige Spannungserhöhung [%]	10.0
Maximal zulässige Leitungsauslastung [%]	100

Einstellungen

Starte Optimierung

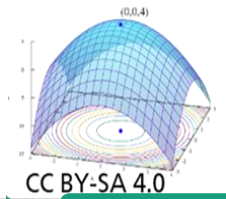
Lade Ergebnisse

OK

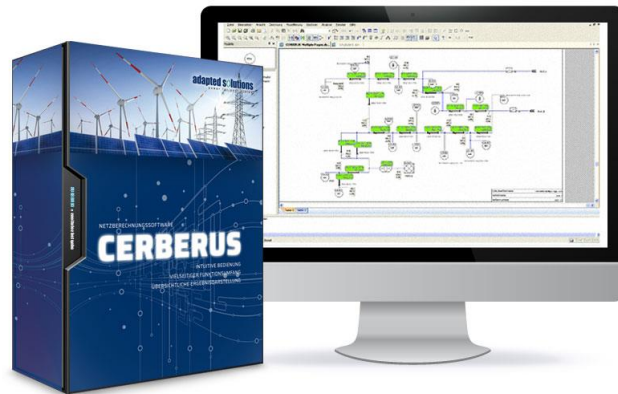
Abbrechen

User Input für die Netzoptimierung

Demo in CERBERUS...



Netz-Optimierung



Optimierung

Optionen für Netz-Änderungen

Verfügbare Typen	available_types_v5	▼
Umschaltungen zulassen	Ja	▼
Bypass-Leitungen zulassen	Ja	▼
Trafo-Verstärkungen zulassen	Ja	▼
Einsatz von RONT zulassen	Ja	▼
Einfügen von Trennstellen zulassen (neuer Kabel)	Ja	▼
Verlegen neuer Leitungen zulassen	Nein	▼
Neue Trafo-Stationen zulassen	Nein	▼
Austausch bestehender Leitungen zulassen	Ja	▼
Nur Strahlennetze zulassen	Nein	▼
Zu ignorierende Leitungen (mit Komma getrennt)		

Einstellungen für Lastfluss

Zulässiger Spannungseinbruch [%]	-10.0
Zulässige Spannungserhöhung [%]	10.0
Maximal zulässige Leitungsauslastung [%]	100

Einstellungen

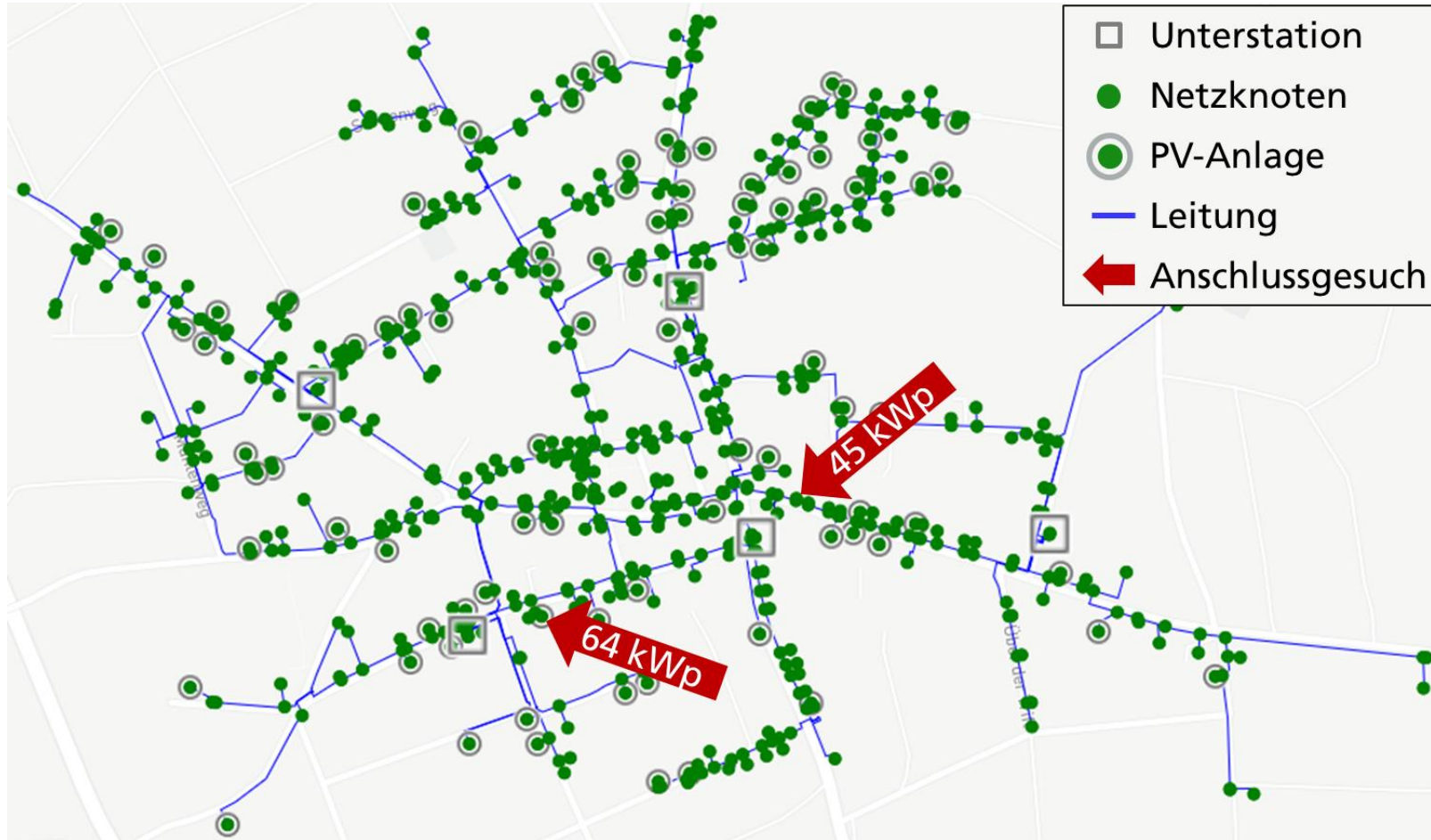
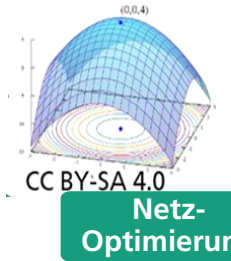
Starte Optimierung

Lade Ergebnisse

OK

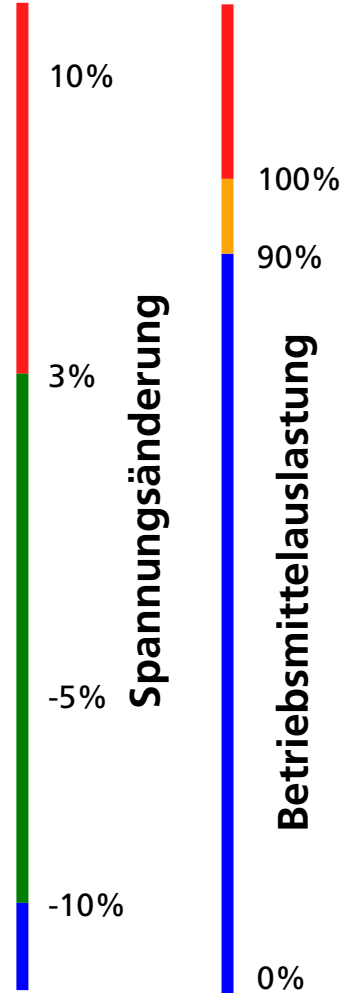
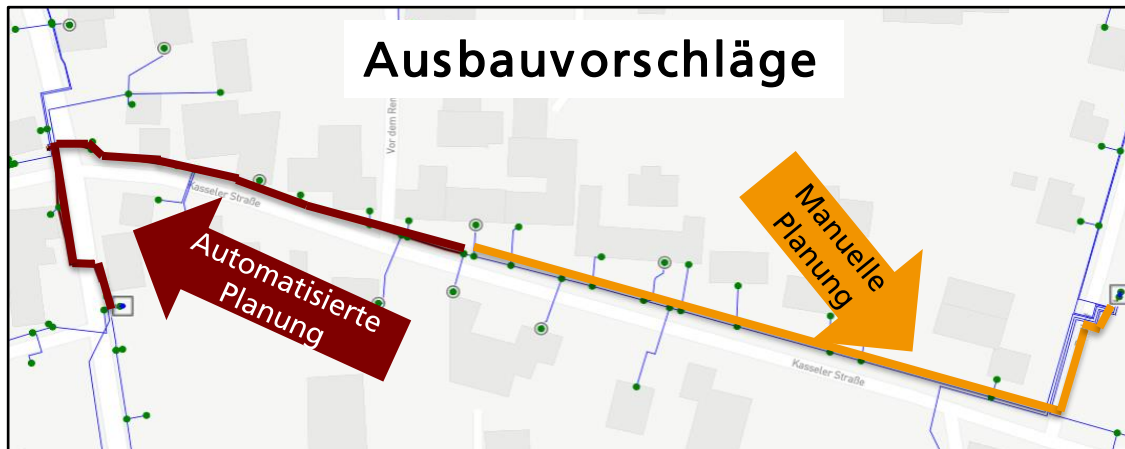
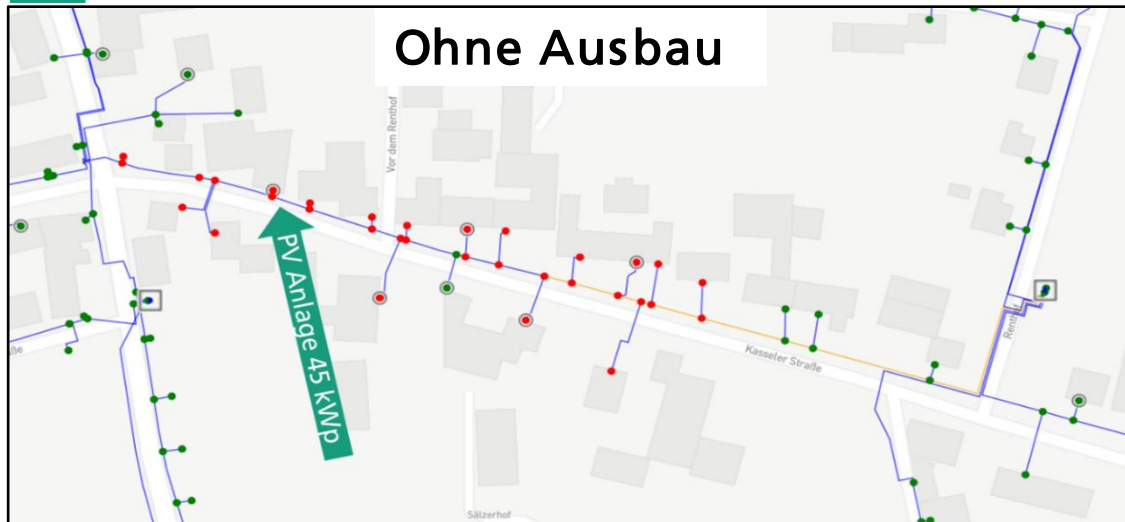
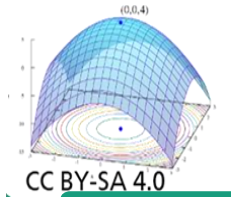
Abbrechen

Die automatisierte Netzplanung wird an realen Anschlussgesuchen validiert



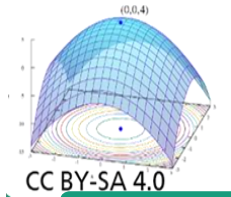
- Das Netz besteht aus
 - 795 Leitungen
 - 113 Schaltern
 - 357 Lasten
 - 104 PV-Anlagen
- Nennleistung aller PV-Anlagen 1,45 MW
- Größte PV-Anlage 120 kW

Drohende Netzüberlastung bei Anschluss einer PV-Anlage mit 45 kWp



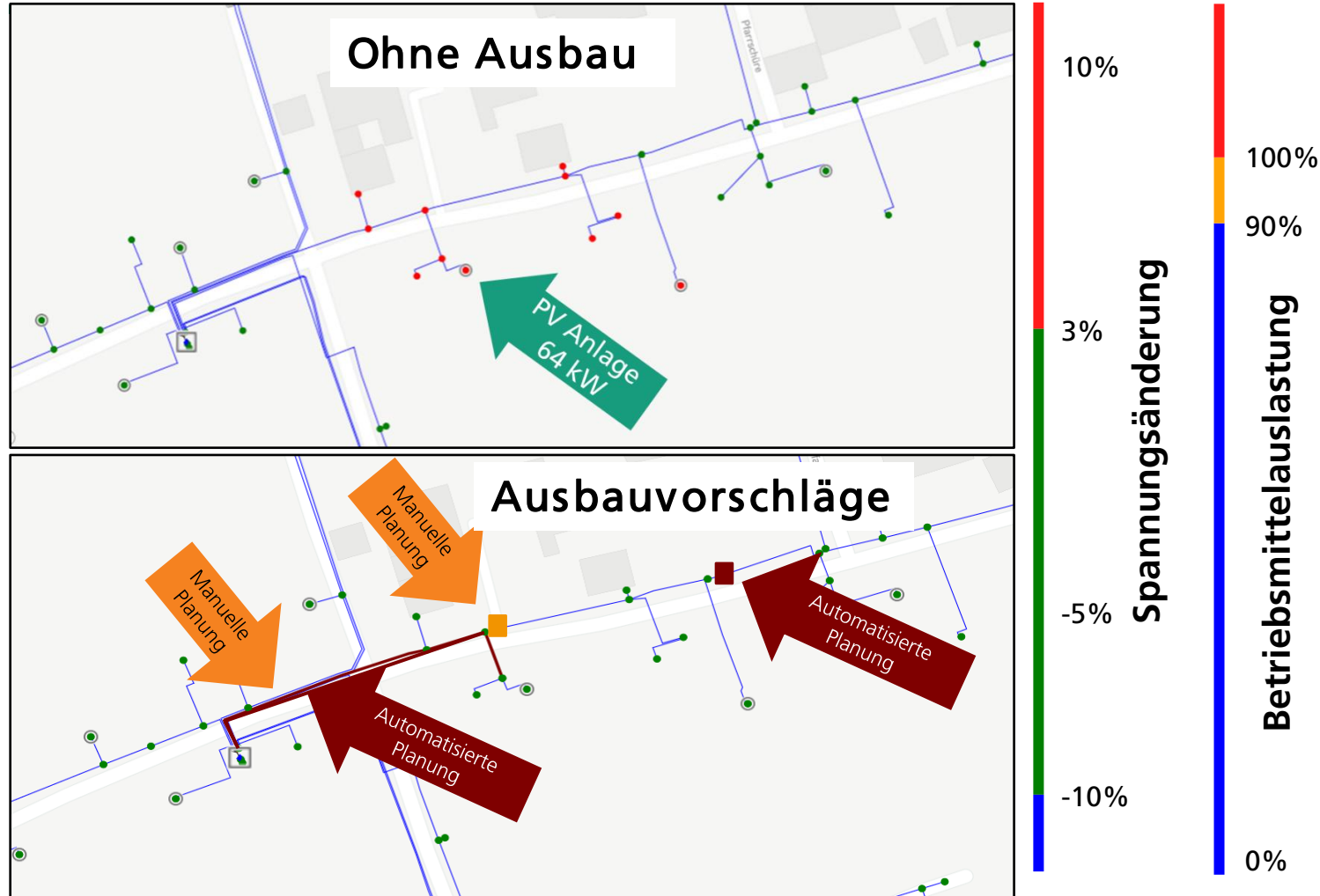
- Zusammen mit der neuen PV-Anlage würde die Spannung im Netz durch PV-Anlagen um 5,4 % angehoben werden. Nach VDE AR-N 4105 sind nur 3 % erlaubt
- Der Netzplanende schlägt nach ausführlichem Variantenvergleich eine parallele Leitung vom rechten Transformator mit Kosten von 18 500 € vor.
- Der Algorithmus schlägt eine 1500 € billigere parallele Leitung vom linken Transformator aus vor.

Drohende Netzüberlastung bei Anschluss einer PV-Anlage mit 64 kWp



CC BY-SA 4.0

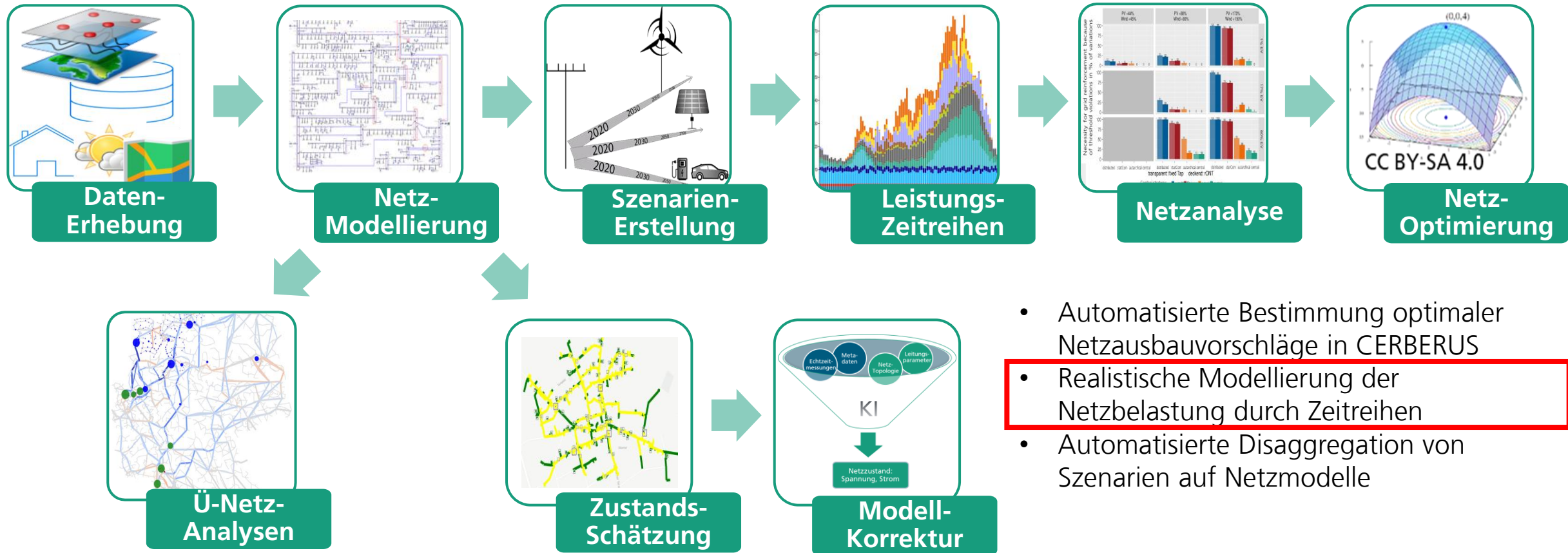
Netz-Optimierung



- Die Spannungserhöhung aller PV-Anlagen beträgt 3,4 %
- Manuelle und automatisierte Planung schlagen beide einen Kabelverteilerschrank zur Netzauftrennung mit Kosten von 5000 € vor.
- Soll keine zusätzliche Trennstelle in das Netz integriert werden schlagen Netzplaner und der Algorithmus eine identische parallele Leitung mit Kosten von 7 396 € vor.

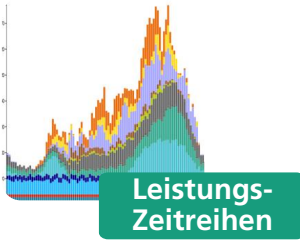
Team Netzplanung

Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



- Automatisierte Bestimmung optimaler Netzausbauvorschläge in CERBERUS
- Realistische Modellierung der Netzbelastung durch Zeitreihen
- Automatisierte Disaggregation von Szenarien auf Netzmodelle

Der Netzplanungsprozess setzt auf einfache Belastungsfälle



Netzverstärkung

- Schaltzustandsoptimierung, setzen neuer Trennstellen, Austausch oder Hinzufügen von Komponenten, Betriebsführung

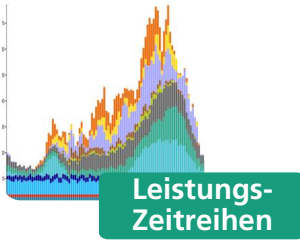
Versorgungsqualität

- Spannungsband: $\pm 10\%$ (DIN EN 50160)
- Komponentenbelastung $< 100\%$
- Niedriger SAIDI durch topologische Vorgaben

Netzbelastung

- Lastflussberechnungen:
 - Lastfall: z.B. 3 kW je Haushalt
 - Einspeisefall: Alle EZA speisen mit Nennleistung ein

Kann Netzausbau durch präzisere Belastungsmodellierung vermieden werden?



Netzverstärkung

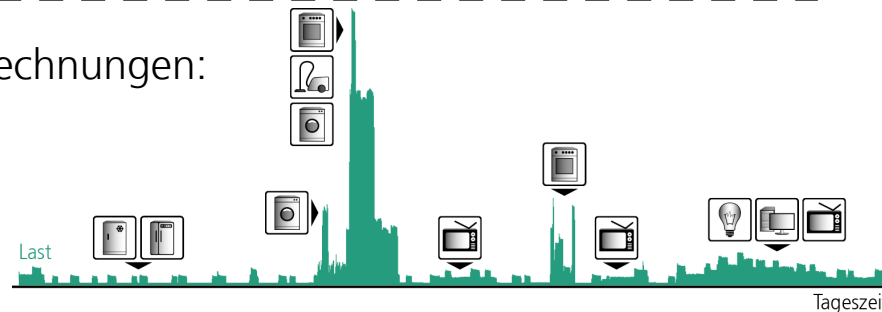
- Schaltzustandsoptimierung, setzen neuer Trennstellen, Austausch oder Hinzufügen von Komponenten, Betriebsführung

Versorgungsqualität

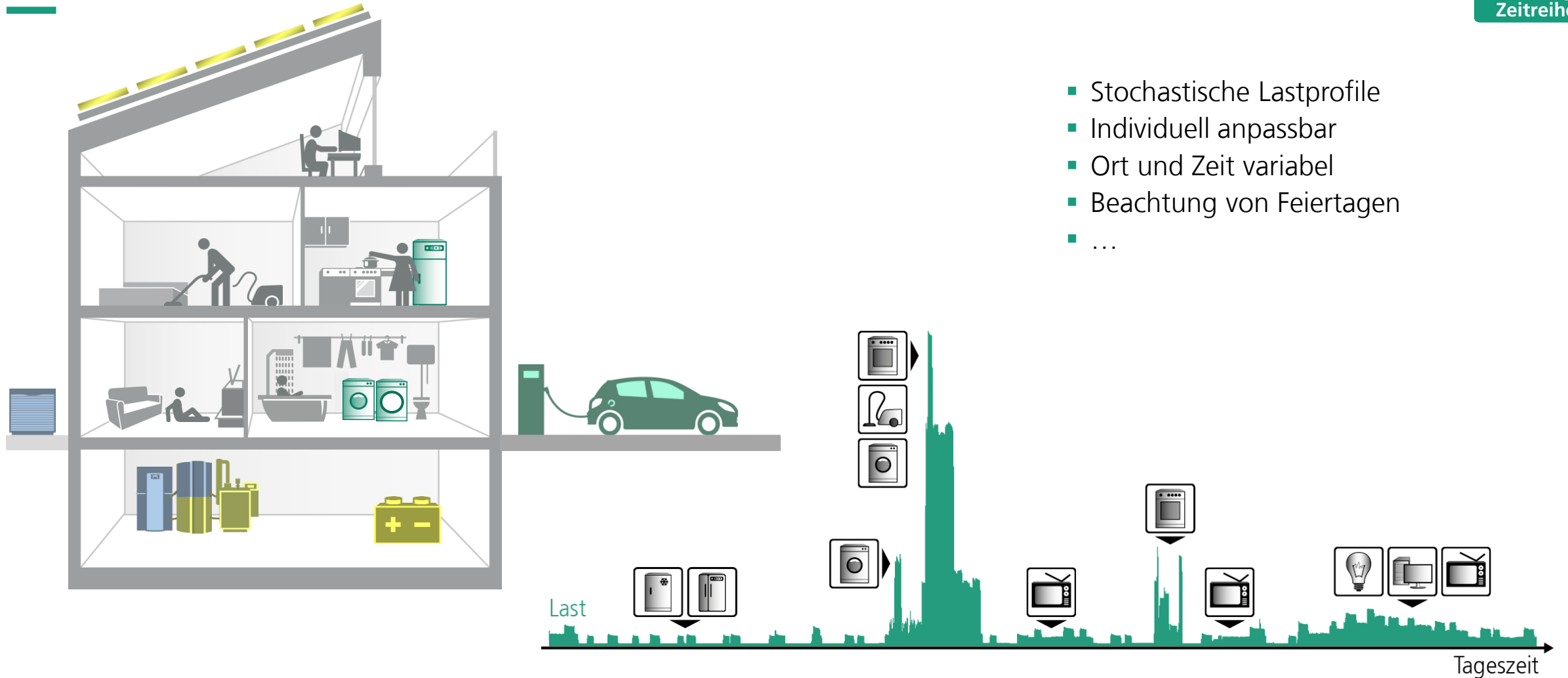
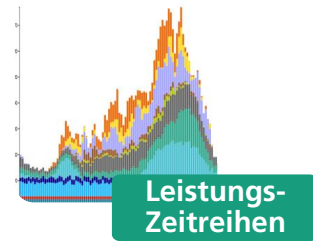
- Spannungsband: $\pm 10\%$ (DIN EN 50160)
- Komponentenbelastung $< 100\%$
- Niedriger SAIDI durch topologische Vorgaben

Netzbelastung

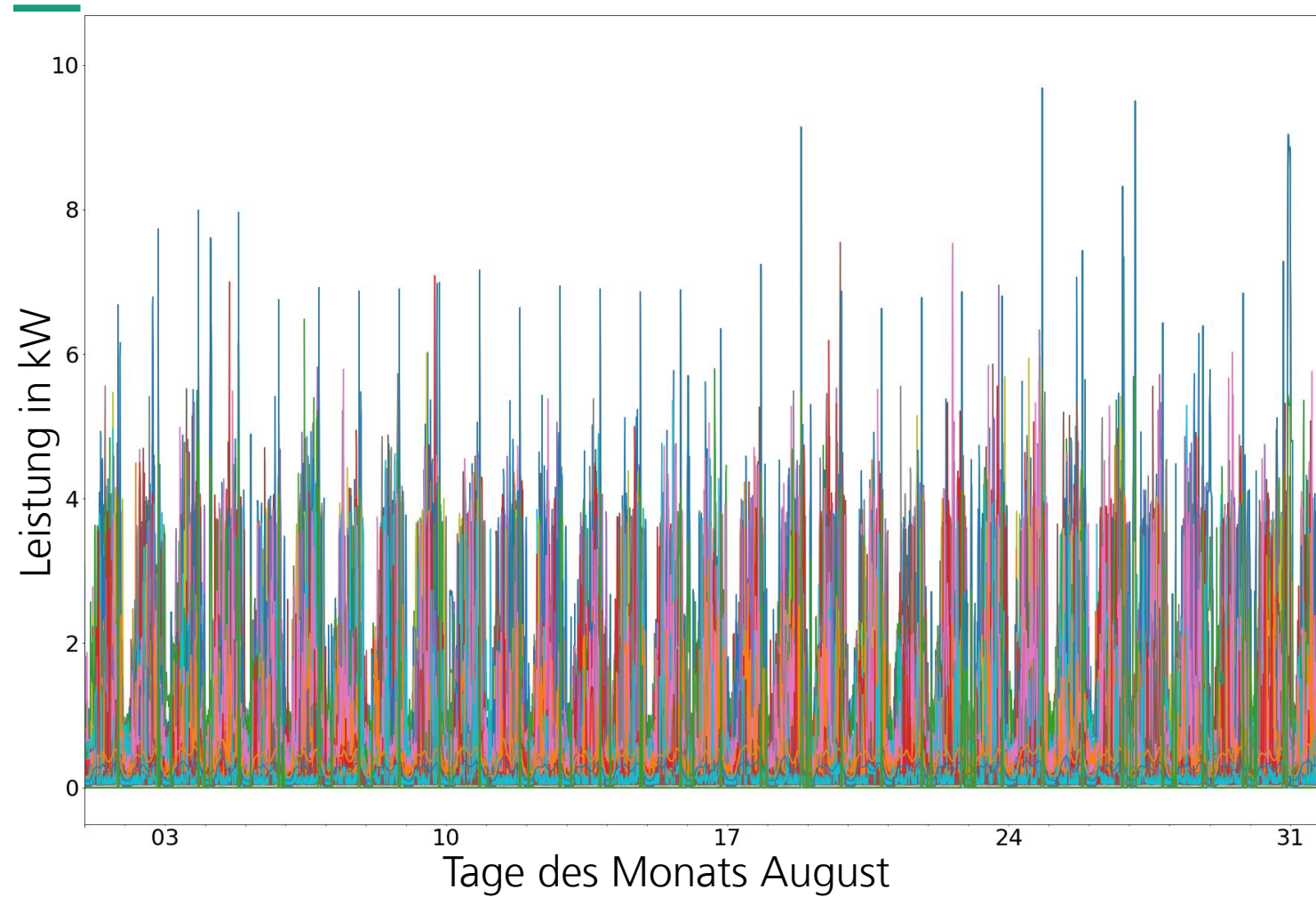
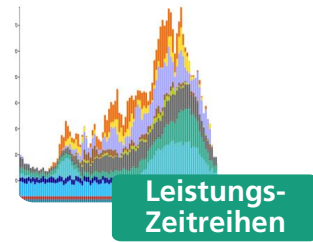
- Lastflussberechnungen:



Erstellen von Zeitreihen mit dem Lastprofilgenerator synPro

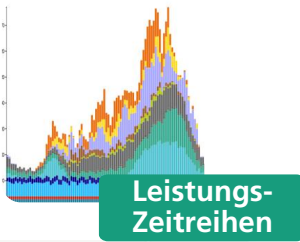




Exemplarische viertelstündliche Lastzeitreihen für den Monat August

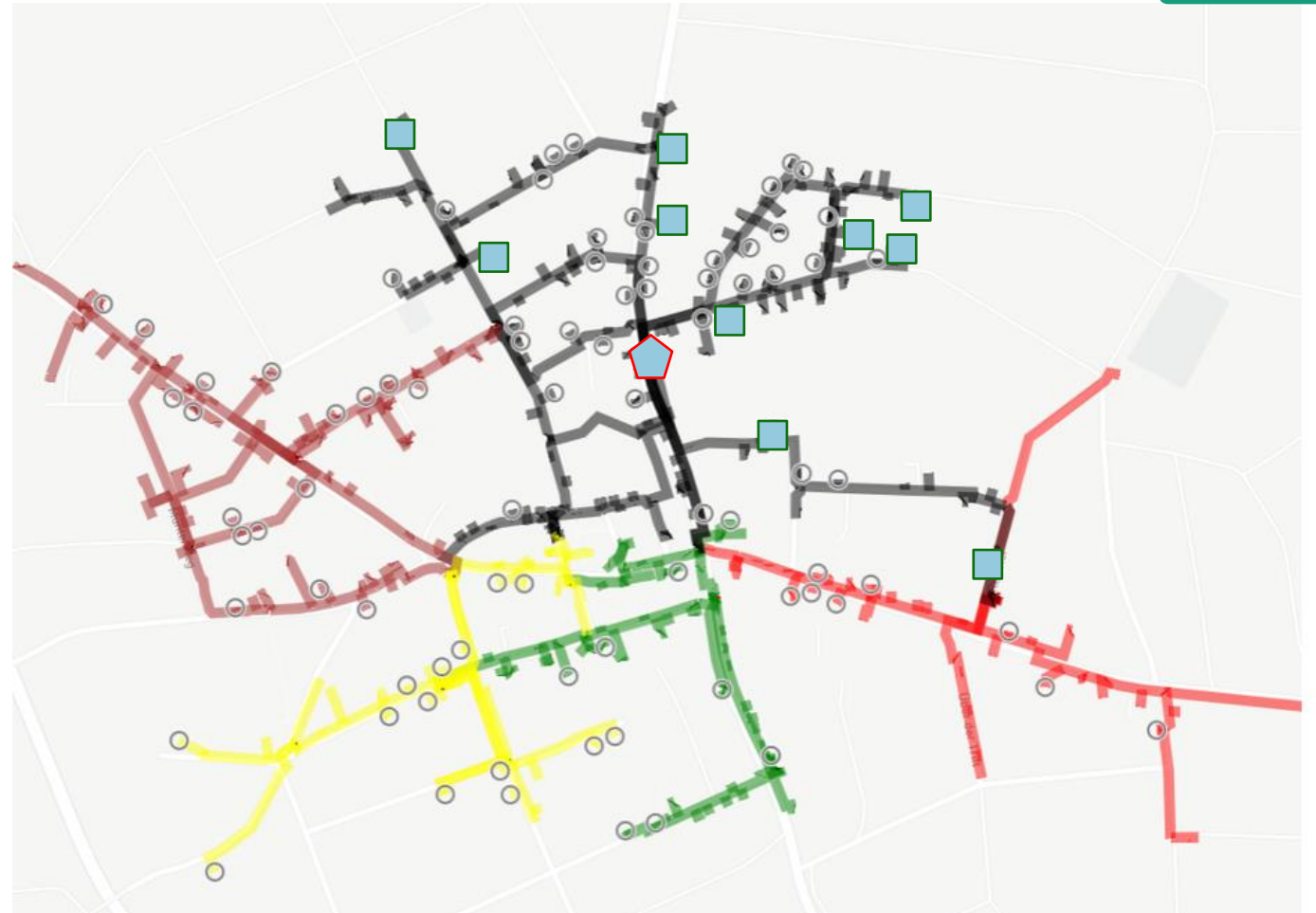


- Haushaltsprofil 1
- Haushaltsprofil 2
- Haushaltsprofil 3
- ...

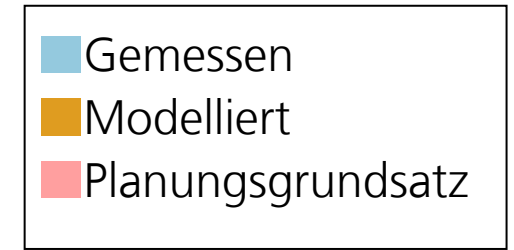
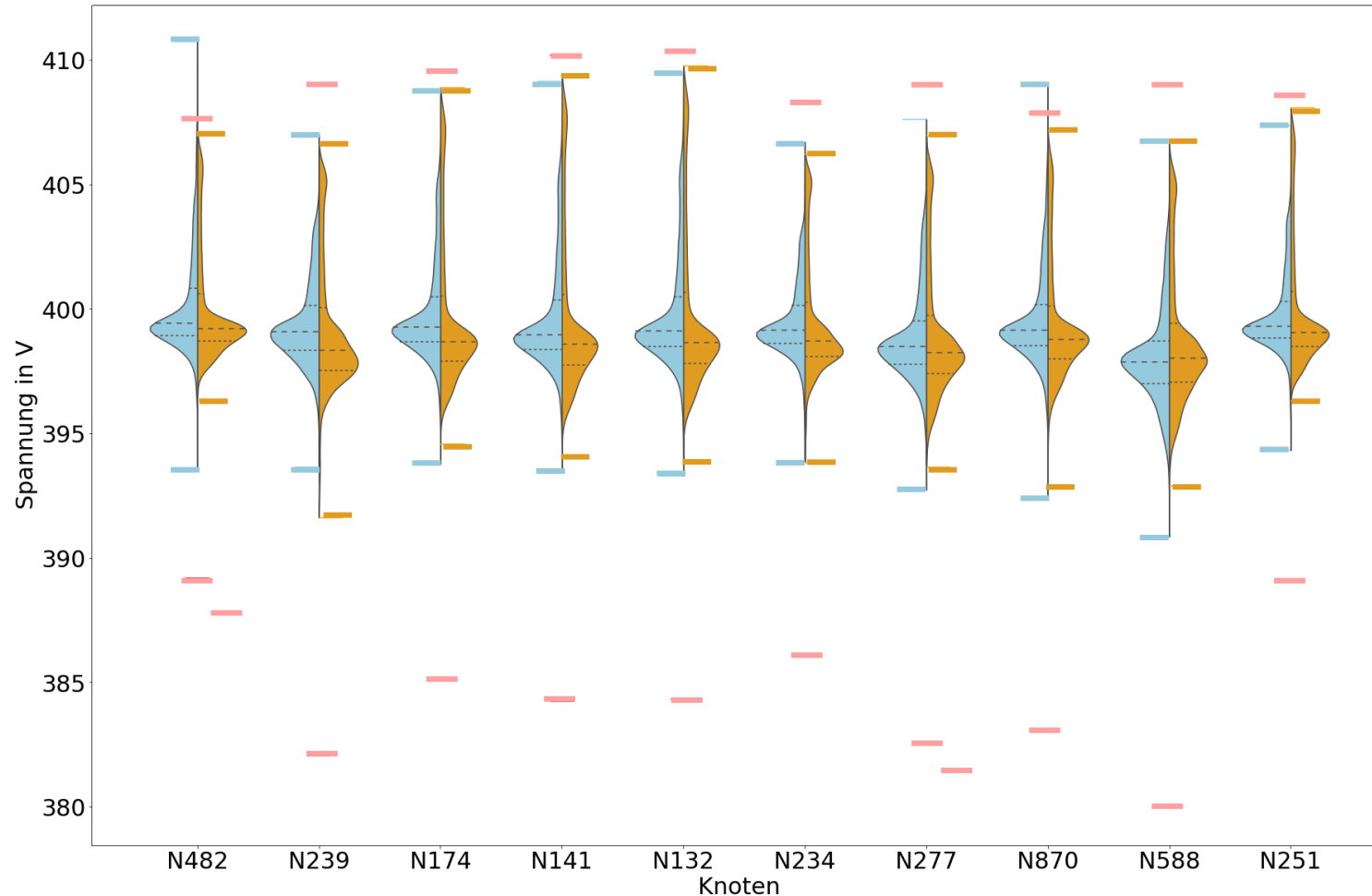
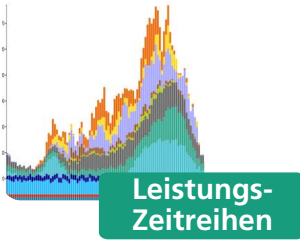
Die Qualität der Netzmodellierung wird an einem realen Netz validiert



- Schwarzes Netz:
 - Messung 630 kVA Transformator 
 - Smart Meter Messungen 
- Synthetische Profile für:
 - 151 Anschlussnehmer
 - 44 PV-Anlagen
- synPRO Profile für Haushalte
 - Parametrierung durch Netzbetreiber
- PV-Anlagen:
 - Maximal mögliche Einspeisung aus 6 PV-Messungen

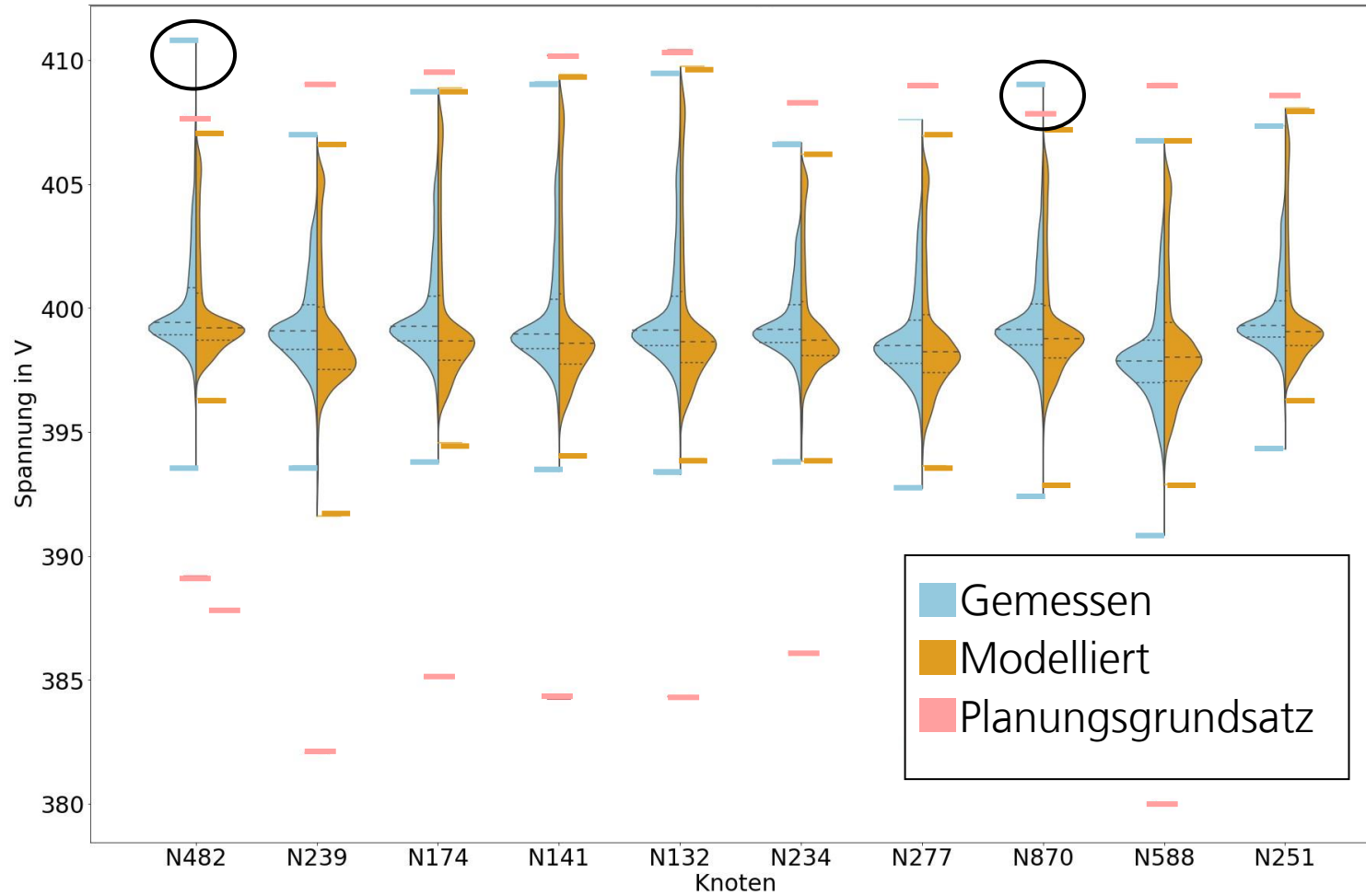
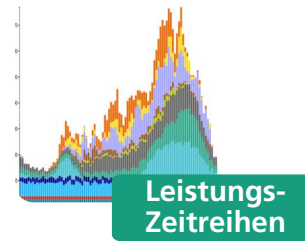


Die Minimalwerte der Knotenspannungen werden gut getroffen



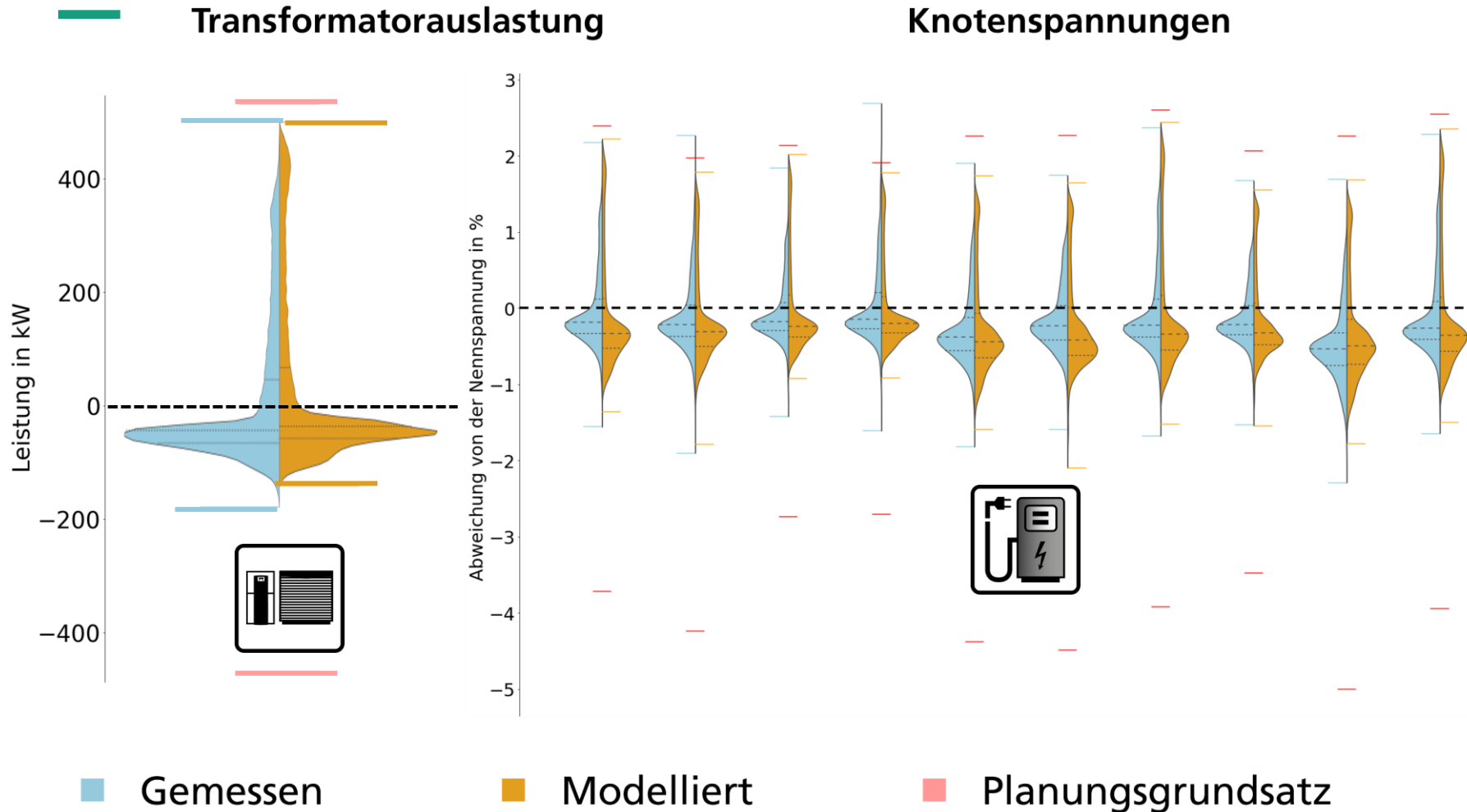
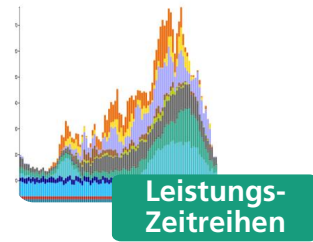
- Simulation weicht im Mittel um -0,8 V von der Messung ab
- Die Worst-Cases überschätzen die Netzbelastung

Die Maximalwerte der Knotenspannungen werden gut getroffen



- Messungen enthalten zwei Ausreißer, die höher liegen als Worst-Cases
- Simulation weicht im Mittel um 0,6 V von den Maximalwerten der Messung ab (ohne Ausreißer 0,02 V)
- Die Worst-Cases überschätzen die Netzbelastung meist
- Die Modellierung trifft die Messung gut

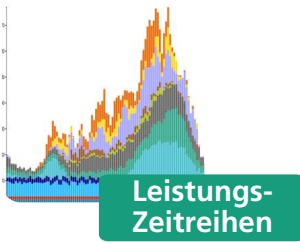
Validierung simulierter Netzbelastungen



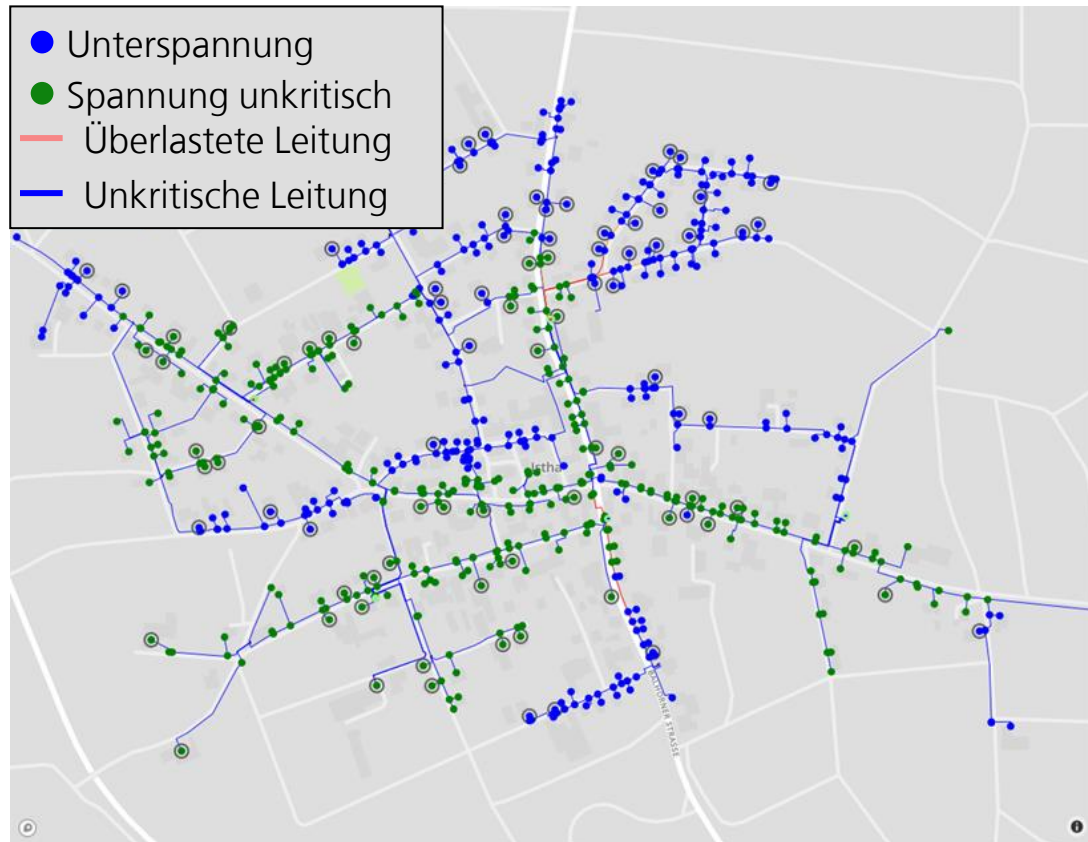
- Die PV-Spitze wird durch Planungsgrundsätze gut getroffen
- Die Netzbelastung durch Haushaltskunden wird durch Planungsgrundsätze stark überschätzt
- **Elektromobilitäts- und Wärmepumpen-aufnahmefähigkeit werden unterschätzt**

Weniger Netzausbau durch zeitreihenbasierte Planung

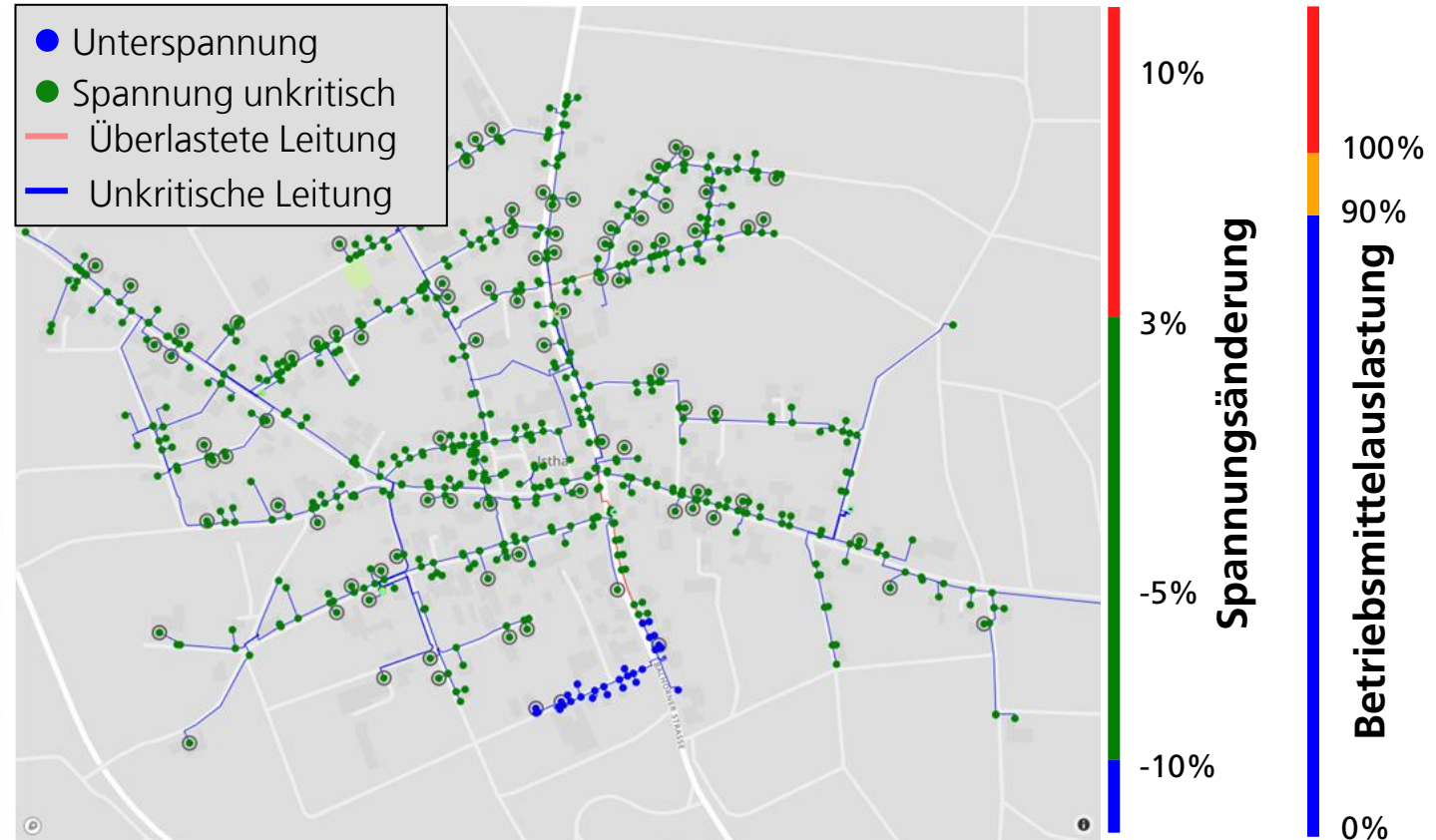
Dörfliches Netzgebiet mit vorwiegend Wohnbebauung und 50% Ladesäulen für E-Mobilität



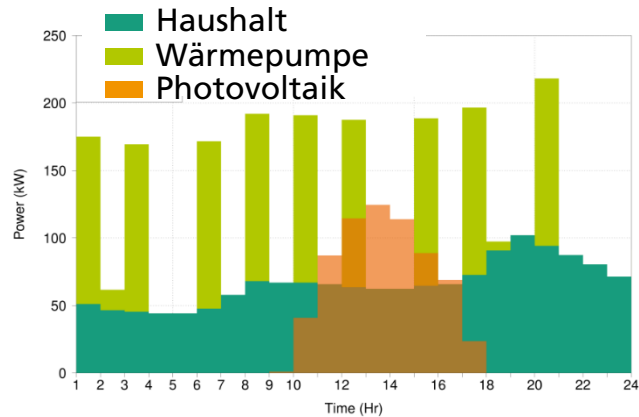
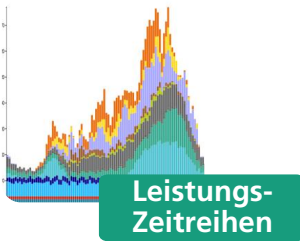
Konventioneller Planungsgrundsatz



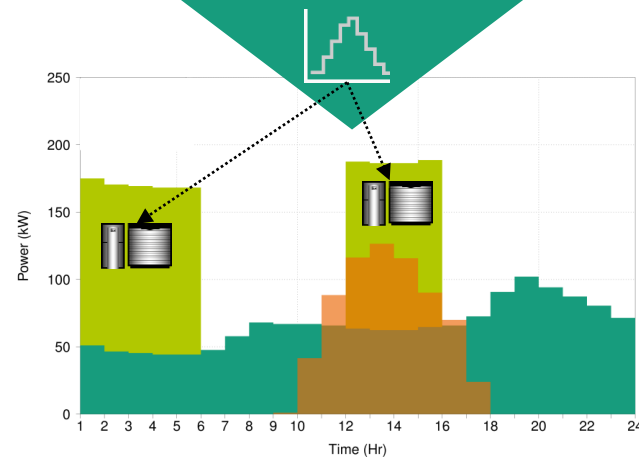
Zeitreihenbasierte Netzkapazitätsbewertung



Mit Zeitreihen kann Netzbetriebsführung abgebildet werden



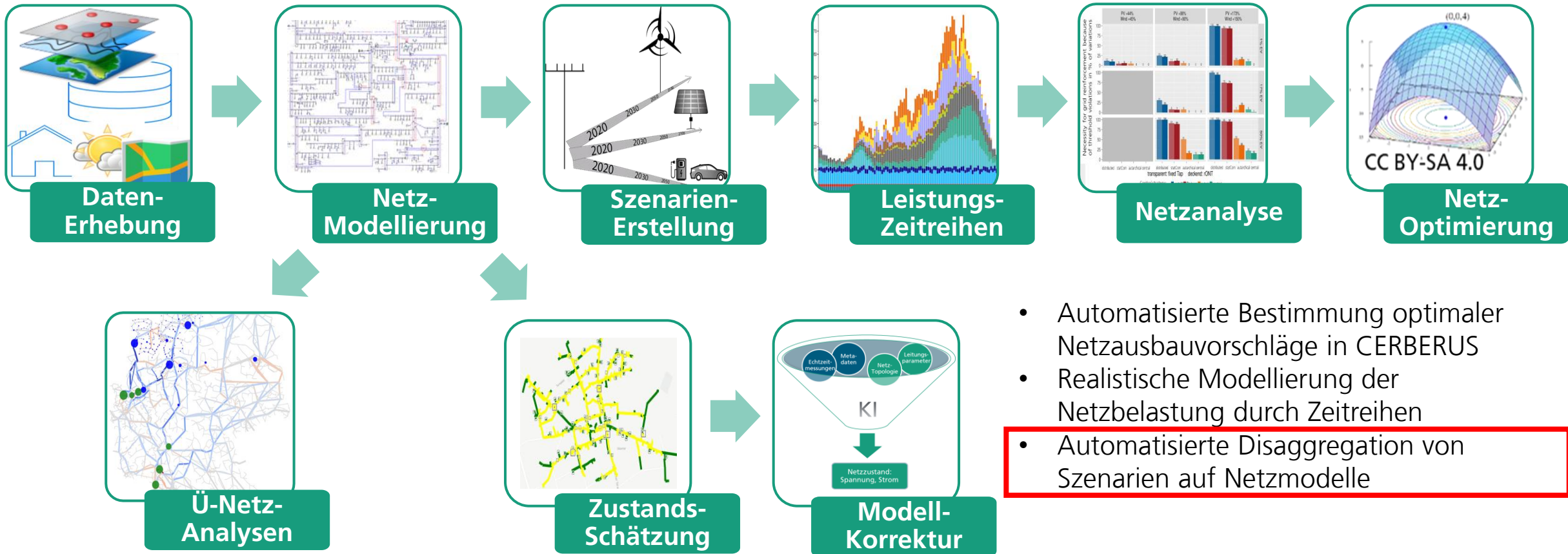
Aktivierung
Flexibilität



- Leistungszeitreihen erlauben es die Netzbelastung realistisch zu modellieren. Somit kann Netzausbau oft vermieden werden.
- Bei drohenden Netzüberlastungen, kann mit Last- und Flexibilitätszeitreihen der Beitrag variabler Netzentgelte zur Netzentlastung quantifiziert werden.
- Mit Leistungszeitreihen können Eingriffe nach EnWG §14a modelliert werden.
- Die Auswirkungen von variablen Stromtarifen oder Eigenverbrauchsoptimierung auf die Netzbelastung kann modelliert werden.

Team Netzplanung

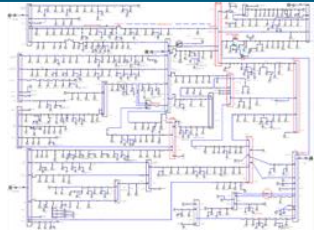
Werkzeuge für die Stromnetze der Zukunft



Anreicherung der Netzmodelle mit externen Daten



Netzdaten



- Topologie
- Typinformationen
- Schaltzustände
- Anlagenstammdaten (PV, EV, WP)

Gebäude-Informationen

OSM

- Gebäude-Grundflächen und Gebäude-Alter für PV-Potentiale und Heizbedarfe
- Typinformationen für verschiedene Wohn- und Gewerbegebäude

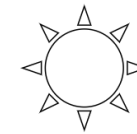
Sozio-ökonomische Daten

Table		
...
...
...

Zensus

- Anzahl Bewohner und Apartments
- Altersverteilung
- Pendelverhalten

Wetter- und Potentialdaten



DWD

egon - Projekt

- Temperaturen
- Solare Einstrahlung
- Windgeschwindigkeiten
- Wind- und PV-Potentialflächen

Disaggregation der zukünftigen Versorgungsaufgabe



Durchdringungen

- PV-Anlagen
- Windkraftanlagen
- Wärmepumpen
- Elektrofahrzeuge
- Speichersysteme

Verteilung Prosumenten

- Variable Tarife
- Eigenverbrauchs-optimierung
- Local Energy Communities
- Bidirektionales Laden
- Keine Optimierung

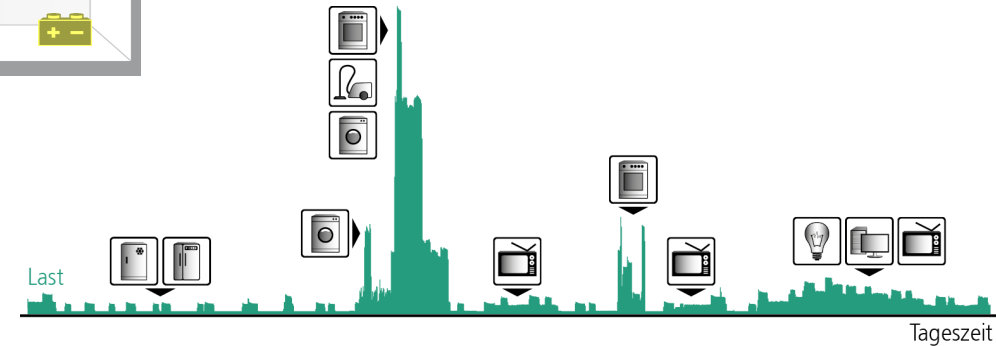
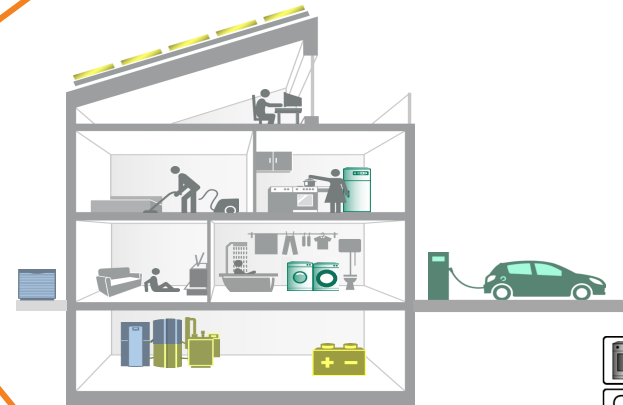
Eingriffe durch Netzbetreiber

- Steuerung nach §14a
- Flexible Netzentgelte

Die Szenarien werden auf Netzanschlusspunkte disaggregiert



Welche EZA oder Verbrauchseinrichtungen werden wo zugebaut? Wie verhält sich der Prosument?



Kernaussagen



- 1. Die nächste Cerberus-Version ermöglicht automatisierte Netzausbauplanung**
- 2. Leistungszeitreihen können zur detaillierten Modellierung der Netzbelastung verwendet werden**
- 3. Szenario-Annahmen für zukünftige Versorgungsaufgaben können automatisiert auf Netzmodelle angewendet werden**

Kontakt

Janis Kähler
Energietechnologien und -systeme
Tel. +49 761 4588 2206
janis.kaehler@ise.fraunhofer.de

Fraunhofer ISE
Heidenhofstraße 2
79110 Freiburg
www.ise.fraunhofer.de

Gefördert durch:



**Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz**

Aufgrund eines Beschlusses
des deutschen Bundestages.