



ARCHE-Abschlussworkshop 27.09.2022  
Geo-En Energy Technologies GmbH



# GEO-EN ENERGY TECHNOLOGIES GMBH

- Gegründet 2007, Sitz auf dem EUREF-Campus Berlin (Schöneberg)
- Team aus 25 Ingenieuren, Physikern, Geologen und MSR-Technikern
- Konzeption, Planung, Steuerung und Monitoring von mono – und multivalenten EE-Energiesystemen
- Fachplaner für oberflächennahe Geothermie zur wirtschaftlichen und effizienten Nutzung von Erdwärme, Erdkälte und Umweltenergie
- Spezialist für geothermische Hochleistungsquellen / Brunnensysteme im innerstädtischen Raum
- Entwickler von intelligenten Monitoring- & Steuerungssystemen für hybride Energieanlagen und thermische Speicher: Geo-En | EnergyNode
- Seit 2017 zur GASAG-Unternehmensgruppe gehörend, 09.2022: Verschmelzung von Geo-En und Gasag Solution Plus



GeoHybrid 720 kW, Berlin



GeoSave 60 kW, Berlin



GeoSave 450 kW, Hamburg



GeoHybrid 450 kW, Berlin



GeoPV 50 kW, Strausberg



GeoSave 380 kW, Braak



GeoSave 70 kW, Schwedt



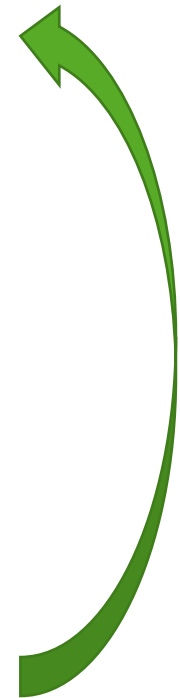
GeoHybrid 900 kW, Berlin

# GEO-EN ENERGY TECHNOLOGIES GMBH



# PROGNOSEBASIERTE, SELBSTLERNENDE ANLAGENSTEUERUNG IN 5 SCHRITTEN

1. Verbräuche / Lasten des Gebäudes erfassen & Dokumentieren
2. *Wetter- / Klima- / Marktpreisprognosen einlesen*
3. selbstlernende Lastprognose erstellen & optimieren (**Fokus Arche**)
4. Effizienzoptimierten Fahrplan zur Deckung des prognostizierten Lastbedarf generieren
5. *optimierten Fahrplan von der Anlagensteuerung prüfen und ausführen lassen*



# PRAXISBEISPIEL DEMONSTRATOR WOHNANLAGE

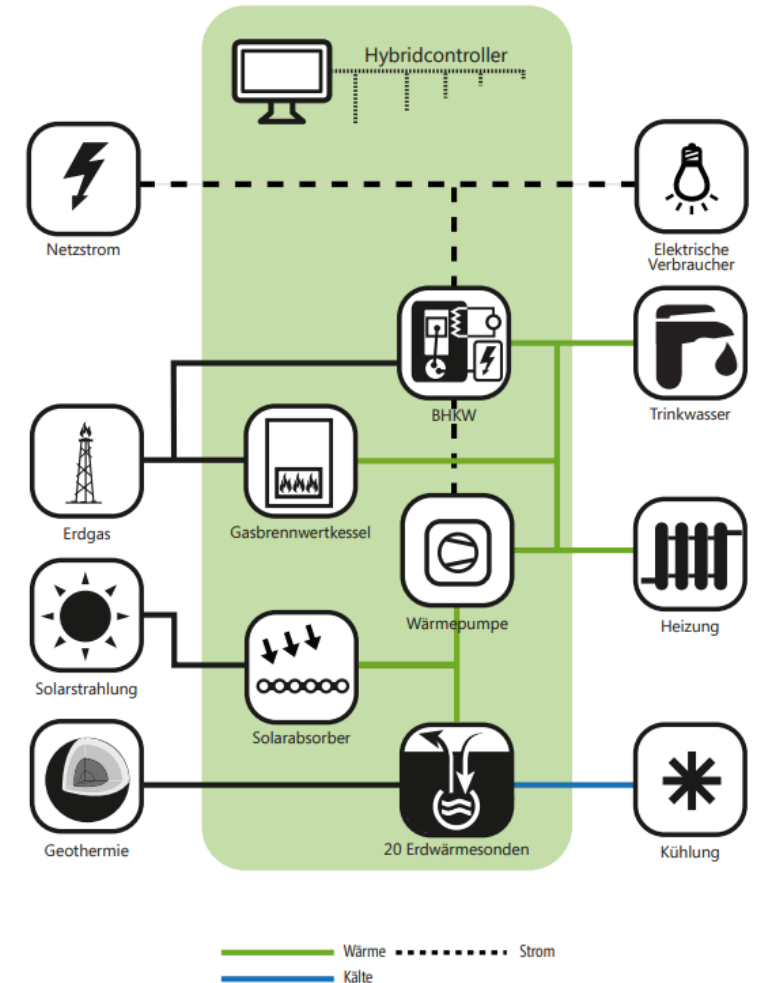
## Standort Berlin Pankow

- 70 WOHNUNGEN
- 8.700 M<sup>2</sup> WOHNFLÄCHE
- FERTIGSTELLUNG & INBETRIEBNAHME: 2015

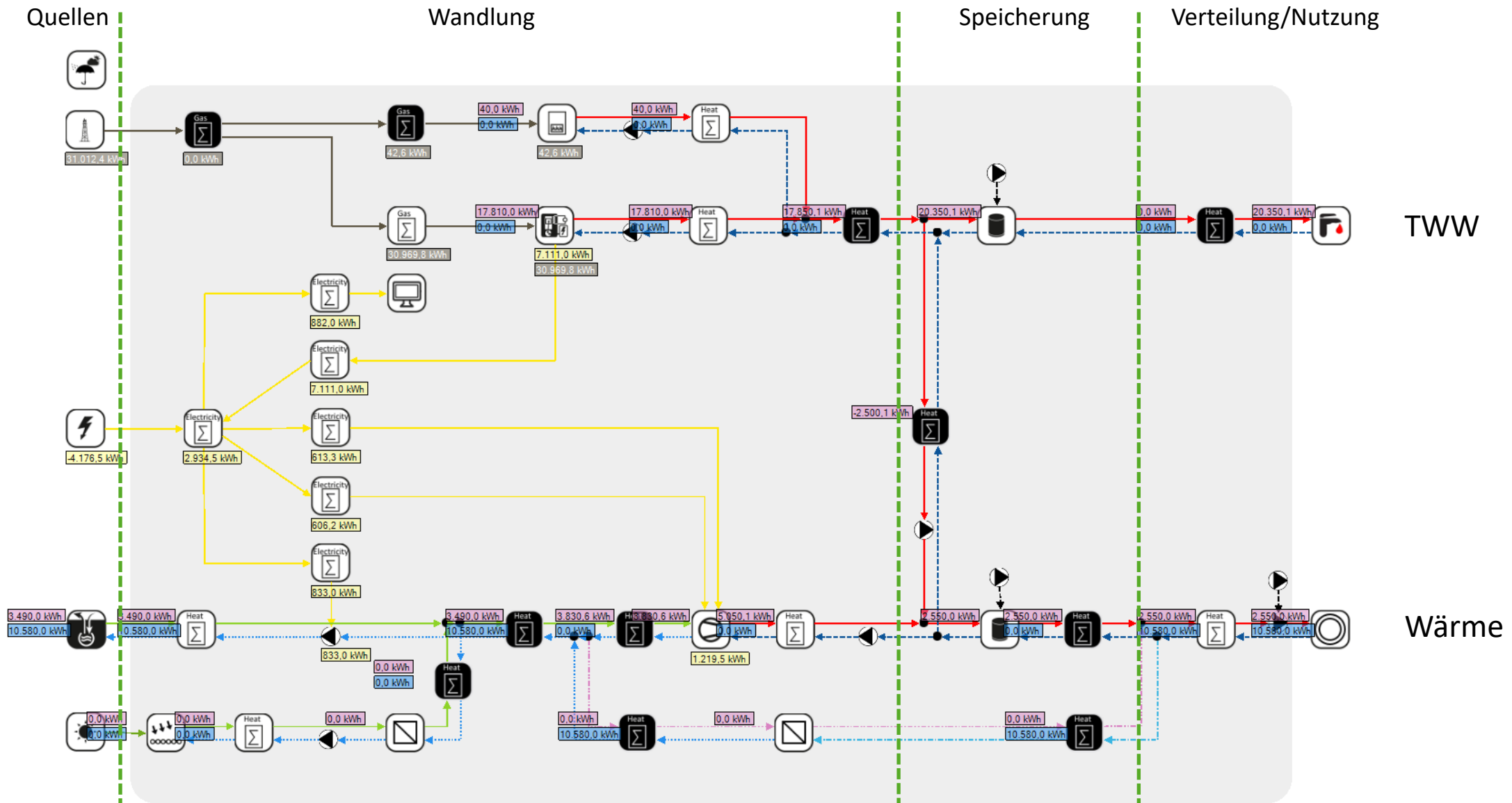


## Energieanlage:

- Wärme und Kühlung
- 33 kW<sub>el</sub> (70 kW<sub>th</sub>) BHKW
- 2.9 m<sup>3</sup> HT-Speicher
- 2.9 m<sup>3</sup> NT-Speicher
- 100 kW WP
- Feld aus Erdwärmesonden
- Spitzenlastgaskessel



# DIGITALER ZWILLING - ENOB-KONFORME ENERGIEBILANZ DES DEMONSTRATORS



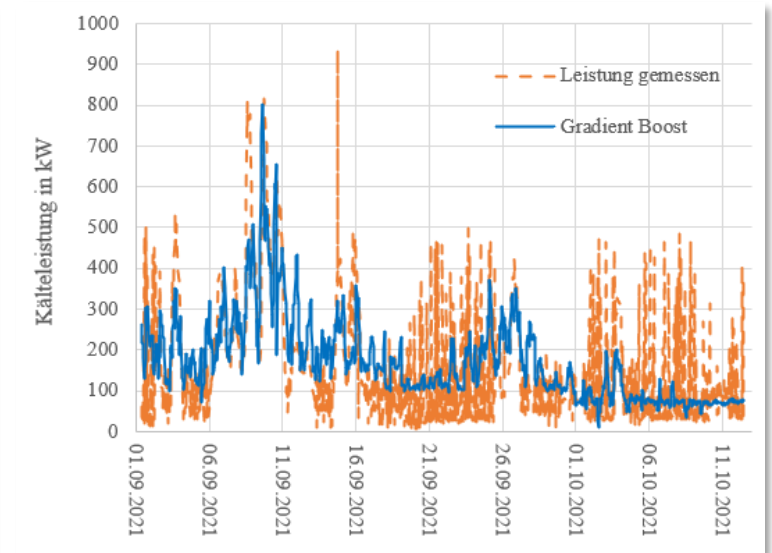
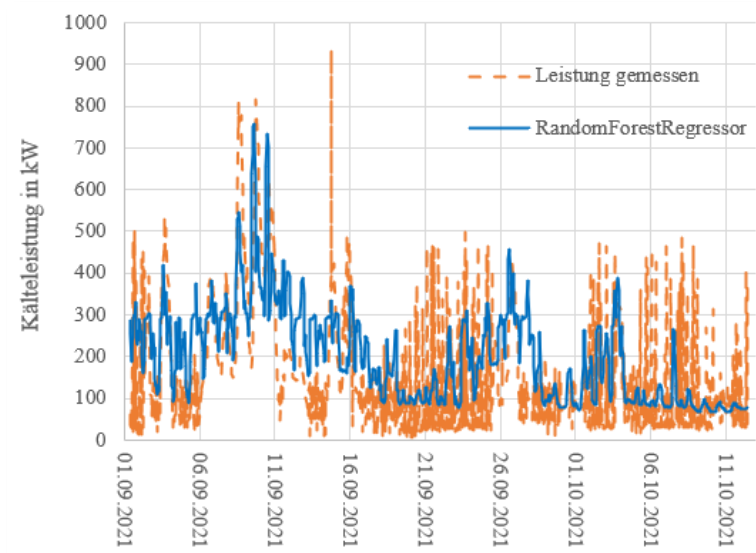
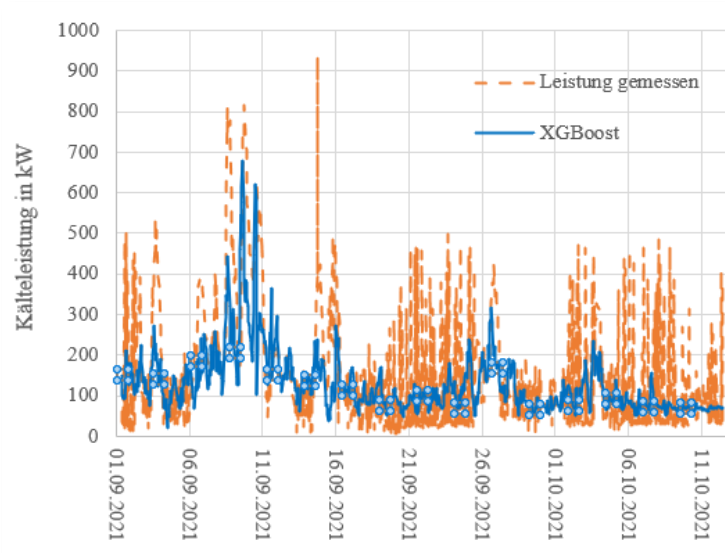
# ENERGIEDATENMONITORING UND AUTOMATISIERTE BERECHNUNG VON ENERGY PERFORMANCE INDICATORS





# VERGLEICH VERSCHIEDENER LASTPROGNOSEN

- Gradient Boost, XGBoost und Random Forest Regressor Prognosen im Vergleich mit real gemessenen Daten



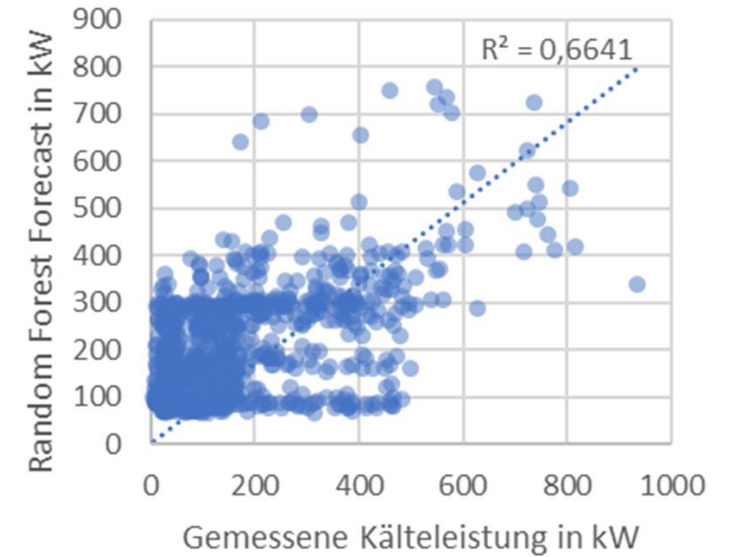
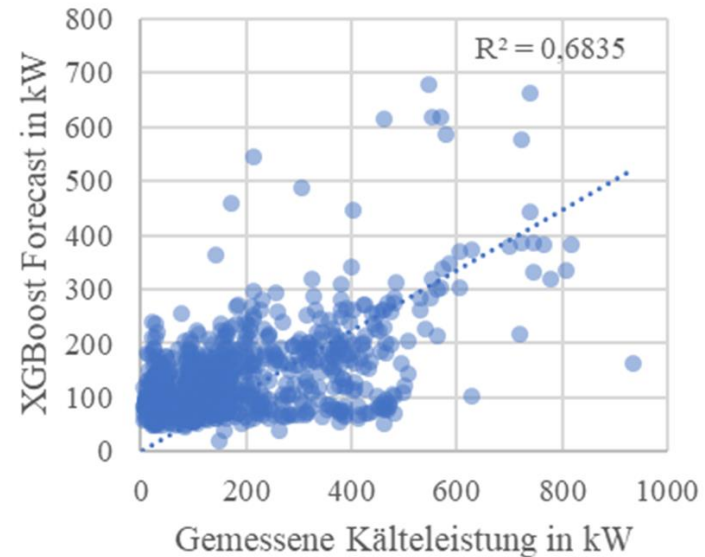
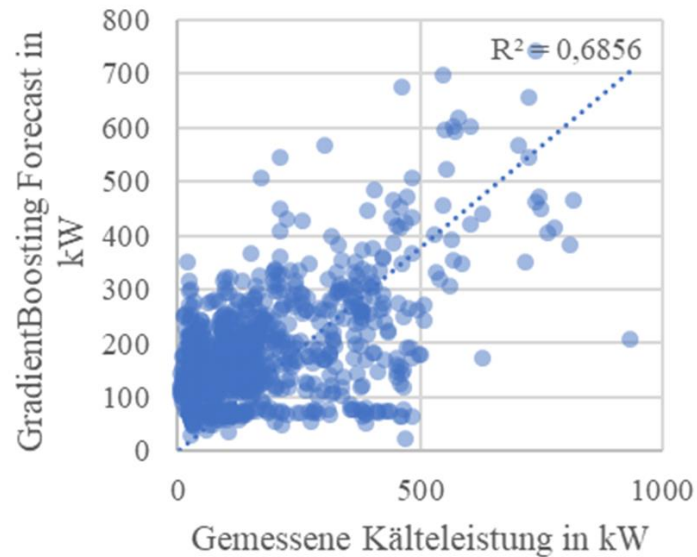
- Daten: Stündlicher Lastgang | 1.10.20-1.9.21 Trainingsdaten | 1.9.21 - 11.10.21 Testdaten
- Gewählte Merkmale: Wochentag | Unterscheidung Werktag/Wochenende | Außentemperaturen über Wetterdienst\*

\* openweathermap.org



# VERGLEICH VERSCHIEDENER LASTPROGNOSEN

- Gradient Boost, XGBoost und Random Forest Regressor Prognosen im Vergleich mit real gemessenen Daten

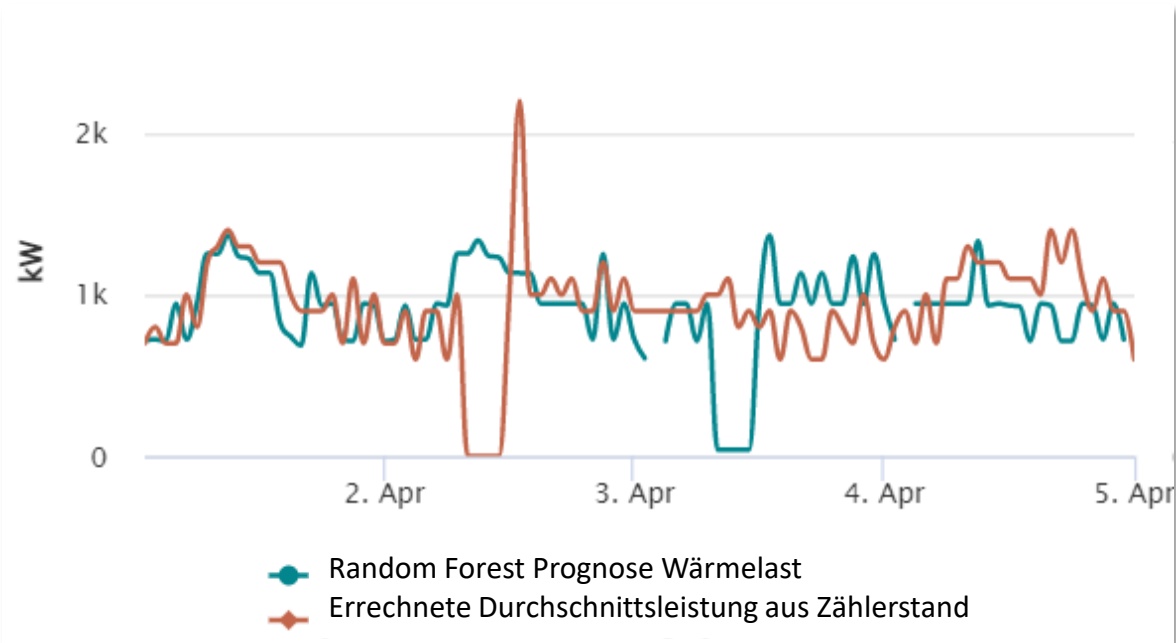


- Daten: Stündlicher Lastgang | 1.10.20-1.9.21 Trainingsdaten | 1.9.21 - 11.10.21 Testdaten
- Gewählte Merkmale: Wochentag | Unterscheidung Werktag/Wochenende | Außentemperaturen über Wetterdienst\*

\* openweathermap.org

# WARUM KEINE 24-STUNDEN-VORHER-LAST ALS MERKMAL?

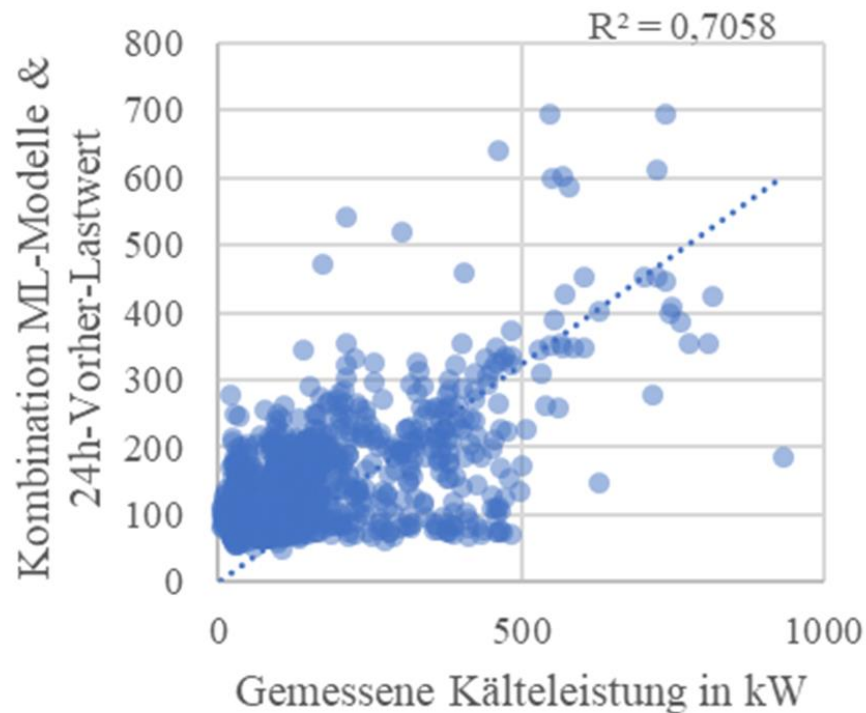
- 24-h-Vorher-Last ist beliebtes Merkmal für Prognosen



- **Problematik** für produktives ML-System mit 24-h-Vorher-Lastwert: Messtechnik in Energieanlagen ist nicht 365 Tage stabil
- Beispiel Wärmelast: Zählerstandsänderung wird am 2. April einige Stunden nicht übertragen (rote Kurve), dann Sprung zu neuem Zählerstand -> scheinbar hohe punktuelle Last.
- Machine Learning Modell gewichtet 24-Vorher-Last-Merkmal sehr stark, Merkmalgewichtung prägt sich 24 Stunden später in BauSIM „Black-Box“-Prognose sichtbar durch
- **Vermeide unerwünschten Effekt durch bedingten Einbezug der 24-Vorher Last**

# WARUM KEINE 24-STUNDEN-VORHER-LAST ALS MERKMAL?

- 24-h-Vorher-Last ist beliebtes Merkmal für Prognosen



➤ Vermeide unerwünschten Effekt durch bedingten Einbezug der 24-Vorher Last

**Gewichtete Kombination aus**

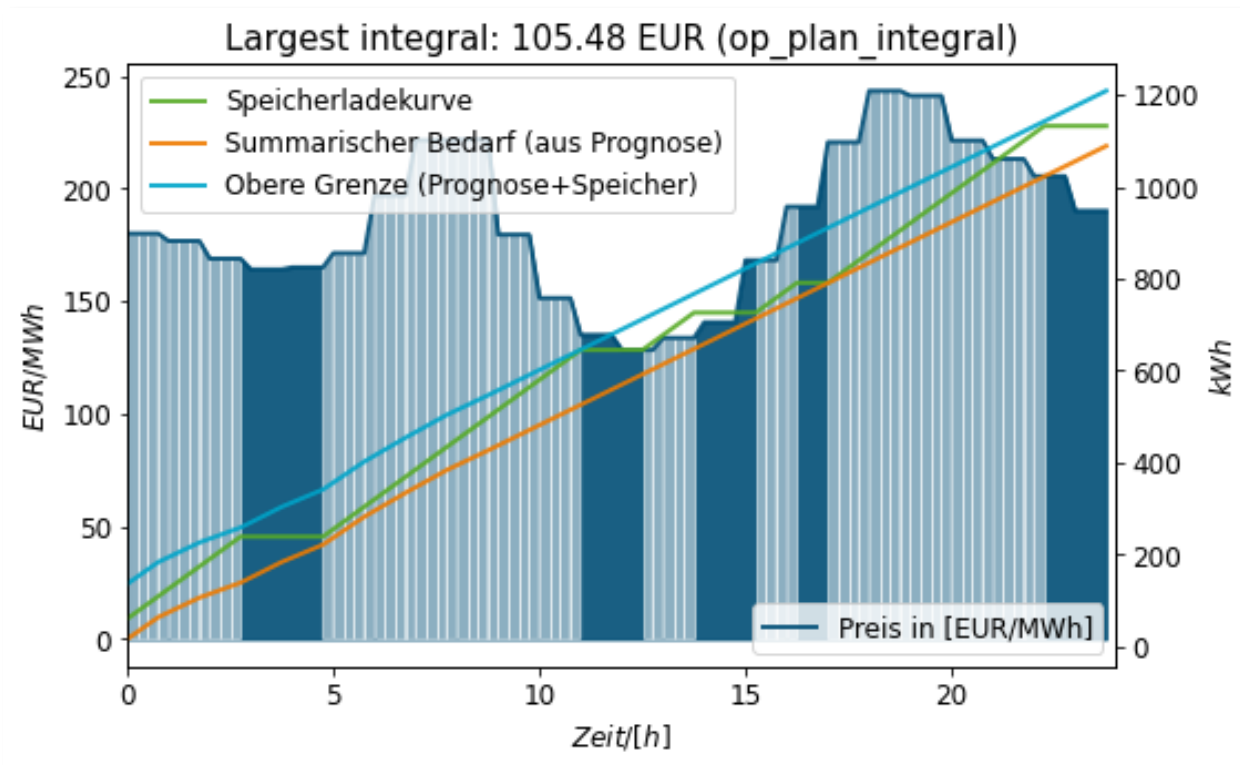
- 0,31 GradientBoosting,
- 0,60 XGBoost,
- 0,05 Random Forest und
- 0,04 24h-Vorher-Lastwert

führt zu leichter Verbesserung des Bestimmtheitsmaßes (vorher  $R^2=0,6856$ )



# FAHRPLANOPTIMIERUNG MITTELS MONTE CARLO SIMULATION

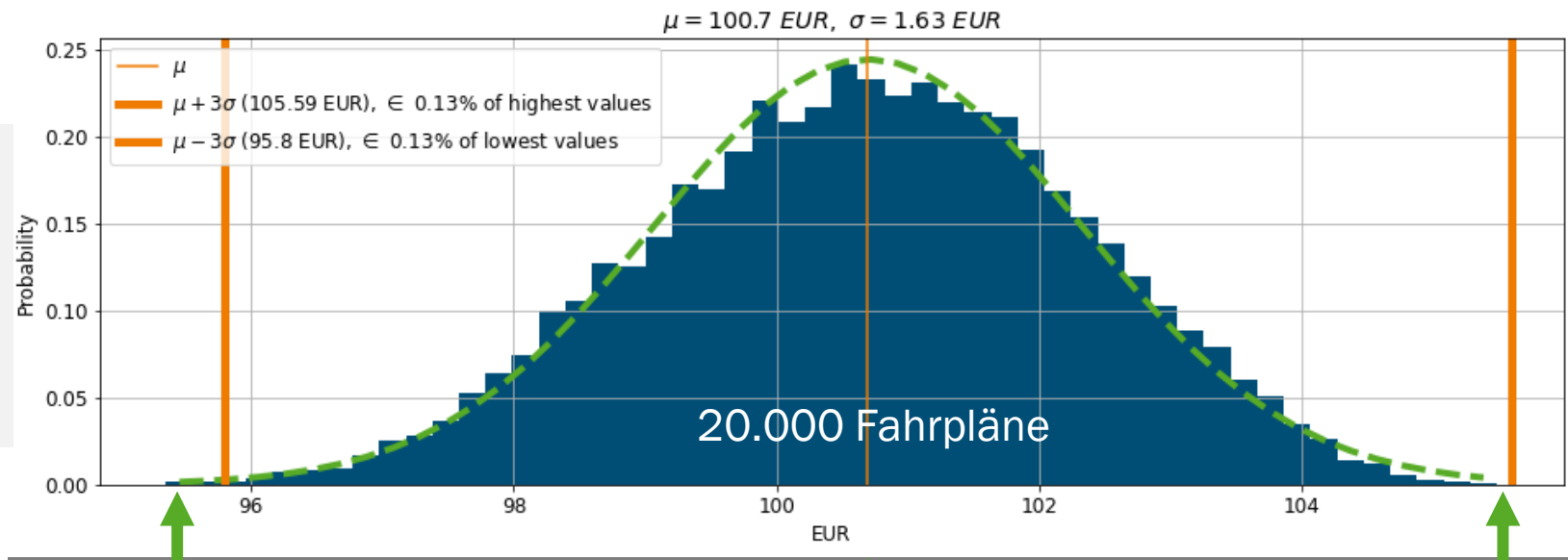
Demonstrator Brehmestraße: 33 kW<sub>el</sub> BHKW & 3 m<sup>3</sup> TWW Speicher



- **Input:**
  - Summarischer Bedarf (ergibt sich aus Prognoseberechnung)
  - Anlagenkenndaten (Speicherkapazität, Startwert Speicherfüllstand, Mindestlauf- & -wartezeiten)
  - Strompreiskurve
- **Monte-Carlo-Simulation** vieler technisch realisierbarer Fahrpläne
- **Auswahl des optimalen Fahrplans**

# EINSPARPOTENTIAL DAY-AHEAD 29.5.22 & GÜTE DER FAHRPLANOPTIMIERUNG

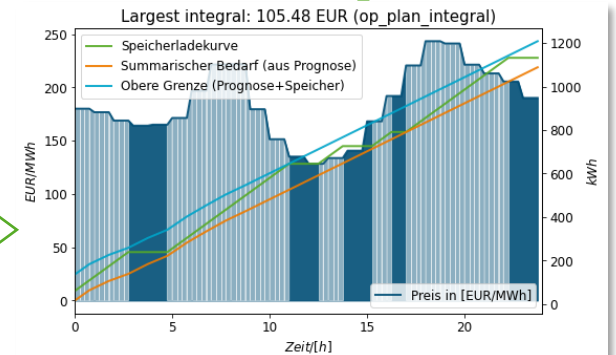
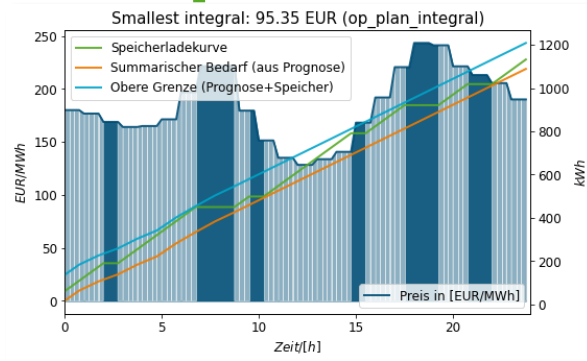
- Wenn der Strom günstig ist, oder sich sogar negative Preise am Markt ergeben, ist der Strom in der Regel auch weniger CO<sub>2</sub>-behaftet (Überangebot an Wind- und Solarenergie im Strommix)



## Einsparpotential:

Von 100,69 € auf 105,48 € sind es 4,79 € bzw. 4,8 % Einsparung pro Tag; überschlägig

· 365d  $\approx 1,7 \text{ T€}/a$

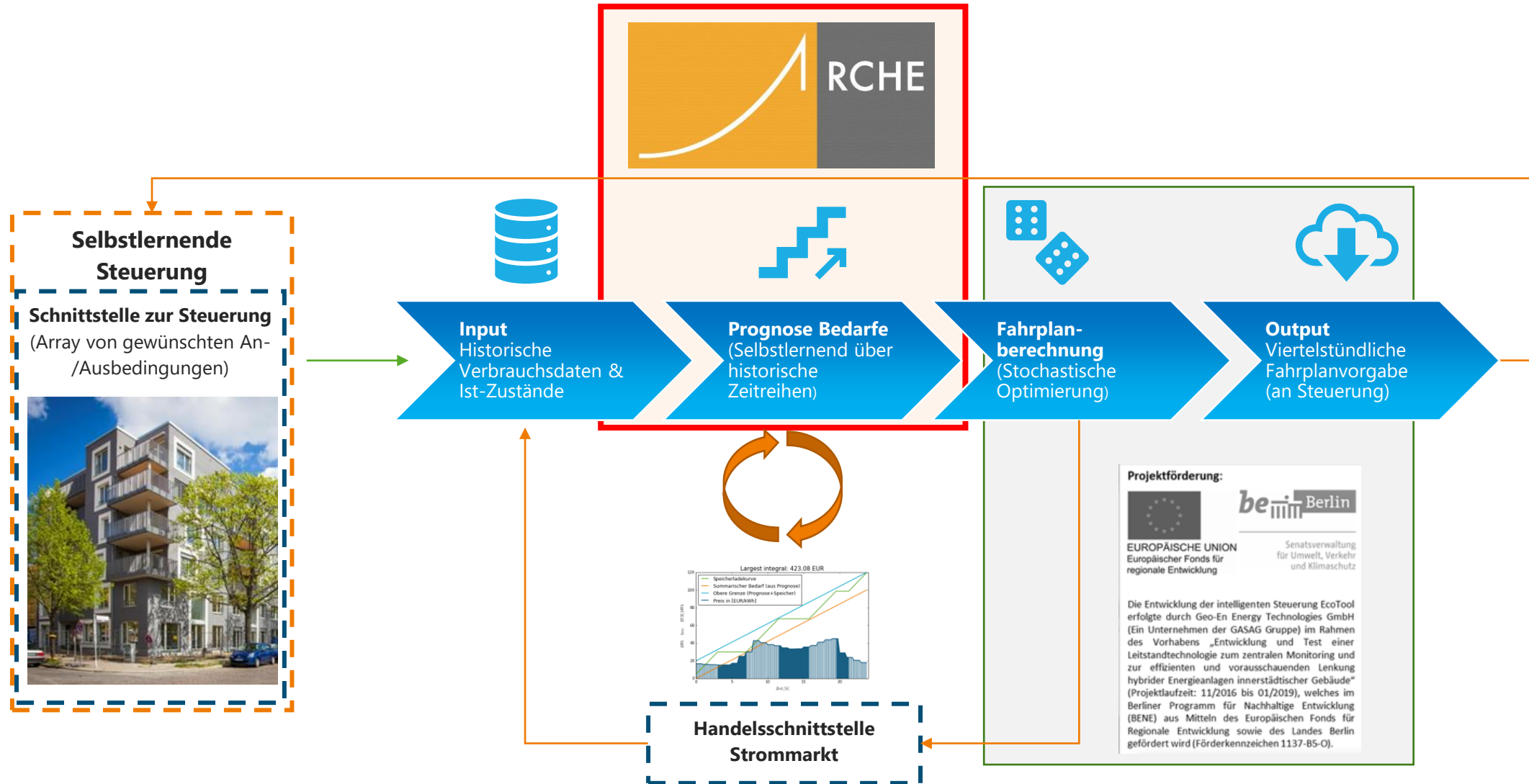


ca. 4,8 %  
Einsparung

- Wenn Strom bezogen wird (z.B. Wärmepumpe, Power-to-Heat, Power-to-Cold) ist der günstigste Fahrplan optimal

- Wenn Strom eingespeist wird (z.B. BHKW), ist der der teuerste Fahrplan optimal

# GESAMTPROZESS DER PROGNOSEBASIERTEN ANLAGENFAHRWEISE (SEMS)





# ERGEBNISSE & ABLEITUNGEN

- 1. Thema Übertragbarkeit und Skalierung:** Skaliert man BHKW-Leistung und Speichervolumen bei einem größeren Objekt beispielsweise um den Faktor 10 hoch, ergibt sich auch das zehnfache Optimierungspotential.
- 2. Thema Best-Practice - Auslegung Speicherkapazität in der Planungsphase:** Verdoppelt man die Speicherkapazität, sind es bis zu 8.5 %, die durch eine Optimierung herausgeholt werden können – fast eine Verdopplung, aber wenn der Platz da ist, ggf. eine sehr sinnvolle Maßnahme -> Mehraufwand für einen größeren Speicher kann sich schnell amortisieren, wenn man die Kosten für den eingenommenen Platz (z.B. einige Quadratmeter eines Kellerabteils weniger verursachen weniger Mieteinnahmen) außen vorlässt.
- 3. Thema Best-Practice – Auslegung BHKW, WP:** möglichst variable Lastabdeckung (z.B. nur TWW-Profildeckung), kein Vollastbetrieb 24/7 über 8000h/a, da dann keine variable Regelung nach Prognosen zulässig, kein Optimierungspotential vorhanden.

# ZUSAMMENFASSUNG & AUSBLICK

- Die praktische Umsetzung einer selbstlernenden EMS mittels Lastprognose- und strommarktorientierter Energieanlagensteuerung konnte am Praxisbeispiel Wohnanlage BREHMESTRAÙE demonstriert werden (EnergyNode Prozess).
- Strommarktoptimierte Anlagensteuerung heißt i.d.R. auch CO<sub>2</sub>-Emissionsoptimierte Anlagensteuerung.
- Auf dem Weg zu 100 % erneuerbaren Energien sollte das Energiesystem flexibel reagieren können, und prognosebasierte Anlagensteuerungen wie die hier vorgestellten können dazu beitragen.
- Übertragbarkeit auf Wärme- & Kältelastprognose, andere Komponenten wie WP, Geothermie, Eisspeicher, Solarthermie gegeben -> wesentliche Anforderung ist gegebene Systemdynamik (Speicher).
- Der 24h-Vorher-Lastwert, der in einigen Publikationen angewendet wird, kann ein Risiko sein, da man Zählerwerte und damit Lastdaten bei realen Anlagen manchmal nicht komplett kontinuierlich erhält und schlussendlich Zählersprünge verarbeiten müsste.
- Läuft das Machine-Learning-System vollautomatisch und autark, ist darauf zu achten, dass die eingehenden Messwerte immer möglichst von Messfehlern befreit sind

Rath, M., Ray, H., van Treek, M., Meeder, A. (2022). Untersuchung verschiedener Lastprognoseverfahren für die prognosebasierte Steuerung dezentraler Energieanlagen. BauSIM Proceedings 2022.



VIELEN DANK

*MICHAEL RATH, MAIK SCHULDT-GRUNER, STEPHAN KALKUHL, HENNING RAY, ALEXANDER MEEDER*