



Digitalisierung der Niederspannungsnetze *17. Modellierungstag Rhein-Neckar*

13.06.2024 | Dominik Rees – Anlagenbetrieb Strom

stadtwerke
heidelberg 

Stadtwerke Heidelberg Netze GmbH

Vorstellung

- **Tochtergesellschaft der Stadtwerke Heidelberg**
100% kommunaler Verteilnetzbetreiber
- **Dominik Rees**
Gruppenleiter Anlagenbetrieb Strom seit 2021
- **Versorgungsgebiet: Heidelberg und Eppelheim**
- **Stromnetzbetrieb**
 - 110 kV Hochspannungsnetz
 - 8 Umspannwerke
 - 20 kV Mittelspannungsnetz
 - **Trafostationen:** ~ 400 eigene Ortsnetzstationen und ~ 300 kundeneigene Stationen
 - 230/400V Niederspannungsnetz
 - **Versorgte Verbrauchsstellen:** ~ 100.000

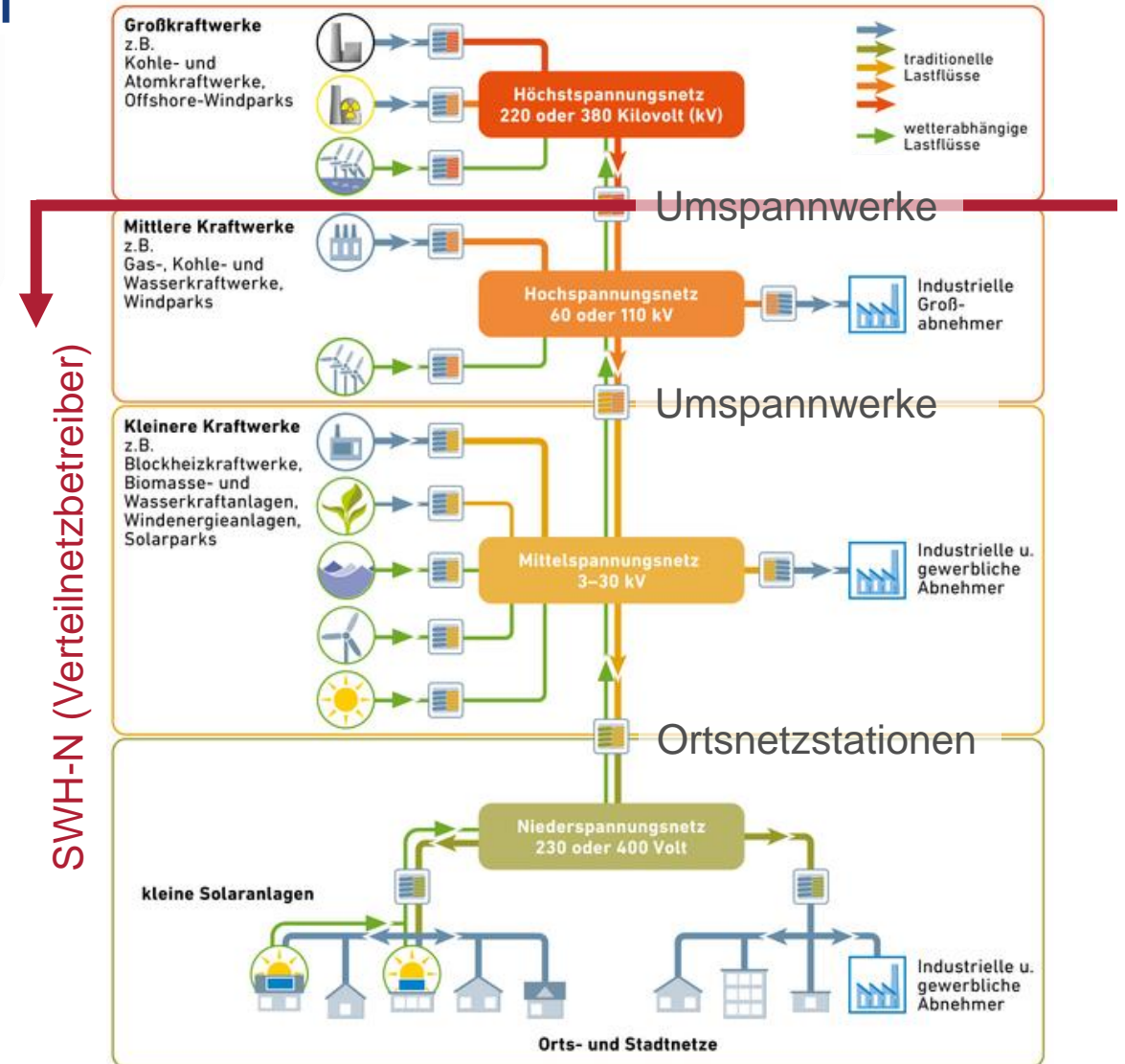
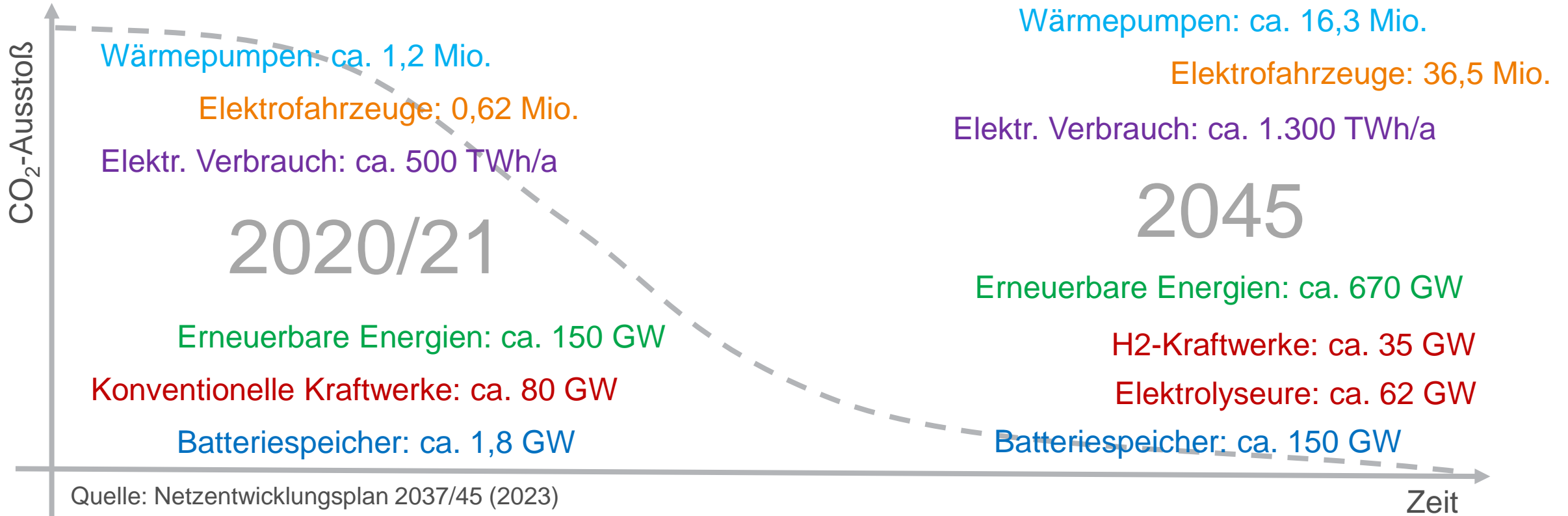


Abbildung: Agentur für erneuerbare Energien

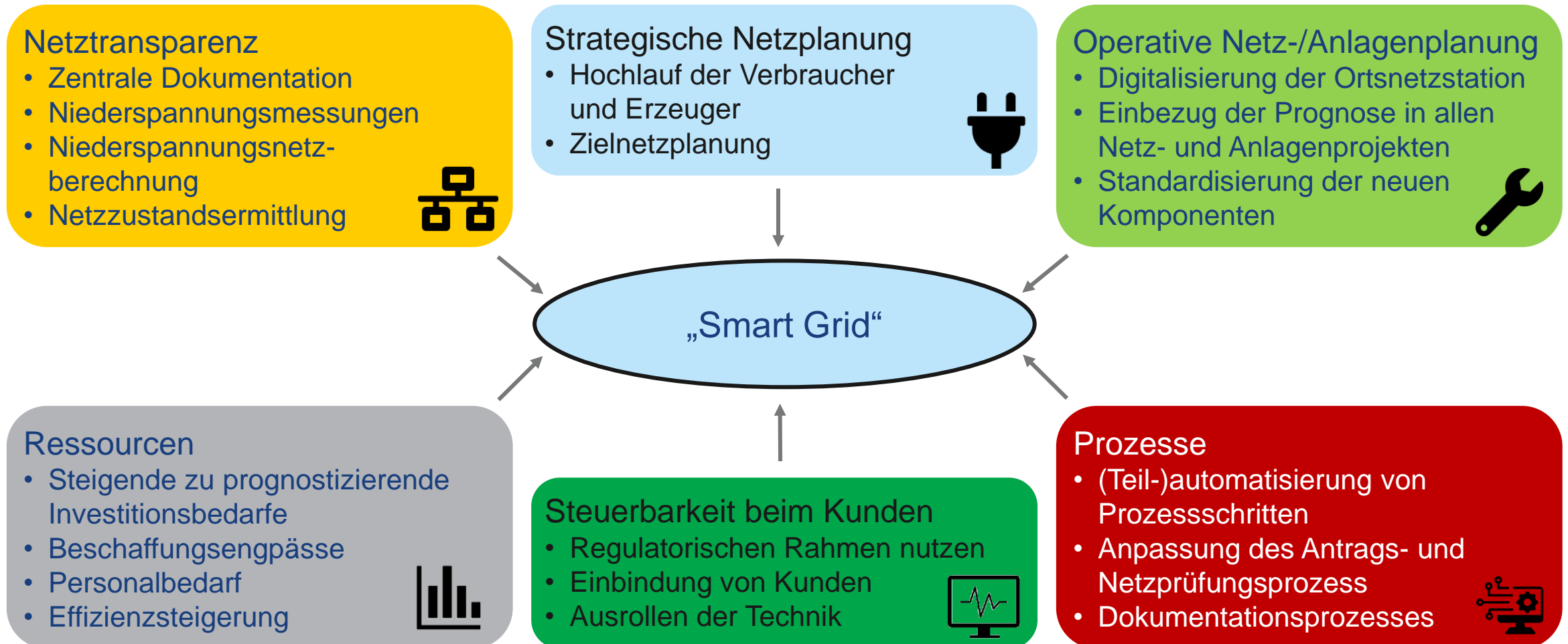
Massive Änderung in der Stromerzeugung und im Stromverbrauch bis 2045 erforderlich



„Um den Zustand der Netze bewerten zu können und Steuerungshandlungen vorzunehmen, ist eine Beschleunigung der Digitalisierung der Niederspannungsnetze durch die Verteilernetzbetreiber wichtig.“ **Bundesnetzagentur, Pressemitteilung vom 24.11.2022**

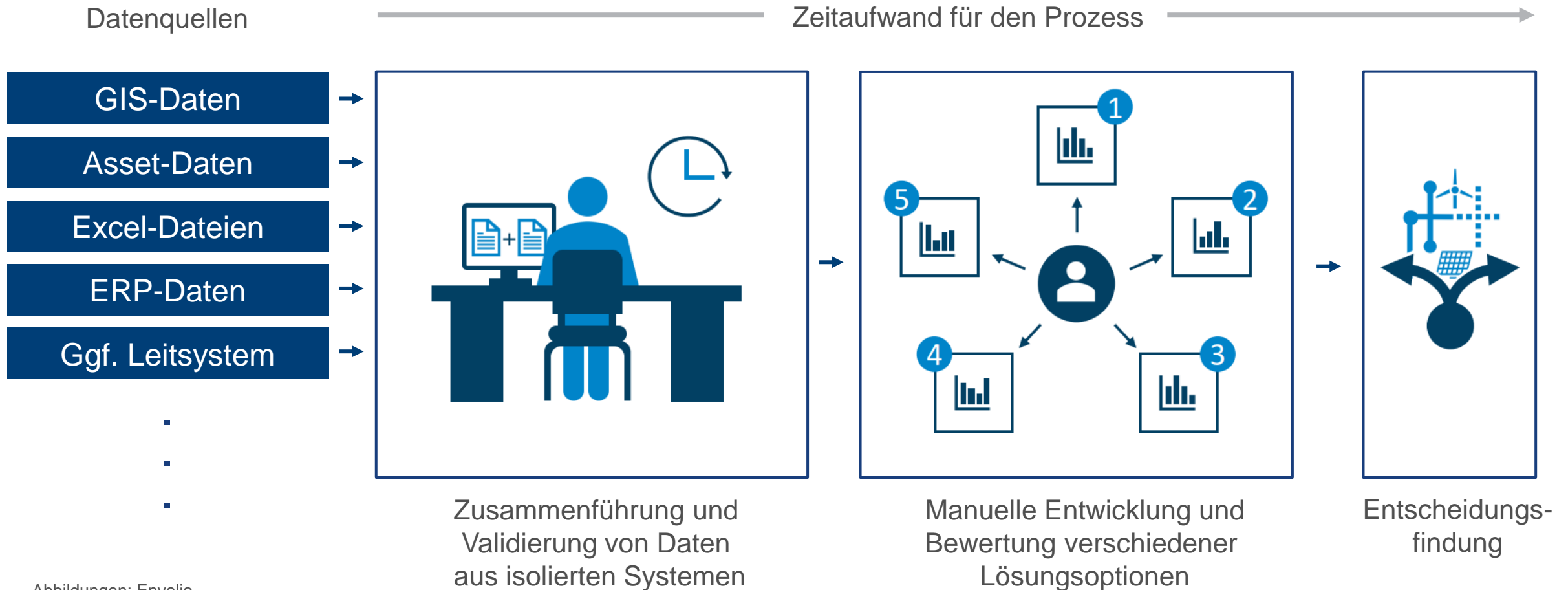
Dimensionen des „smarten“ Stromnetzes

Digitalisierung im Niederspannungsnetz



Netzprüfung und Netzplanung als Treiber für die Digitalisierung

Viele Netzplanungsprozesse erfordern erheblichen manuellen Input



Abbildungen: Envelio

EnWG §14a als Treiber für die Digitalisierung

Teilnahmeverpflichtung für alle Netzbetreiber

§14a des Energiewirtschaftsgesetzes

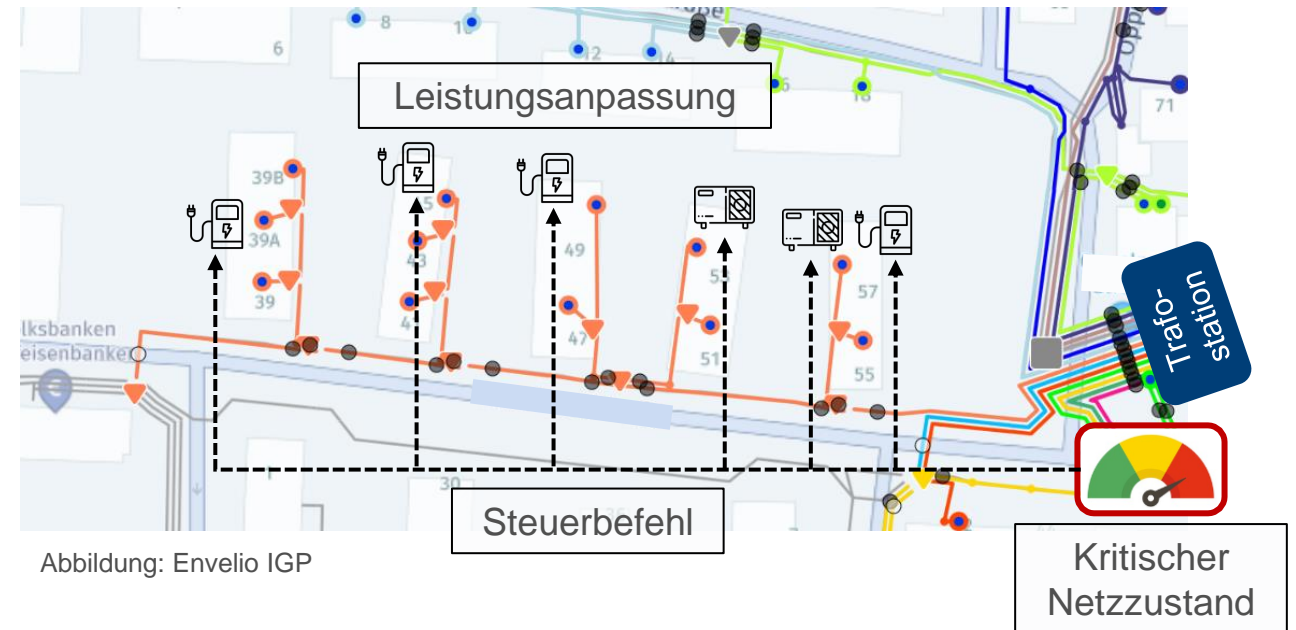
Recht auf unverzöglichen Anschluss von steuerbaren Verbrauchseinheiten „steuVE“:

- privaten Ladeeinrichtungen,
- Batteriespeichern,
- Wärmepumpen und
- Klimageräten > 4,2 kW

Netzbetreiber darf steuern:

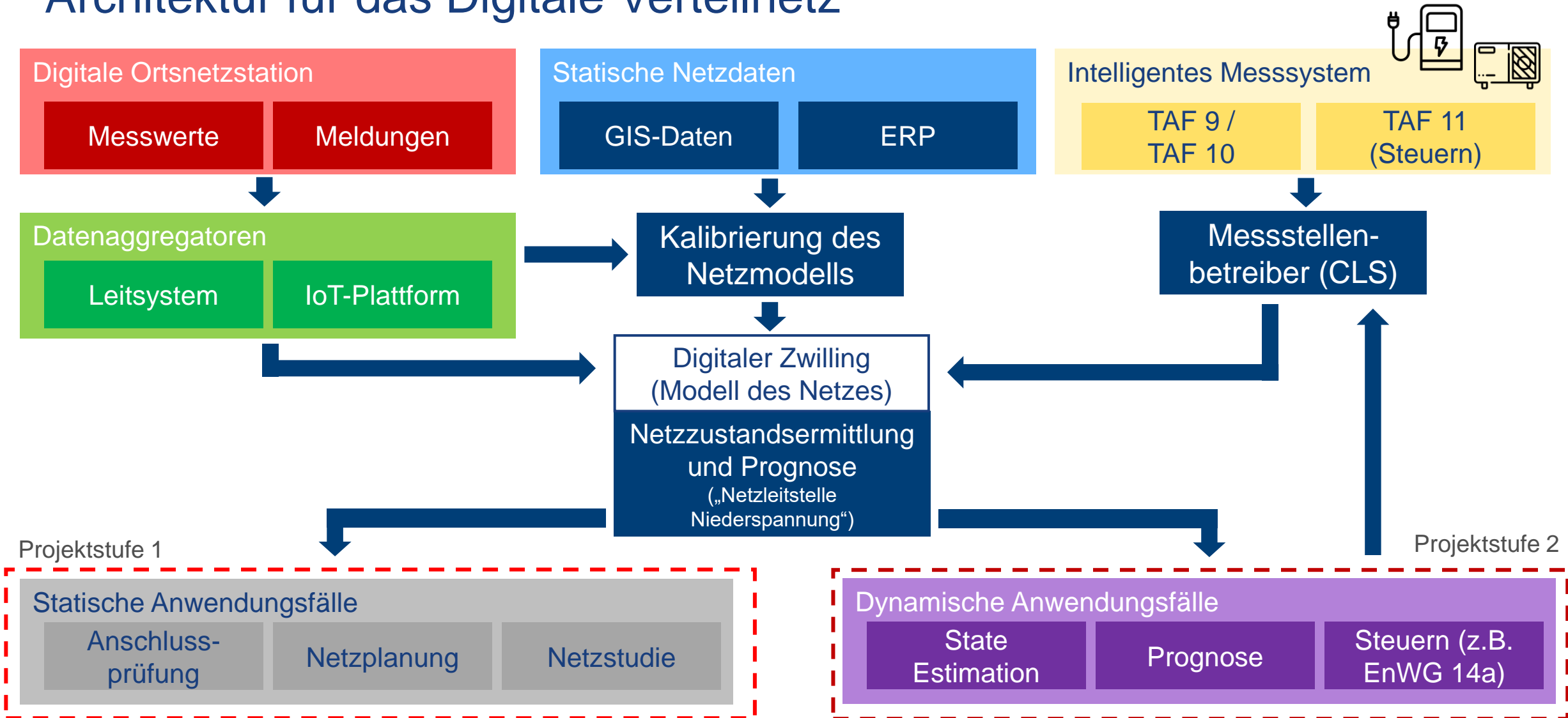
- **Übergang:** Präventive Steuerung für max. 2 h/d aufgrund Netzplanung für 2 Jahre
- **Ziel:** Netzorientierte Steuerung auf Basis Netzzustandsermittlung ("state estimation")

Kunde muss Steuerbarkeit ermöglichen und erhält eine Netzentgeltreduktion.



Herausforderung: Messung + Berechnung aller betroffenen Netzbereiche und Steuerung aller betroffenen SteuerVE

Architektur für das Digitale Verteilnetz



Die Netzleitstelle Niederspannung

State Estimation für die Lastflussberechnung im Niederspannungsnetz

Lastfluss- / Kurzschlussberechnung

- › *Ergebnis:* Berechnung eines simulierten Netzzustands (Ströme, Spannungen, Leistungen) aus
 - › **Knotenwirk- und blindleistungen (z.B. Anschlussnehmer) und**
 - › **Systemgleichungen und**
 - › **Netzmodell**
- › *Verfahren:* Lösung des quadratischen Gleichungssystems durch Approximation
 - › Stromiteration (Fixpunktverfahren)
 - › Newton-Raphson (Tangentenverfahren)
- › *Hoch-, Mittel- und Niederspannungsnetze:* Auf Basis von Stammdaten für Netzplanungsansätze seit vielen Jahrzehnten im Einsatz

State Estimation (Netzzustandsschätzung)

- › *Ergebnis:* Berechnung eines tatsächlichen Netzzustands aus **online gemessenen Netzgrößen**
- › *Ziel:* Eingangsdaten für z.B. Lastfluss oder Prognose
- › *Verfahren:* Iterative Minimierung des quadratischen Fehlers zur Ermittlung der Startwerte
- › *Hoch- und Mittelspannungsnetze:* Mit überbestimmtem Gleichungssystem seit Jahren im Einsatz (# Gleichungen > # Zustandsgrößen)
- › *Niederspannungsnetze:* Unterbestimmtes Gleichungssystem (geringe Messwertabdeckung)
 - › **Adaptive State Estimation**
 - › **Ansatz für künstliche Intelligenz**

Minütliche Daten aus mind. 15 % aller Netzanschlüsse eines Netzbereichs oder 7 % in Kombination mit der digiONS (Anforderung aus Beschluss zum EnWG §14a)

Rückblick auf zwei Pilotprojekte zur Modellierung des Verteilnetzes

Softwarepartner im Vergleich

Pilot 1: Softwarepartner 1 Laufzeit: 01.02.2022 – 30.11.2022

Stand bei Projektabschluss

- Tool ebnet den Weg zur Verbesserung der Datenqualität
- Hohe Anforderungen an die Datenvorverarbeitung bei SWH-N (Python-Script)
- Es gab in der Testphase eine Reihe von Performance-Problemen, Bugs und Fehlfunktionen

Pilot 2: Softwarepartner 2 Laufzeit: 01.07.2023 – 30.04.2024

Stand bei Projektabschluss

- Alle erforderlichen Daten wurden integriert (ERP, GIS)
- Schnittstellen aus den Primärsystemen sind ohne weitere Verarbeitung auf SWH-N Seite nutzbar
- Kernfunktionen sind vollständig nutzbar
- Rechenfähigkeit und topologische Prüfung
 - 98 % aller Niederspannungsnetze sind rechenfähig
 - 88,5 % aller Leitungen mit der Einspeisung verbunden

Rechenfähigkeit im digitalen Zwilling

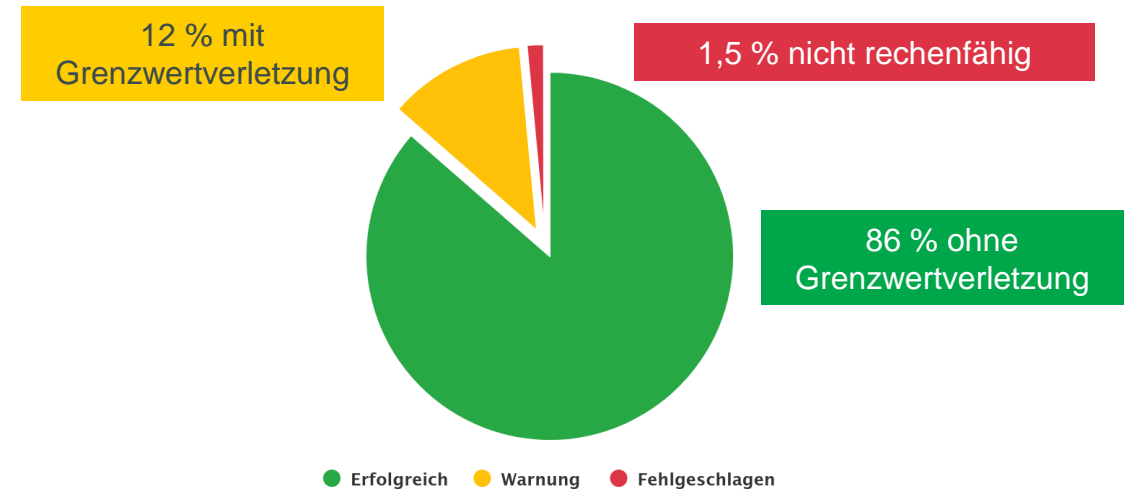


Abbildung: Envelio IGP

Das Tool ist für eine Bewältigung von Anschlussanfragen, Netzplanungen und Netzstudien nutzbar. Qualitätsverbesserungen können im laufenden Betrieb umgesetzt werden.

Einblick in den digitalen Zwilling

Integrierte Netzdaten

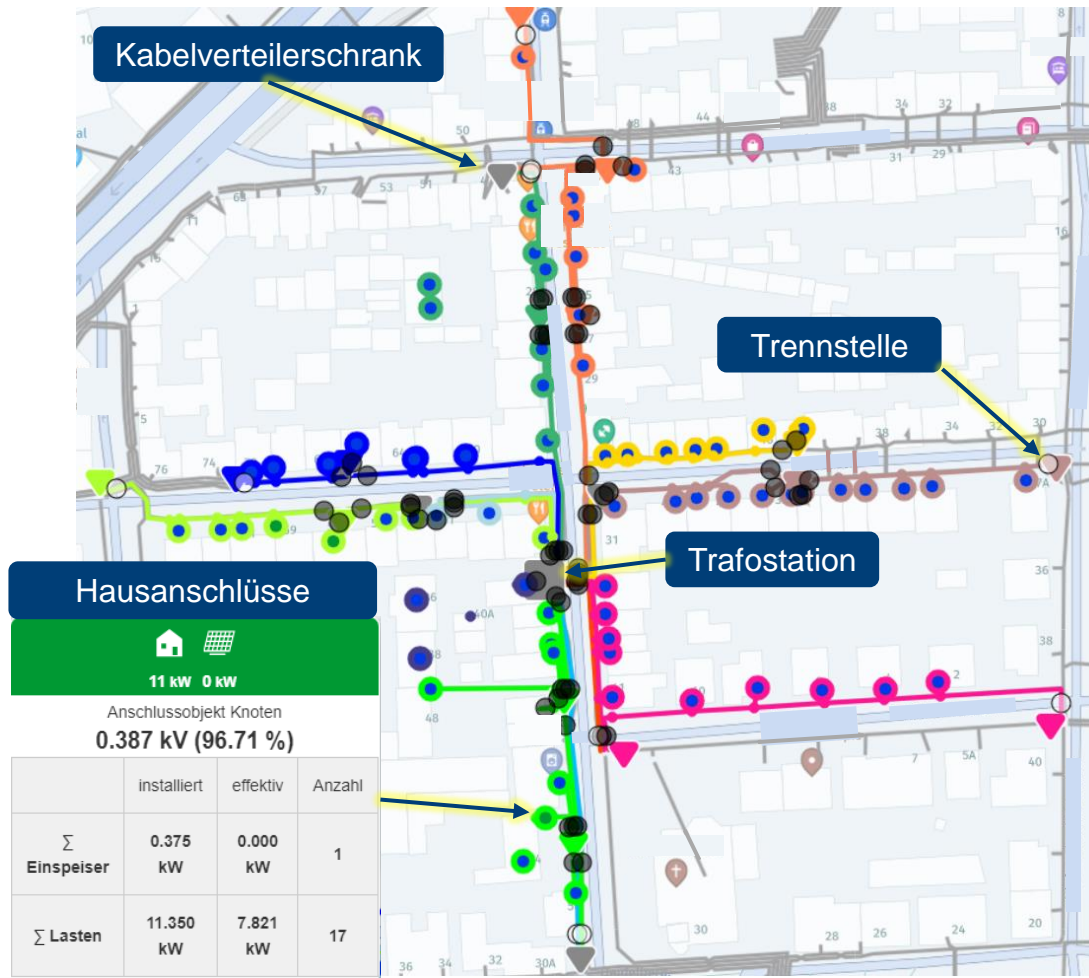


Abbildung: Beispielhaftes Netzgebiet mit Trennstellen und Anschlussnehmern

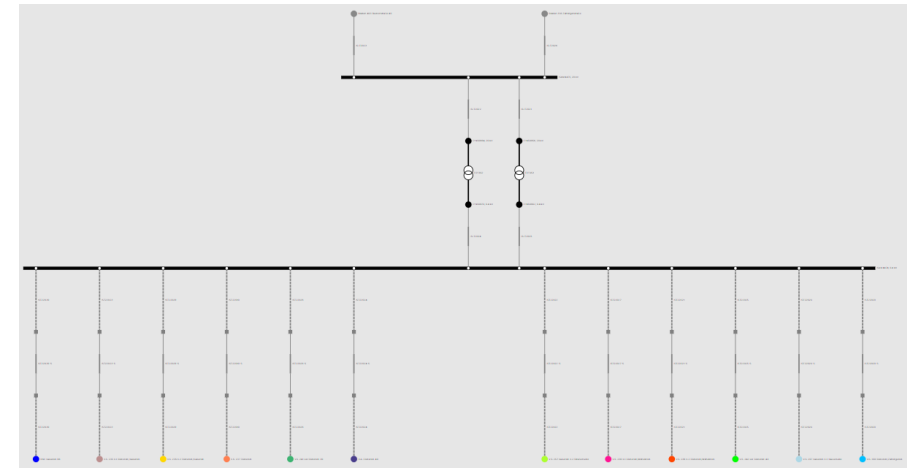


Abbildung: Innenverschaltung einer Station

Ergebnisse ✕

ZUSAMMENFASSUNG ▾

MAX. SPANNUNG	0.401 kV	100.29 %	⊗
MIN. SPANNUNG	0.379 kV	94.65 %	⊗
MAX. SPANNUNGSFALL		2.78 %	⊗
MAX. SPANNUNGSANSTIEG		0.26 %	⊗
MAX. LEITUNGS-AUSLASTUNG	128.624 A	128.62 %	⊗
MAX. AUSLASTUNG VON SPEISENDEN TRANSFORMATOREN	0.397 MVA	99.27 %	⊗

BERECHNUNGSINFORMATIONEN

Auslastung von speisenden Transformatoren, Leitungsüberlastung

Abbildung: Übergeordnete Berechnungsergebnisse





Systeme im Prozess der NS-Anschlussprüfung

teilautomatisierter Zielprozess

	ohne digitalen Zwilling	mit digitalem Zwilling
 Eingang der Anfrage (Netzmanagement) <ul style="list-style-type: none"> • Auftragserfassung und Verwaltung • Beauftragung Netzprüfung 	<p>Netzportal</p> <p>Office-Tools</p>	<p>Digitales Netzmodell</p>
 Voranalyse (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> • Identifikation der versorgenden Station • Identifikation möglicher Netzverknüpfungspunkte 	<p>GIS-System</p> <p>Excel-Tool 1</p> <p>Excel-Tool 2</p>	<p>Digitales Netzmodell</p>
 Netzberechnung (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> • Vorbereitung und Parametrierung des Netzmodells • Technische Simulation und Bewertung 	<p>Netzberechnungsprogramm</p> <p>Excel-Tool 3</p>	<p>Digitales Netzmodell</p>
 Variantenvergleich (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> • Kostenschätzung und Bewertung (Regelungen, NVP) • Auswahl der besten Variante 	<p>Netzberechnungsprogramm</p> <p>Excel-Tool 4</p> <p>Excel-Tool 5</p>	<p>Digitales Netzmodell</p> <p>Excel-Tool 5</p>
 Abschluss (Netzmanagement) <ul style="list-style-type: none"> • Dokumentation und Kommunikation der Netzprüfung • Archivierung und Reservierungsmanagement 	<p>Dokumentenmngt-System</p> <p>Netzportal</p> <p>Office-Tools</p>	<p>Digitales Netzmodell</p>

Systeme im Prozess der NS-Anschlussprüfung

teilautomatisierter Zielprozess

	ohne digitalen Zwilling	mit digitalem Zwilling
 Eingang der Anfrage (Netzmanagement) <ul style="list-style-type: none"> Auftragserfassung und Verwaltung Beauftragung Netzprüfung 	30 Min.	keine formale Prüfung mehr
 Voranalyse (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> Identifikation der versorgenden Station Identifikation möglicher Netzverknüpfungspunkte 	Zustimmungspfl. Ger.: 15 Min.	nicht mehr erforderlich
 Netzberechnung (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> Vorbereitung und Parametrierung des Netzmodells Technische Simulation und Bewertung 	Hausanschlüsse: 30 Min.	Zustimmungspfl. Ger.: 5 Min. Hausanschlüsse: 15 Min. Erzeuger mit valider Modellierung: 15 Min.
 Variantenvergleich (Netzplanung / -betrieb) <ul style="list-style-type: none"> Kostenschätzung und Bewertung (Regelungen, NVP) Auswahl der besten Variante 	Erzeuger mit vorh. Modellierung: 30 Min.	
 Abschluss (Netzmanagement) <ul style="list-style-type: none"> Dokumentation und Kommunikation der Netzprüfung Archivierung und Reservierungsmanagement 	Erzeuger ohne vorh. Modellierung: 4 h	Automatischer Versand der Anschlusszusage
	30 Min.	

Dauer je Anfrage: 1,5 h bis 5 h

Dauer je Anfrage: 15 Min.

Weiteres Vorgehen im Projekt der SWH-N

Projektstufen

Ausblick Projektstufe 1:

Vollständige Produktivnutzung der pilotierten Systeme ab Herbst 2024

1. **Aufbau regelmäßiger Datensynchronisation**
 - › GIS-Daten (Topologie, Betriebsmitteldaten, Trennstellen)
 - › ERP-Daten (Daten der Anschlussnehmer)
2. **Ergänzung von zeitreihenbasierter Berechnung**
 - › Integration von RLM-Zeitreihen
3. **Anbindung des Kundenportals mit Kundenfrontend zur unverbindlichen Voranfrage**
4. **Anbindung von Messdaten aus der digiONS**

Ausblick Projektstufe 2 (EnWG §14a):

Demonstration des vollständigen Prozessablaufs bis zur Abregelung einzelner Anlagen ab Herbst 2024

1. **Aufbau der Schnittstelle zum Messdaten-Backend und Verknüpfung im Netzmodell**
2. **Aufbau der notwendigen Kommunikationskette für den Steuerungsprozess**
3. **Aufbau des Engpassmanagementsystems mit State Estimation und Prognose**
4. **Demonstration der netzorientierten Steuerung für exemplarische SteuVE mit dem Fokus auf Engpasserkennung und Steuerungsprozess**

Die Entwicklung eines rechenfähigen Netzmodells ist essenzielle Aufgabe jedes Netzbetreibers für die Digitalisierung von Netzplanungs- und Netzbetriebsführungsprozessen in der Niederspannung.

Ausblick

Wissenschaftliche Begleitung

- **Projekttitel:** Automatisierte **M**odellierung, **A**nalyse und **Z**ustandsschätzung mittels **I**ntelligenter **N**etzalgorithmen und **G**raphenmethoden (AMAZING)
- **Förderung:** BMWK im Förderaufruf OptiNetD fördert 40 – 50 % aller eingebrachten Sach- und Personalmittel
- **Projektskizze:** Einreichung Ende August 2023
- **Projektlaufzeit:** August 2024 mit einer Dauer von 3 Jahren
- **Projektziel**

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines hoch automatisierten Verfahrens, welches die Einführung und Nutzung von innovativen digitalen Produkten bei Verteilnetzbetreibern zur Bewältigung der Herausforderung Energiewende unterstützt.

- **Konsortium:**



*für sichere versorgung
für die gesamte region
für dich*



www.swhd.de

Wir versorgen Heidelberg und die Region zuverlässig und kundenorientiert mit Fernwärme, Ökostrom und jeder Menge positiver Energie.

**stadtwerke
heidelberg** 