

---

# Das Projekt SEEDs

## Aufbruch in die industrielle Energiewende

Dr. Richard Öchsner

Projektkoordinator SEEDs

Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme  
und Bauelementetechnologie IISB

Schottkystrasse 10

91058 Erlangen



---

# Agenda

- Inhalte und Ziele von SEEDS
- Themenfelder von SEEDs
- Demonstration Energiemonitoringsystem
- Ergebnisse aus verschiedenen Themenfeldern



---

# SEEDs – Übersicht

**Getragen von:** Fraunhofer-Institute IISB, IIS, ISC, bayerische Industrie

**Kooperation** mit EnCN und offen für weitere Partner

**Laufzeit:** 5 Jahre (zwei Phasen), Beginn Anfang 2013

**Förderung** durch StMWIVT

**Technische Grundidee:**

**nachhaltige Energiewirtschaft** unter industriellen Randbedingungen:  
Leistungsspitzen, Netzurückwirkung und Blindleistung, sekundäre  
Energieformen (Kälte, Wärme, Prozessgase), Verfügbarkeit

**Forschungsplattform** als Keimzelle (SEEDs) für den Schritt in die breite  
industrielle Anwendung



---

# SEEDs – Inhalt und Ziele

- Demonstration der Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugung, -speicherung und -versorgung für Einheiten in der **Größenordnung von Industrieanlagen**
- Schwerpunkte auf **höchste Effizienz, Wirtschaftlichkeit** sowie größtmögliche Versorgungs- und Stabilitätsautarkie
- Herausforderung liegt in der **Zusammenführung der Einzeltechnologien** zu einem **optimierten Gesamtenergiesystem** im Industriemaßstab
- Als **Forschungs- und Demonstrationsplattform** dient das Institutsgebäude des Fraunhofer IISB mit seinen beiden Erweiterungsbauten sowie einem Reinraum



---

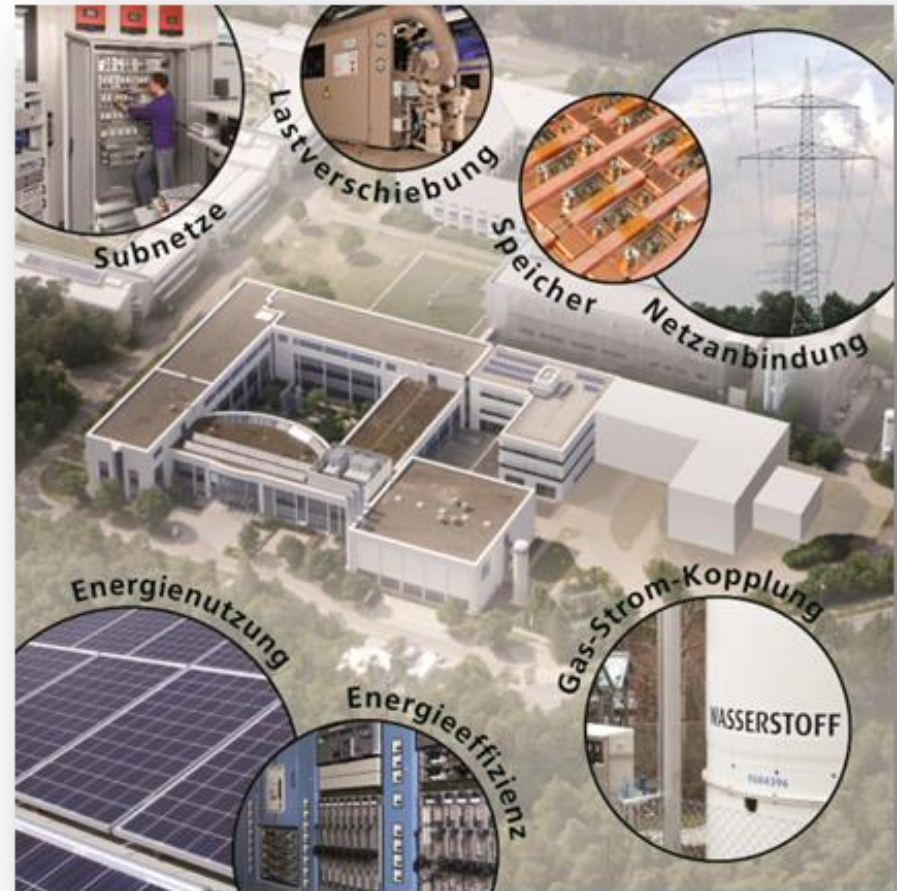
# SEEDs – Forschungs- und Demonstrationsplattform



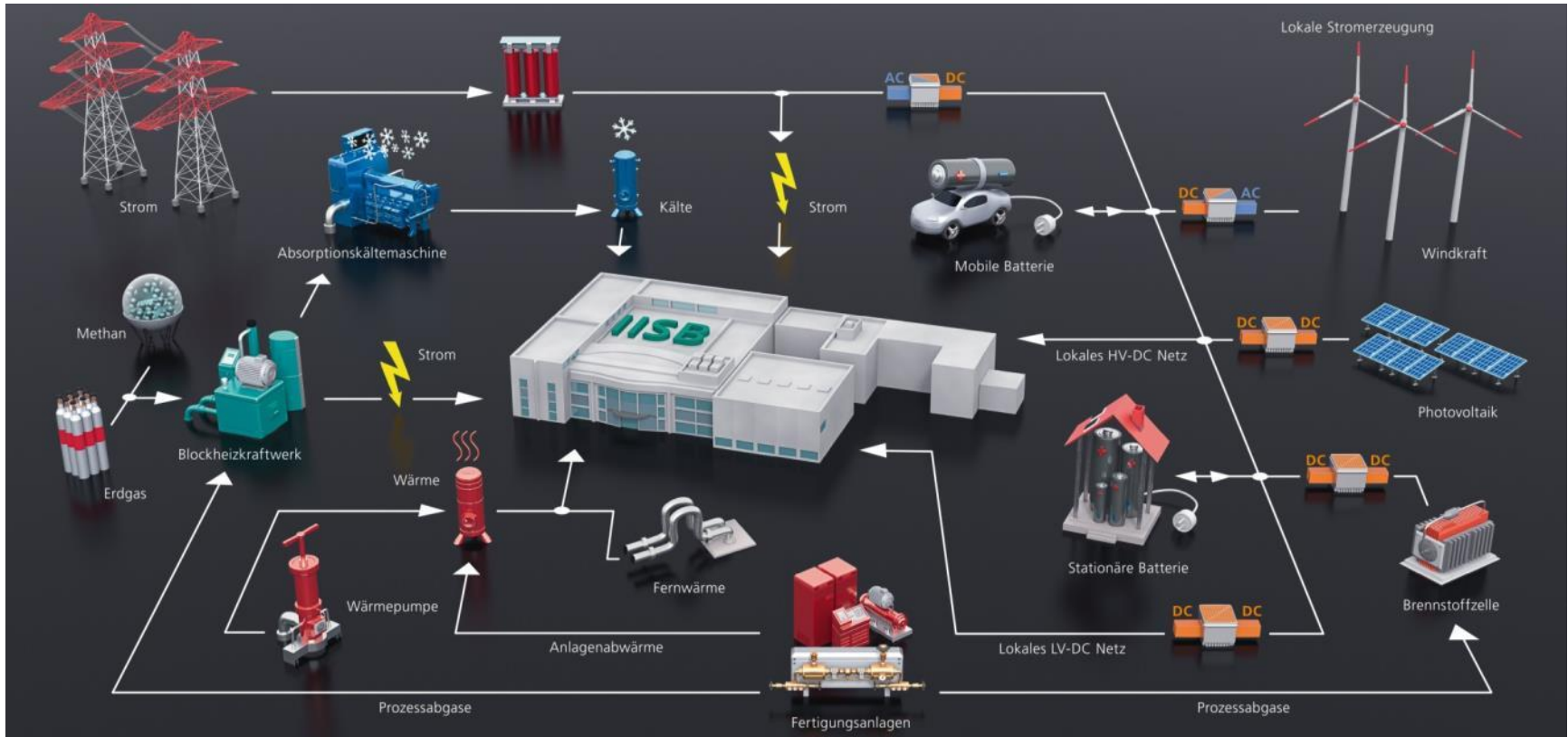
# SEEDs – Themenfelder

Demonstration einer nachhaltigen Energieerzeugung, -speicherung und -versorgung für Einheiten in der Größenordnung von Industrieanlagen

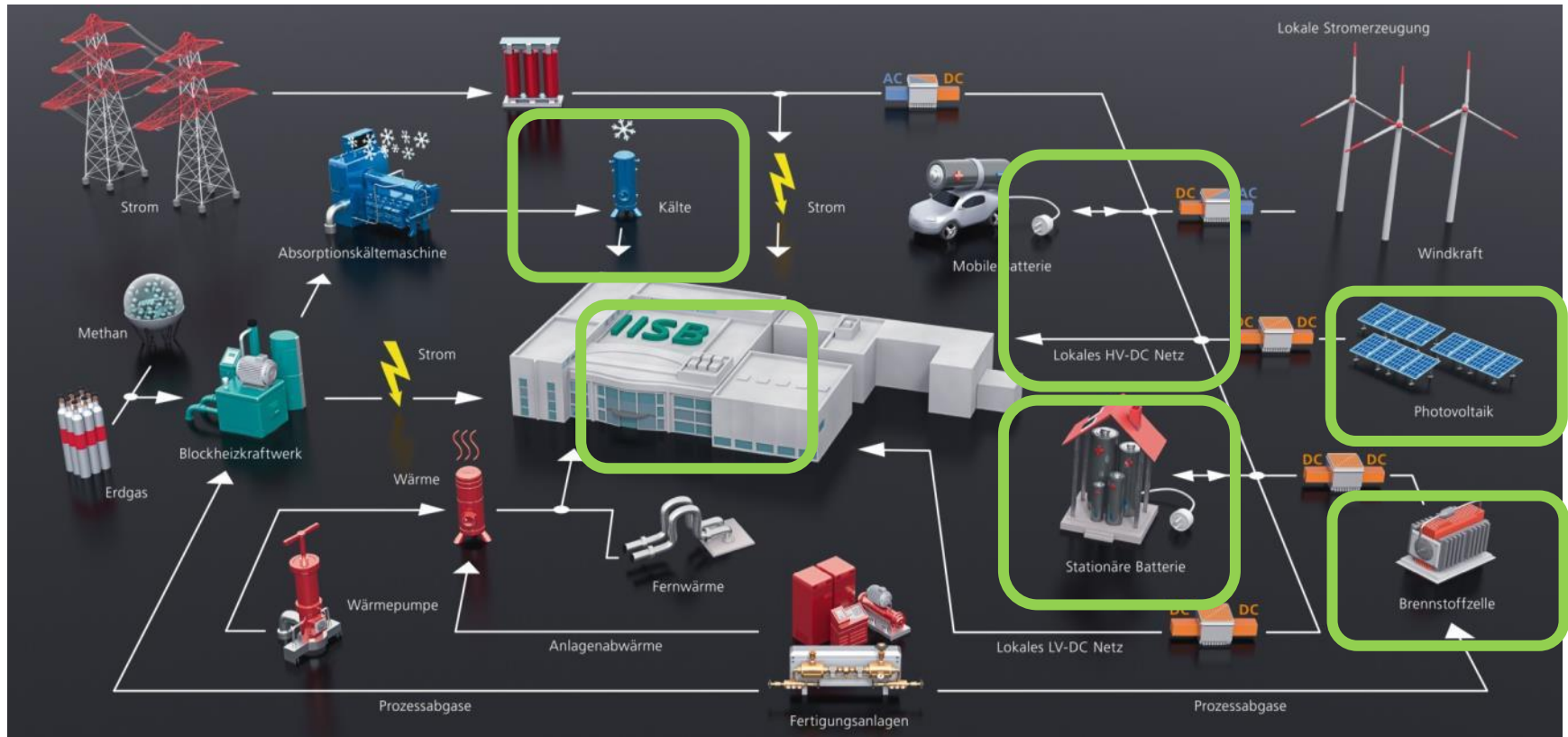
- Intelligentes inselfähiges Subnetz (Microgrid)
- Elektrische Speicher im Netz
- Gas/Stromkopplung
- Energienetze – Netzanbindung  
Leistungselektronische Systeme für Energienetze mit dominanter regenerativer Erzeugungsstruktur
- Verschiebbare Lasten und sekundäre Energiespeicher
- Energieerzeugung und Sekundärenergienutzung
- Energieeffizienz



# SEEDs – Gesamtnetz

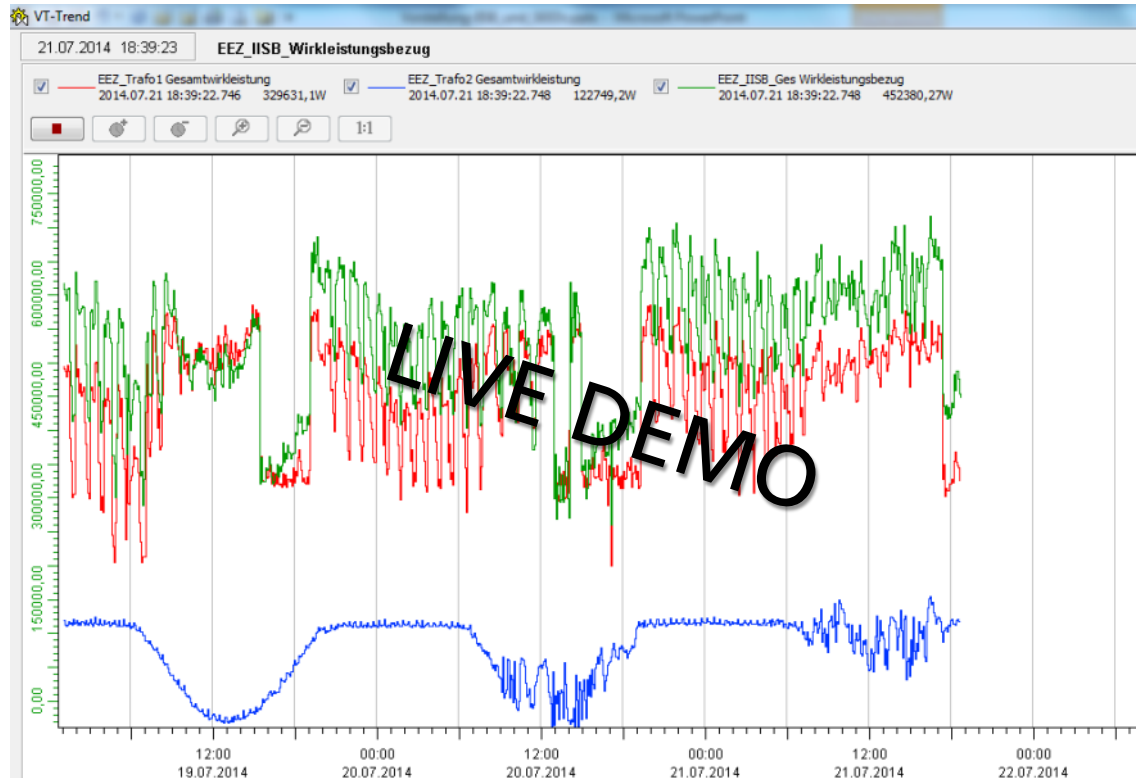


# SEEDs – Ergebnisse





# SEEDs – Energiemonitoring

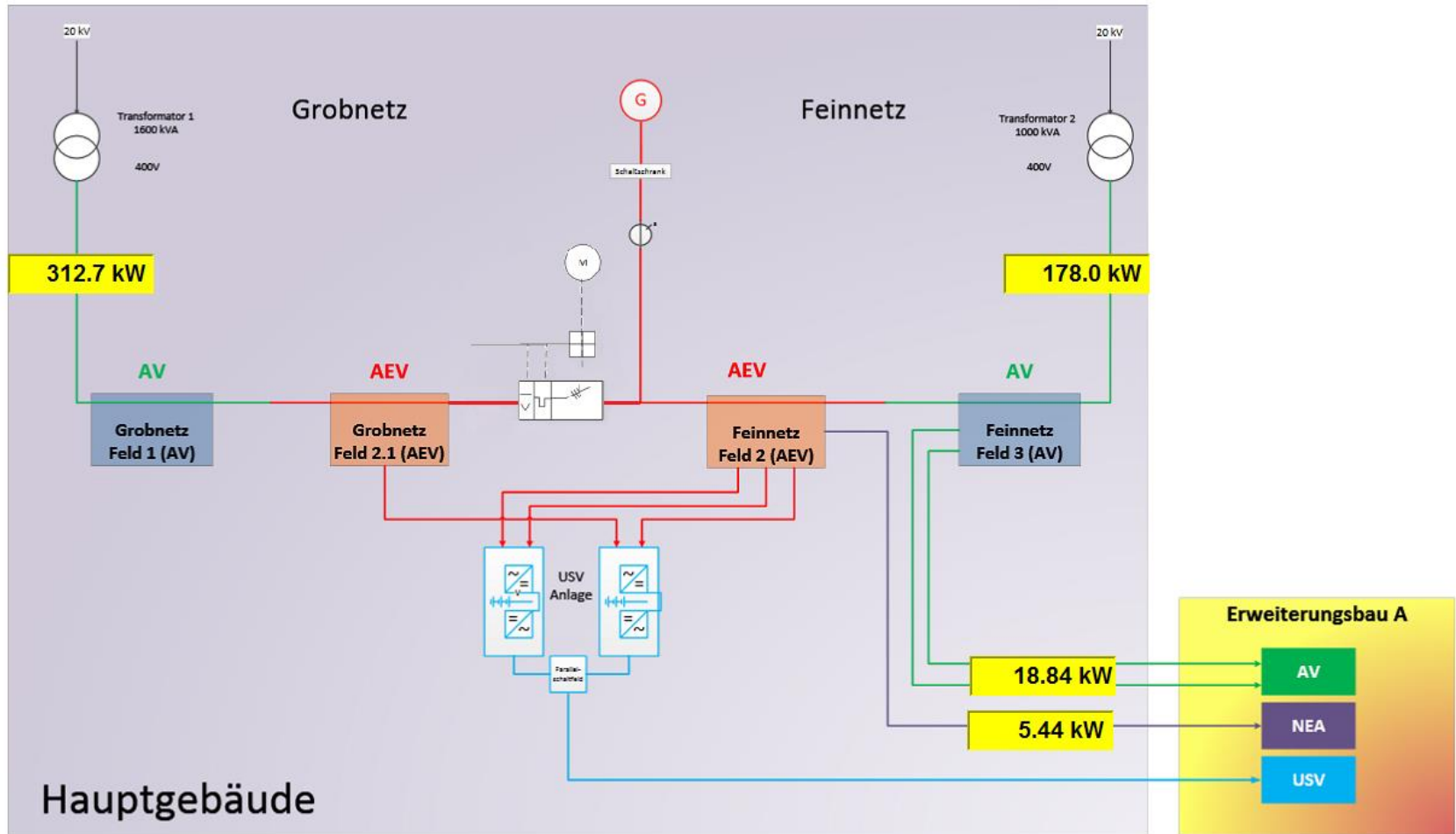


- Installation eines detaillierten Energiemonitoringsystems und zahlreicher Sensoren für Wärme-, Kälte- und Strommessung
- Aufbau einer Live-Demo-Version (in Kooperation mit Siemens)
- Ziel: Aufbau einer detaillierten Energiedatenbank und Energieanalysen



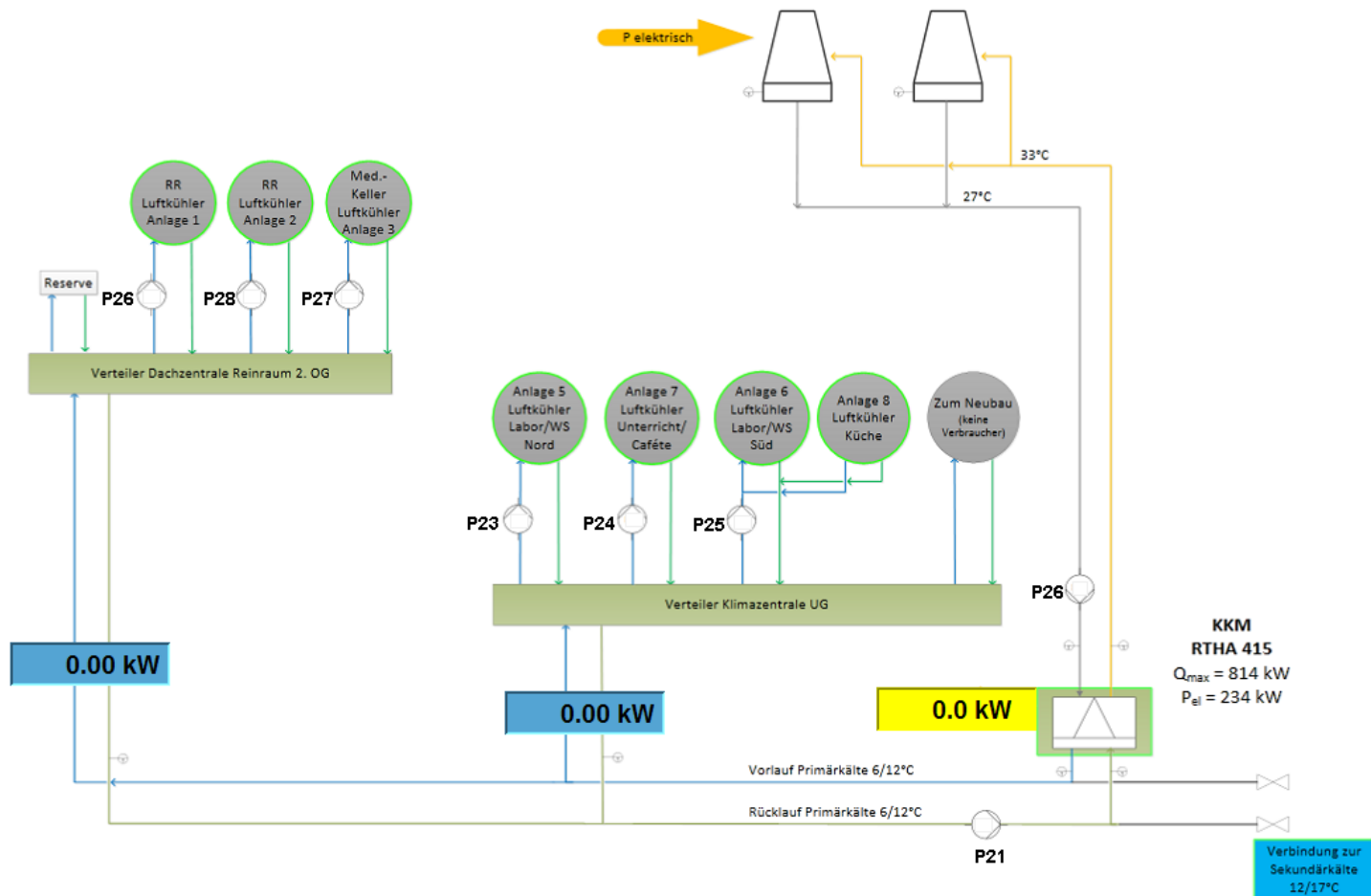


# SEEDs – Energiemonitoring

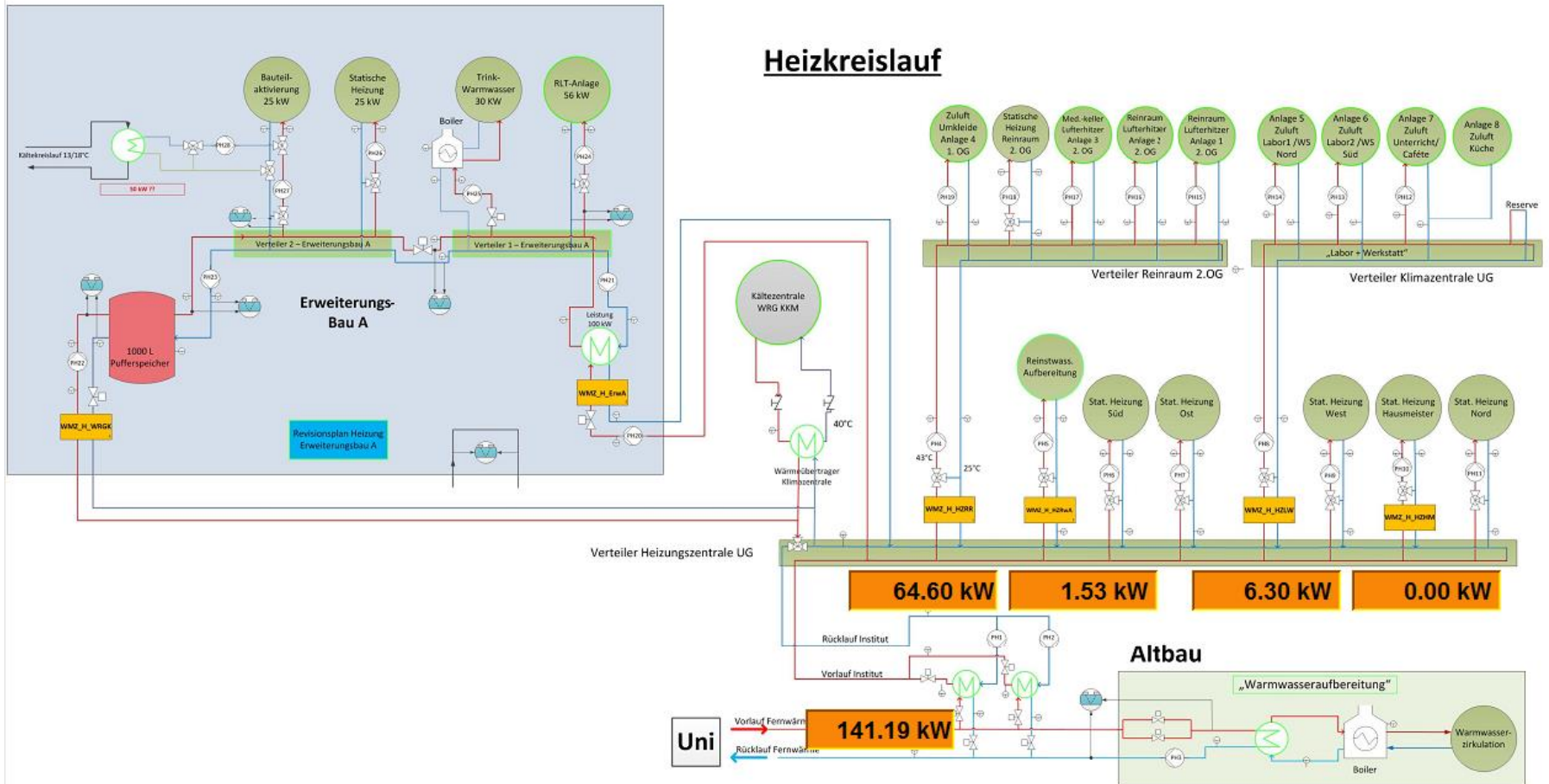


# SEEDs – Energiemonitoring

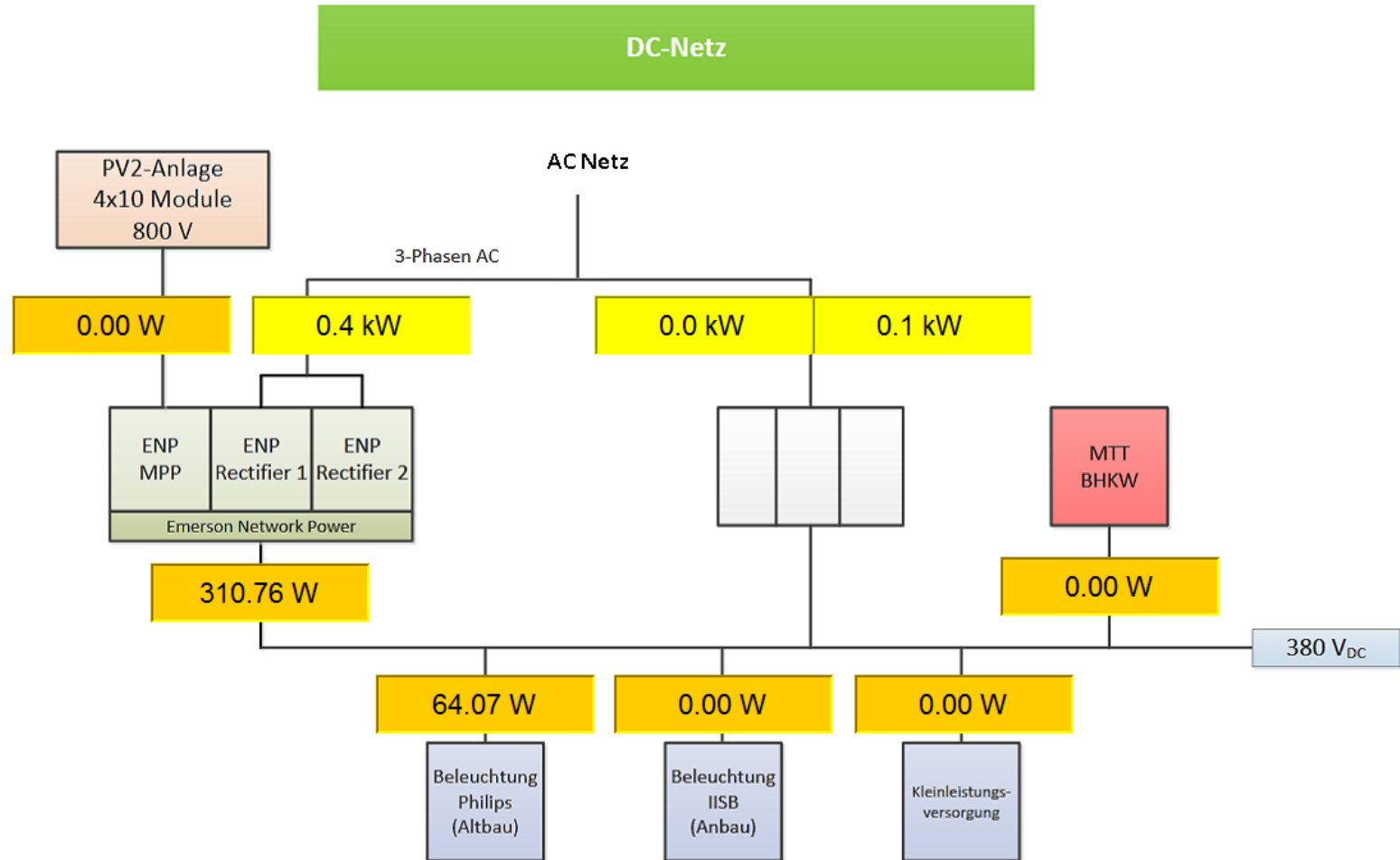
## Kältekreislauf 6/12°C



# SEEDs – Energiemonitoring



# SEEDs – Energiemonitoring



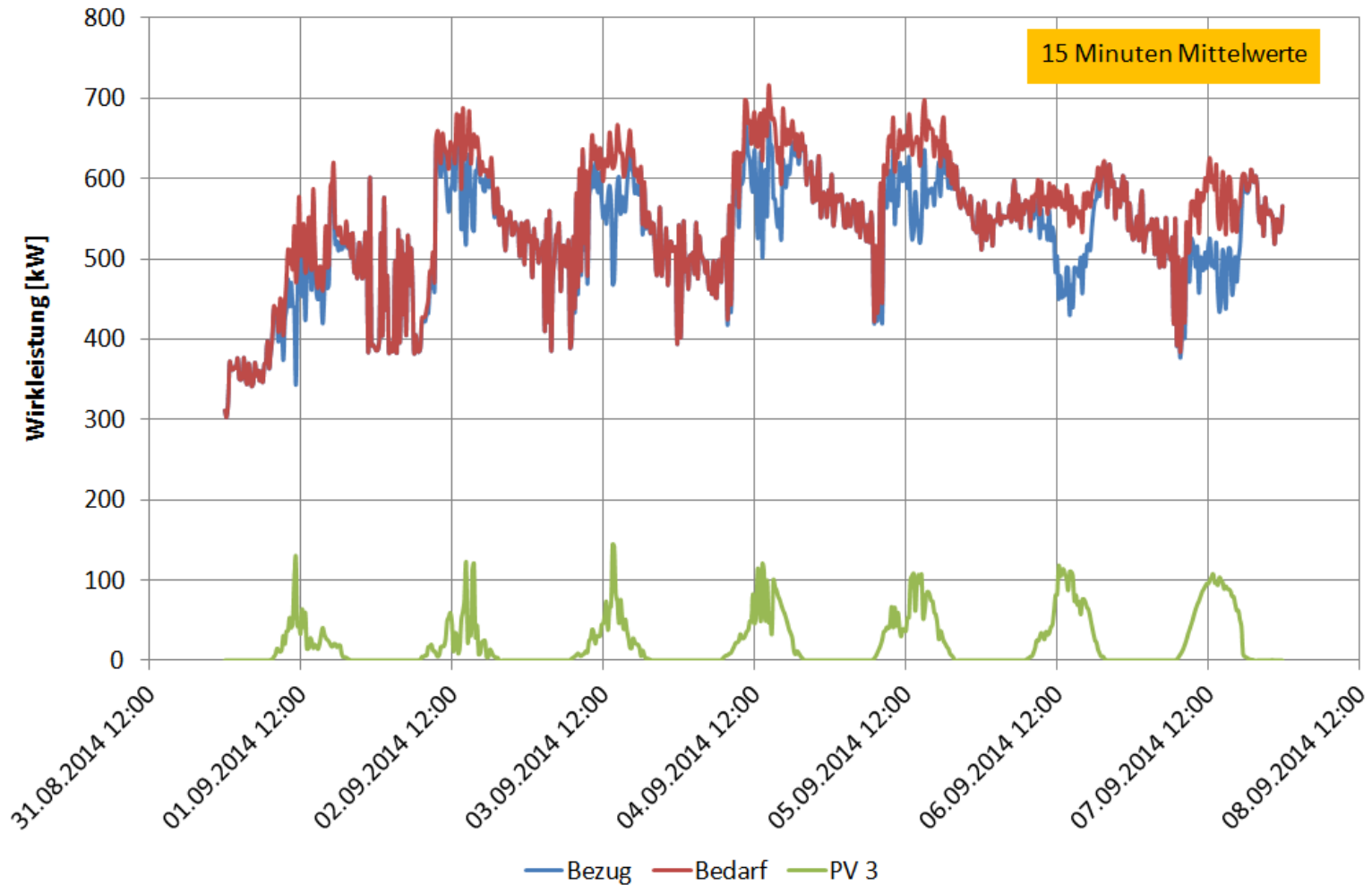
# SEEDs – PV-Forschungsanlage



- PV-Forschungsanlage mit O-W-Ausrichtung mit 175 kW<sub>peak</sub>
- Einspeisung ins interne AC-Netz sowie Vorbereitung zur Einspeisung ins lokale DC-Netz mit elektr. Speicher
- Ziel: vollständiger Eigenverbrauch und Spitzenlastreduzierung

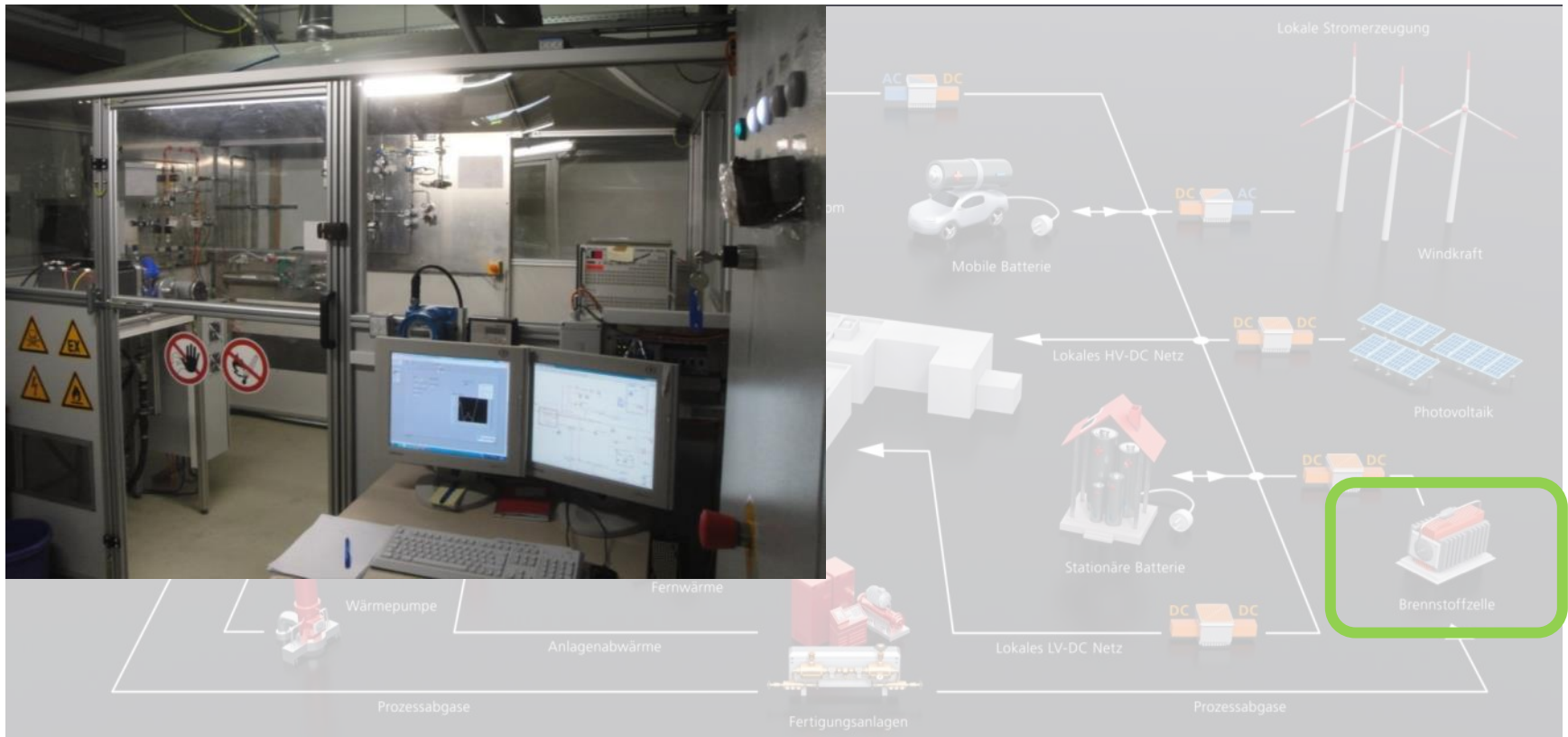


# SEEDs – PV-Versuchsanlage





# SEEDs – Wasserstoffthemen

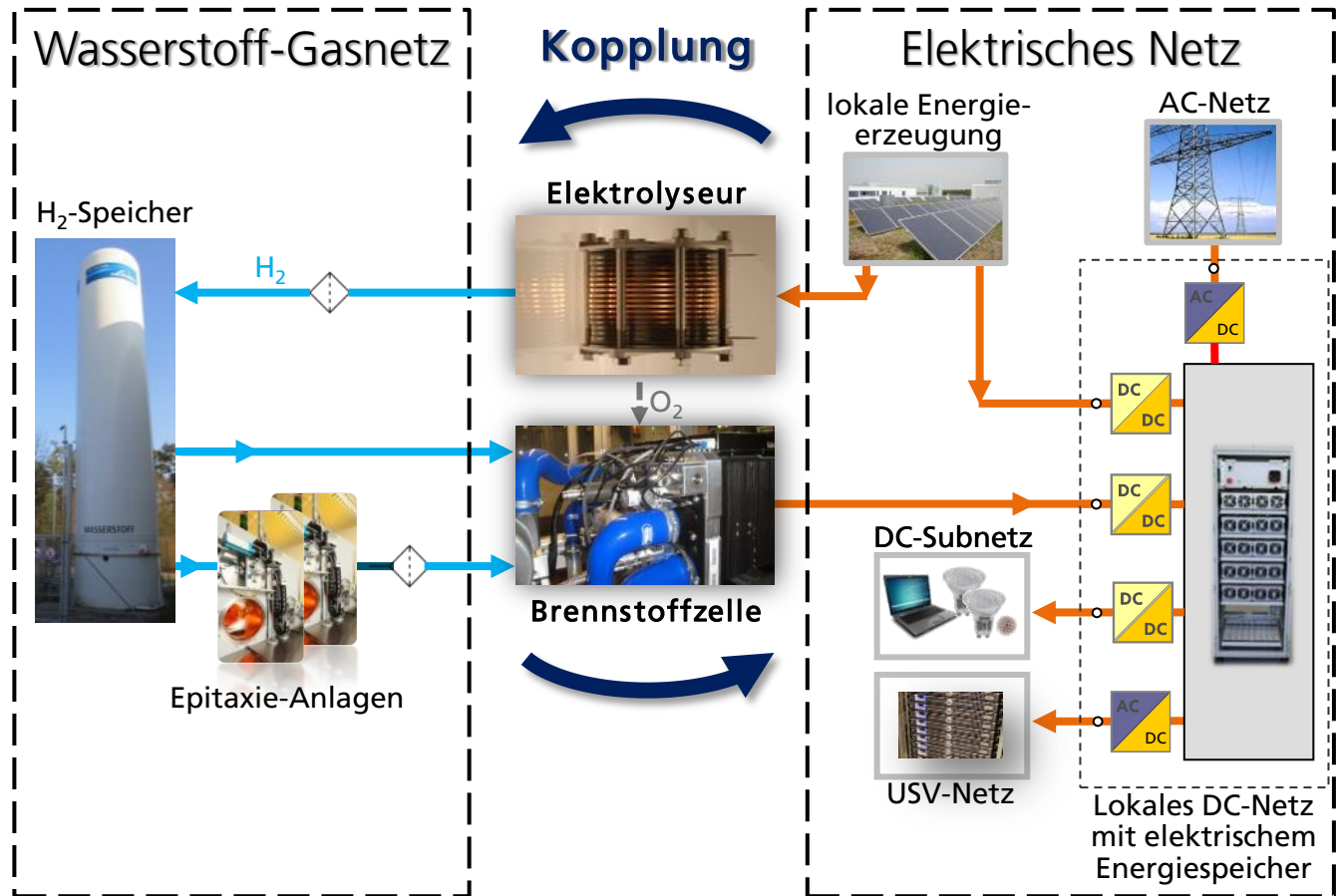


- Aufbau und Inbetriebnahme eines Wasserstoffteststandes für: Brennstoffzellen, Elektrolyseure, Filter, H<sub>2</sub>-Speichersysteme
- Brennstoffzellesystem (8,5 kW; PEM-Technologie) aufgebaut
- Ziel: Verwertung von H<sub>2</sub>-reichem Prozessabgas und H<sub>2</sub>-Strom-Kopplung

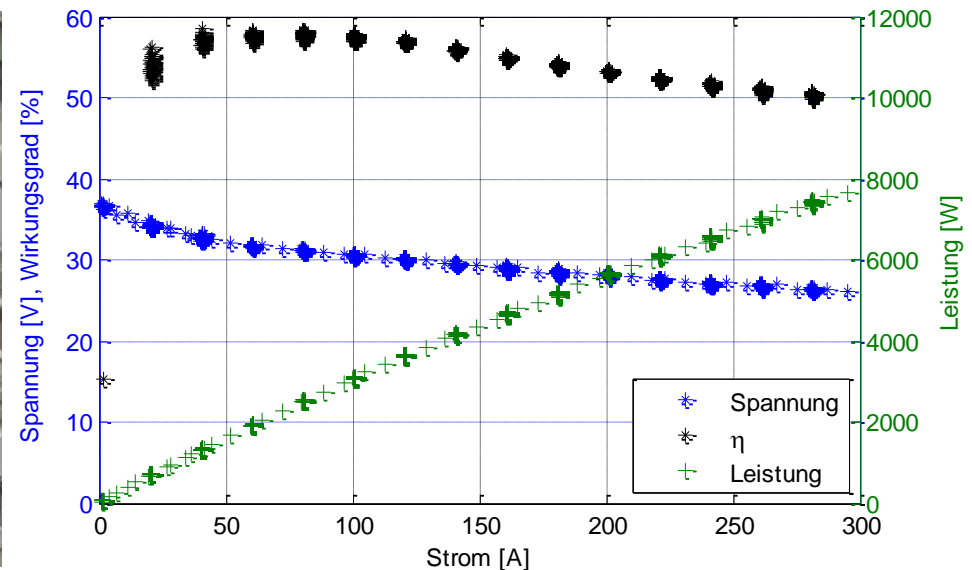
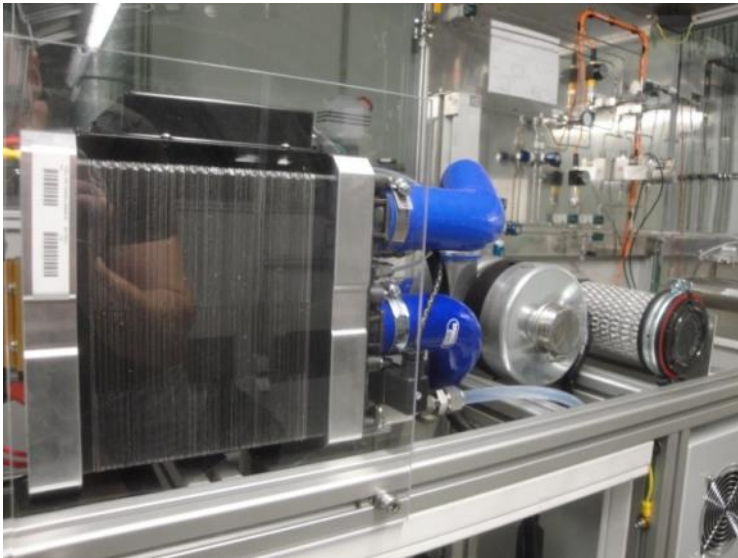


# Übersicht geplanter Arbeitspunkte im Themenfeld Wasserstoff

- Verwertung von Wasserstoffabgas
- Bedarfsgerechte Herstellung von „grünem“ Wasserstoff
- Wasserstoffsystem als Speicher fluktuierender Erzeuger



# SEEDs – Brennstoffzellensystem



Datenblattangaben	Einheit	Wert
Nennleistung	kW	8.5
Nennstrombereich	A	0 - 380
Nennspannungsbereich	V	20 - 40
Max. Wirkungsgrad	%	51
Wasserstoffreinheit	%	$\geq 99.99$



# SEEDs – energetische Verwertung von wasserstoffhaltigem Epitaxieabgas

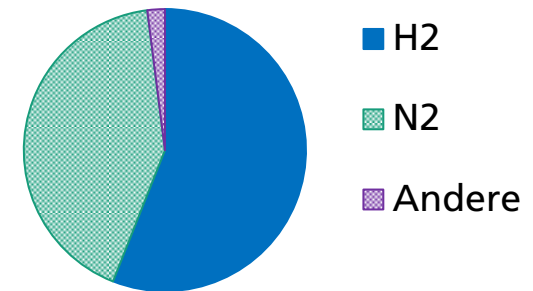
Typischer Epitaxieprozess (Prozessdauer 221 min)

	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	SiH <sub>4</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
Verbrauch [NI]	12578	9299	477	4,8	1,9
∅ – Durchfluss [NI/min]	56,8	42,0	2,1	0,02	0,009
∅ – Vol.-Anteil	56 %	42 %	2%		

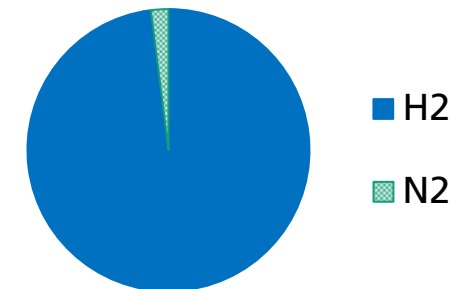
## Herausforderung:

- Abwägung zwischen Filterungsaufwand und Brennstoffzellenbetrieb
- Komprimierung des drucklosen Abgases
- Maximierung des elektrischen Wirkungsgrad

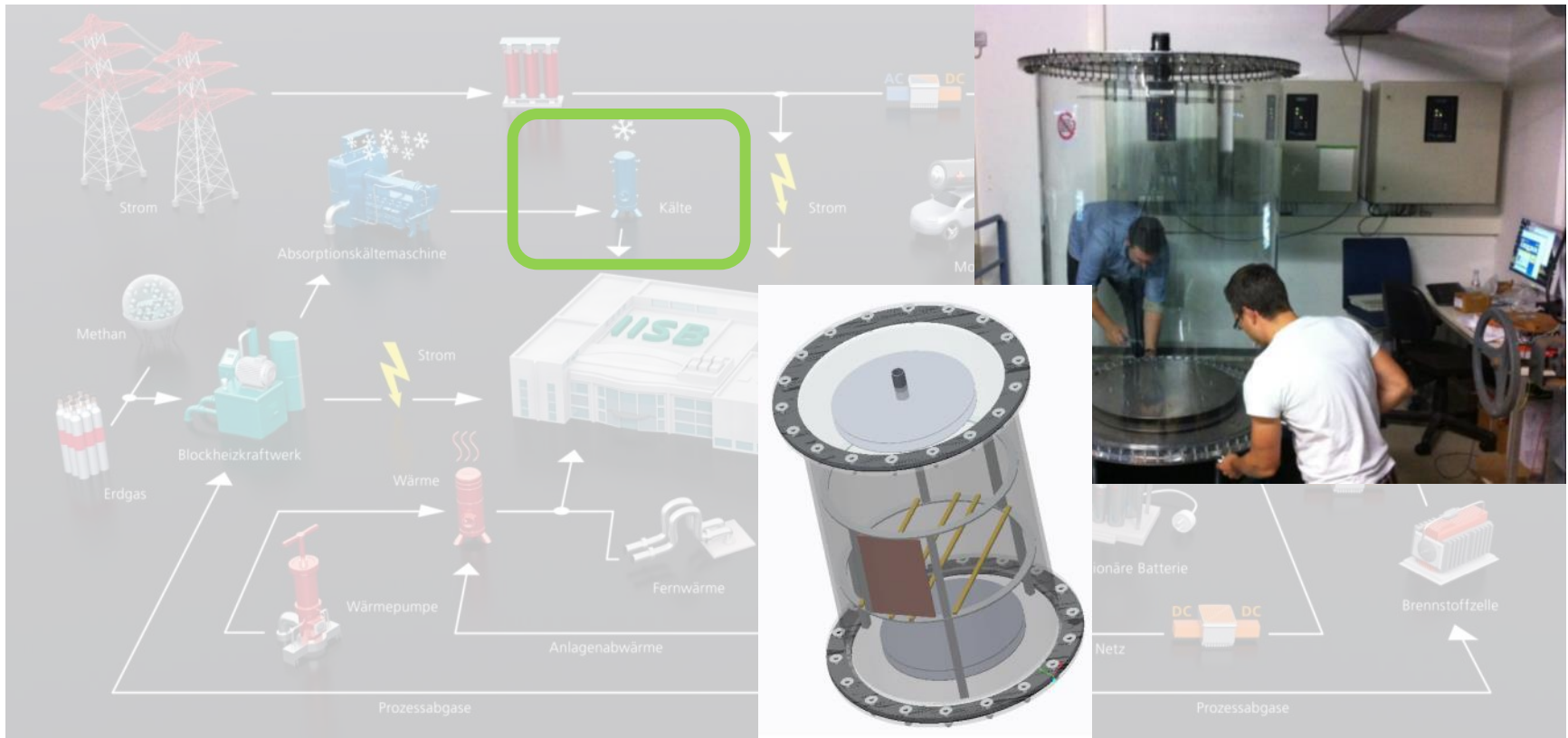
Epitaxieabgas



Brennstoffzelle ein



# SEEDs – Kältesysteme



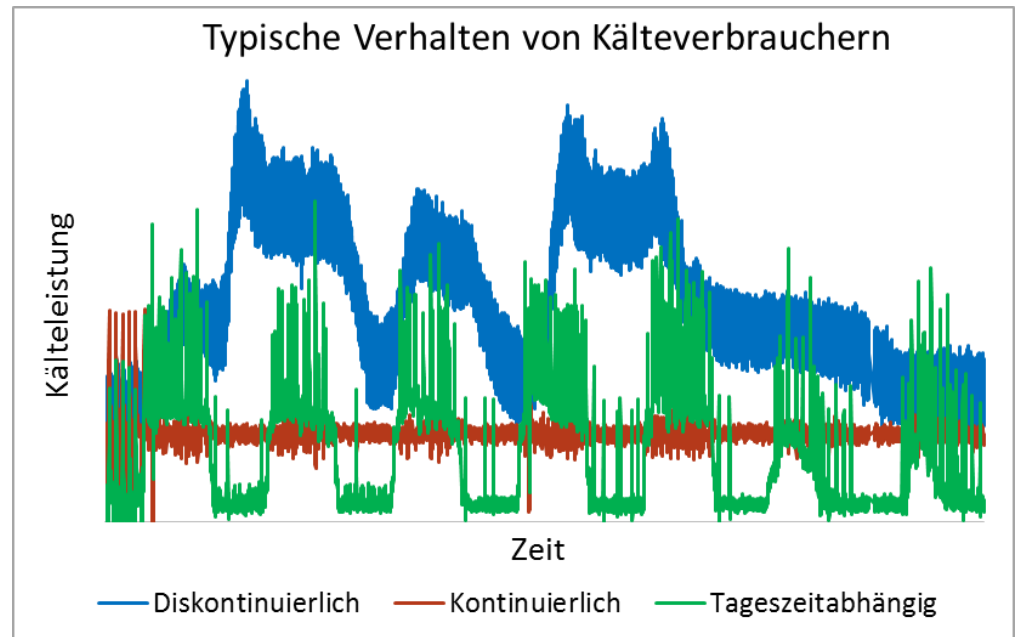
- Untersuchungen zur Senkung der Betriebskosten durch Reduktion der Volumenströme im Kältenetz mittels Änderung der Regelungsstrategie
- Aufbau eines Kältespeicherdemonstrators (Kombination aus sensiblen und latenten Speichermaterialien)



# Ausgangslage - Verbraucherverhalten in Kältesystemen

Verbraucher mit unterschiedlichem Bezugsverhalten:

- Diskontinuierliche Verbraucher (z.B. Prozessanlagen, Forschungsanlagen)
- Teilweise kontinuierliche Prozessanlagen (z.B. Mehrschichtbetrieb)
- Kontinuierlich gekühlte Verbraucher (z.B. Serverräume)
- Klimaabhängige Verbraucher; tages- & jahreszeitabhängig (z.B. Raumlufthanlagen)

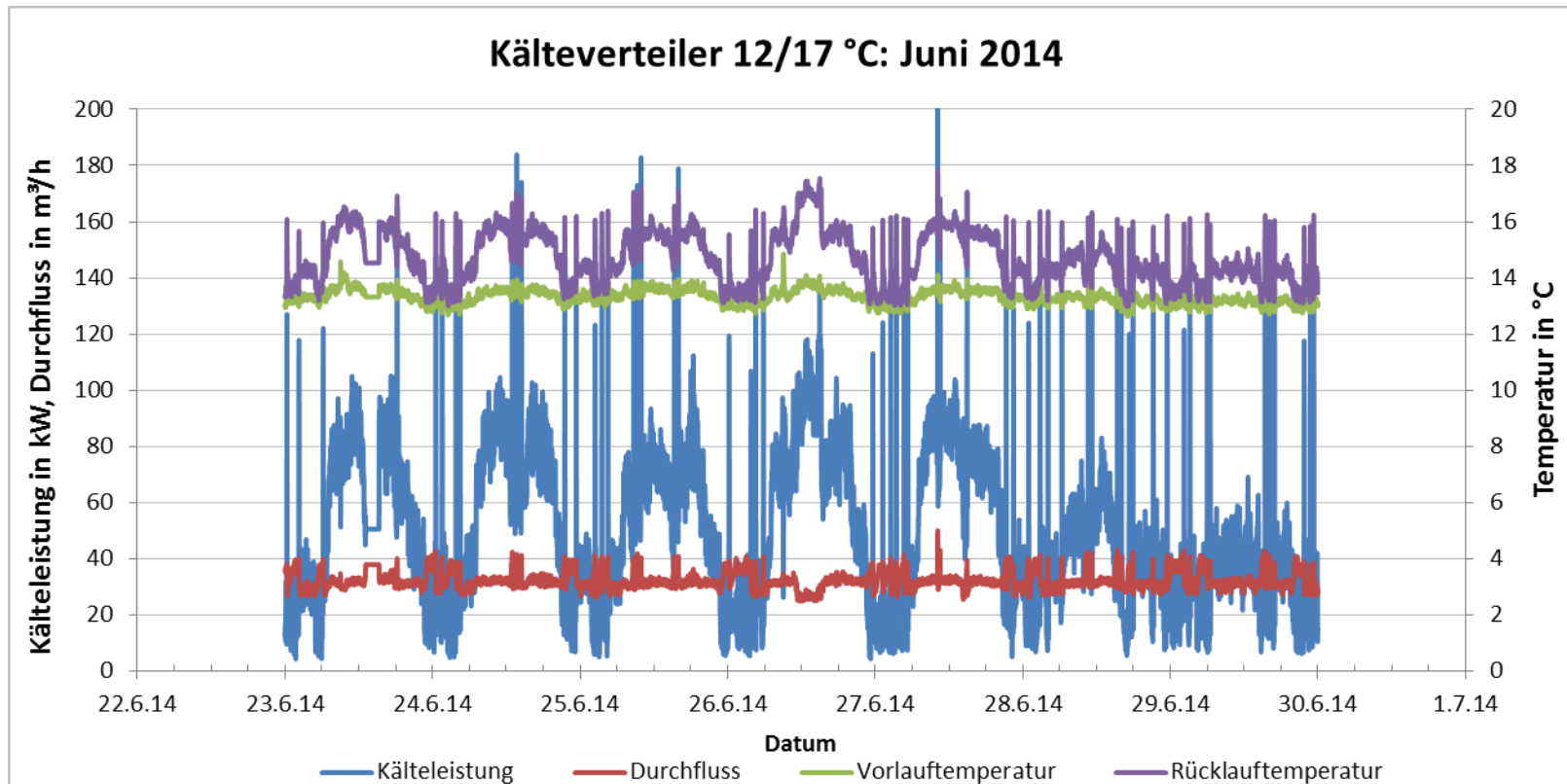


→ Beliebige Lastverhalten durch Kombination unterschiedlicher Verbraucher



# Effizienzmaßnahmen - Praktische Umsetzung

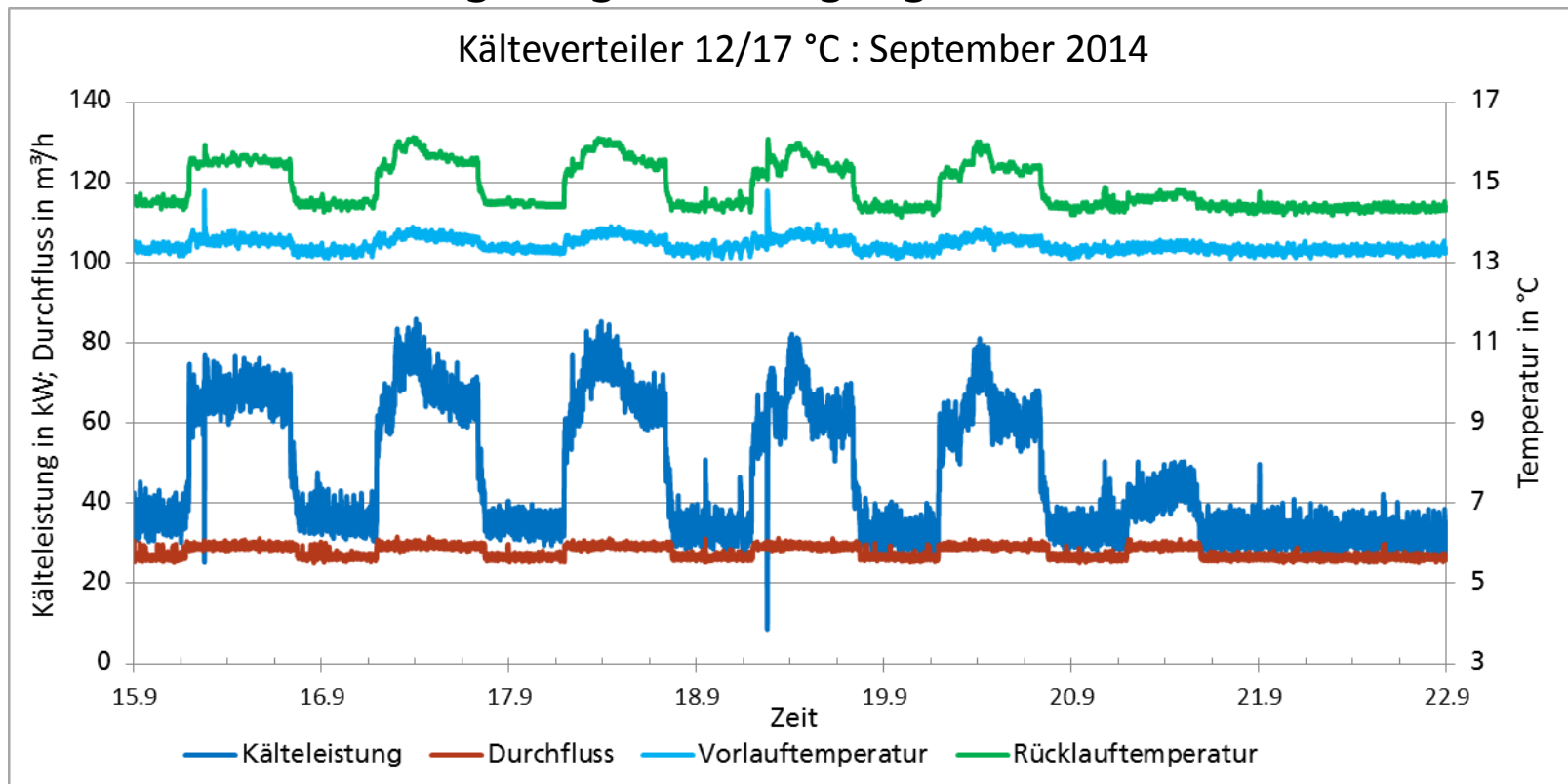
- Kälteverteiler vor Änderung der Regelstrategie (Sommer):



# Effizienzmaßnahmen – Änderung der Regelstrategie

## Übergang von Differenzdruck- auf Differenztemperaturregelung

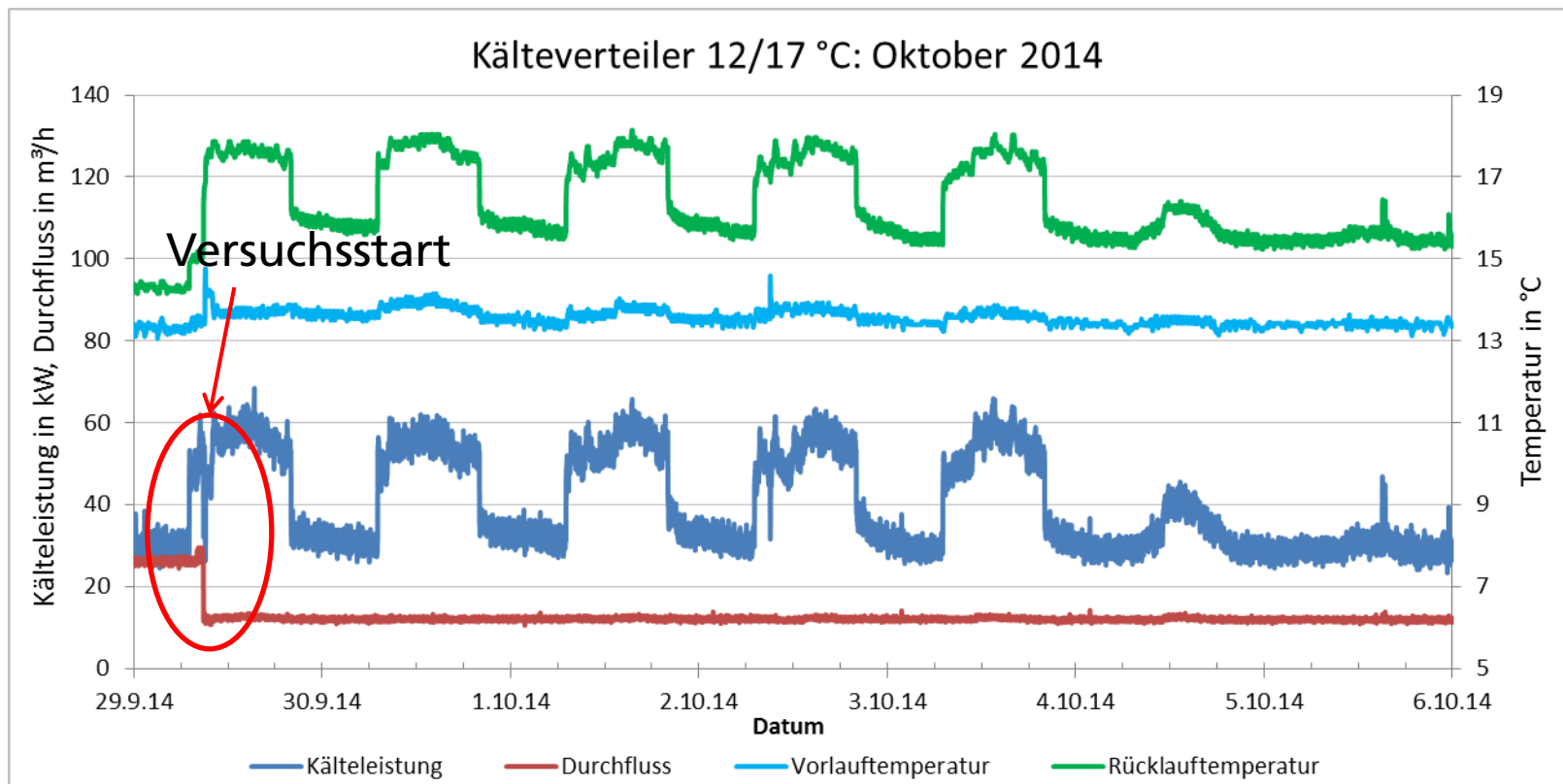
- Kälteverteiler nach Regelung eines Abgangs (Sommer):



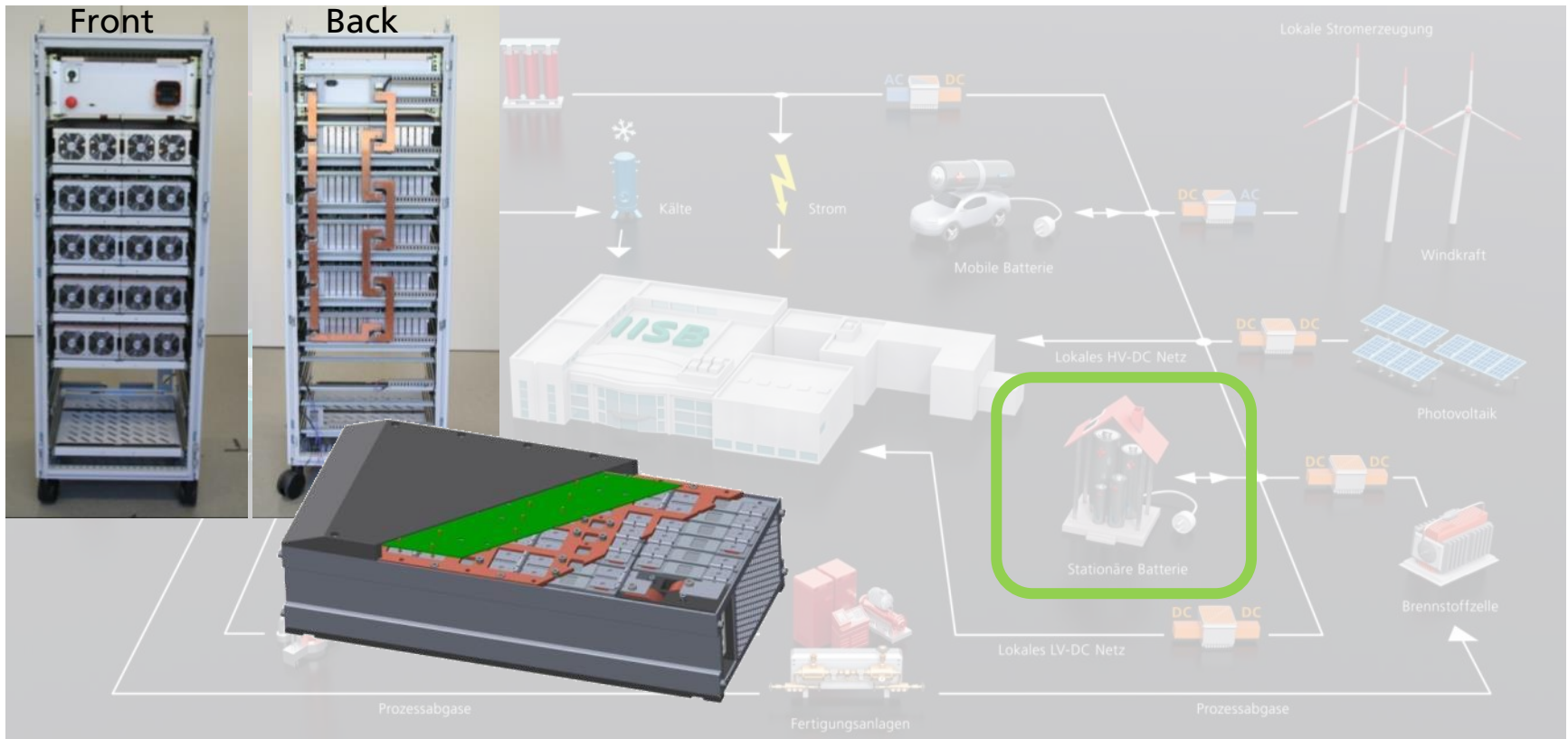


# Effizienzmaßnahmen – Änderung der Regelstrategie Übergang von Differenzdruck- auf Differenztemperaturregelung

- Kälteverteiler nach Regelung eines zweiten Abgangs (Sommer):



# SEEDs – stationäre Batteriespeicher



- Entwicklung und Aufbau eines modularen Energiespeicherschranks (14 Module, 20 kWh, 100 kW, Lebensdauer >> 6000 volle Zyklen)
- Entwicklung und Aufbau von Monitoring- und Management-Elektronik
- Ziel: modulares Energiespeichersystem zur Lastverschiebung und -glättung



# Elektrochemischer Energiespeicher – Hauptmerkmale

## Modules Energiespeicherkonzept

- Bis zu 14 Batteriemodule
- Bis zu 20 kWh
- Bis zu 100 kW
- Integrierte Überwachungs- und Managementelektronik
- Spannungsbereich: 315 – 567 V
- Kontinuierlicher Lade-Entladestrom von 320 A



Ansicht Vorderseite

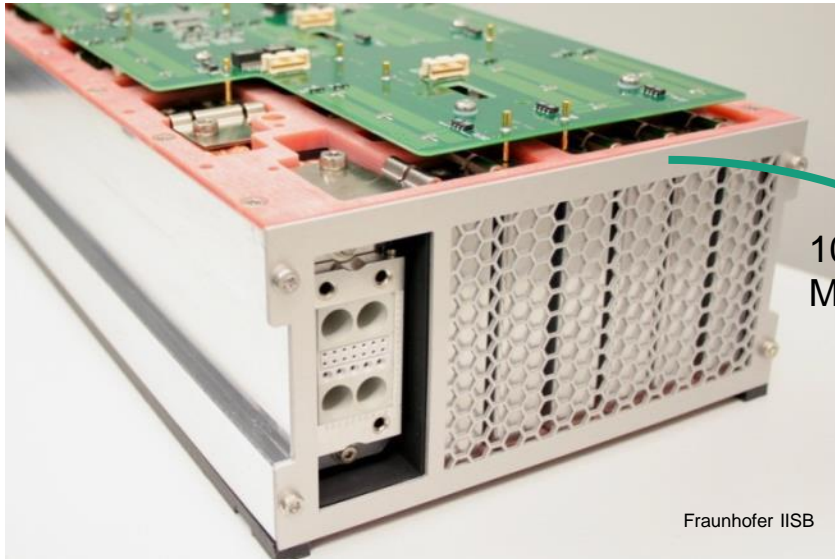


Ansicht Rückseite



# Elektrochemischer Energiespeicher – Mechanische Daten

- Steckverbindungssystem für berühr- geschützte Kontaktierung der Module



10-14  
Module



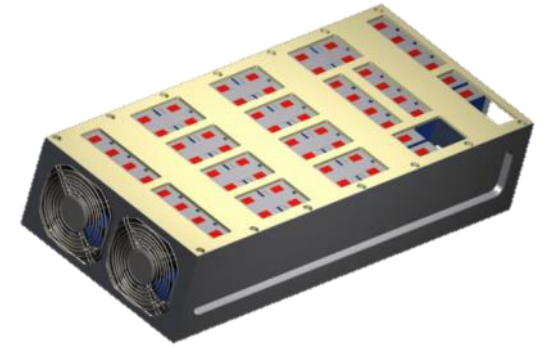
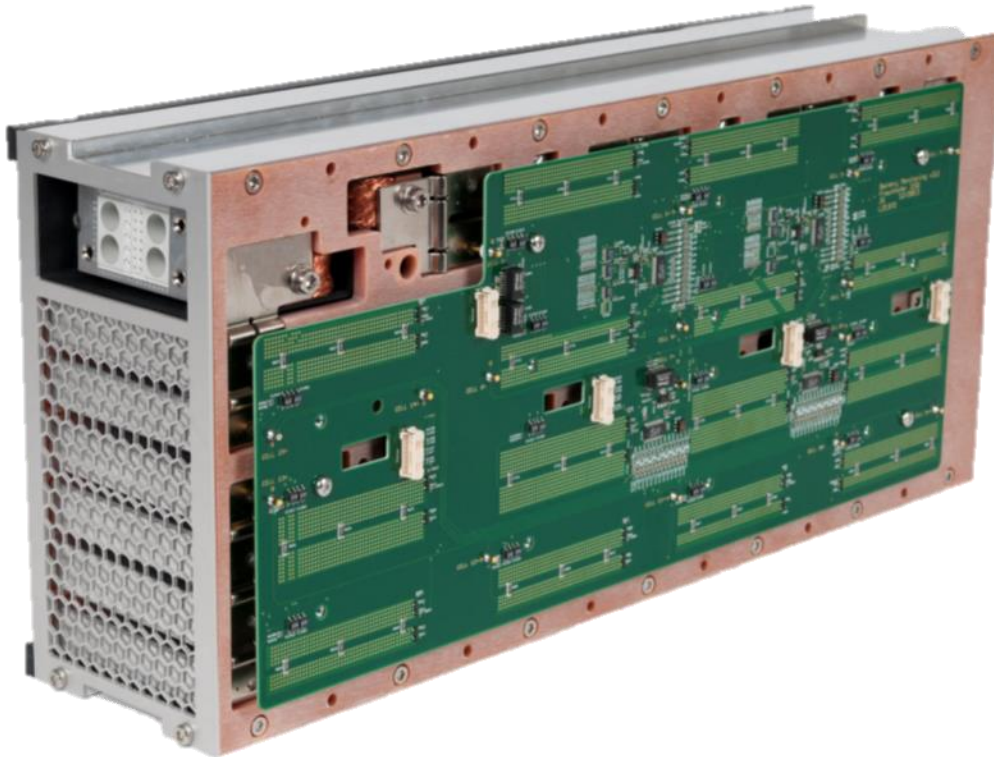
19 Zoll Rack System

- Modulstecker mit Lamellen- Goldkontakten
- Schwimmend gelagerter Steckmechanismus mit integrierter Zentrierung



# Elektrochemischer Energiespeicher – Batteriemodul

## Batteriemodul für stationäre Anwendungen

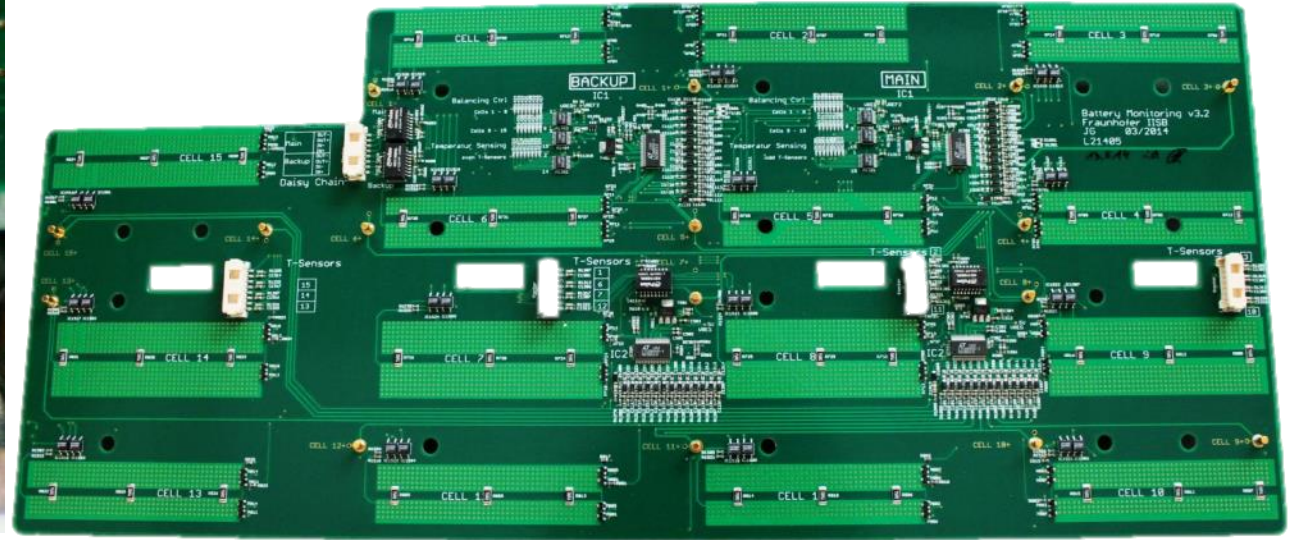
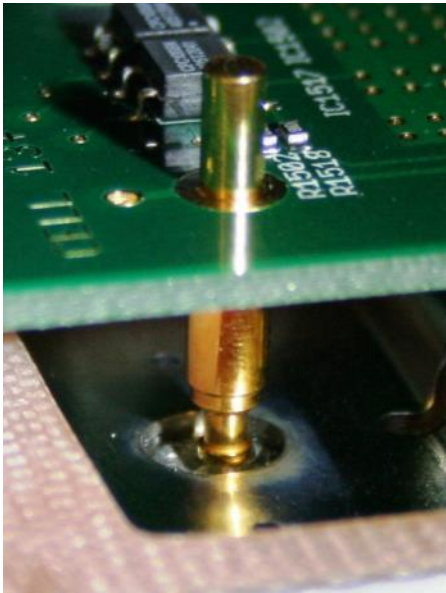


- 15s2p Konfiguration
- 1.4 kWh (20 Ah prismatische LTO Batteriezellen)
- 7.2 kW kontinuierliche Lade-/Entladeleistung (@ 320A)
- 6000 (Voll-)Zyklen  
Lebensdauer mit 100% DOD
- $-30^{\circ}$  bis  $+55^{\circ}\text{C}$   
Betriebstemperatur
- (aktive) Luftkühlung

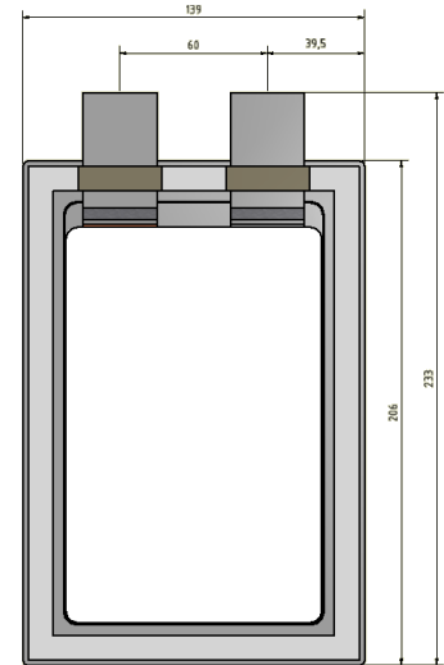
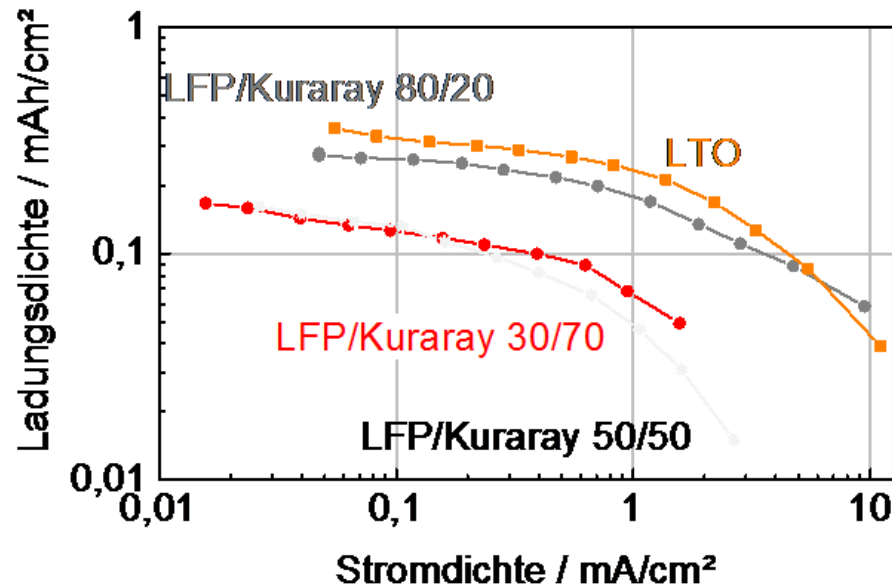


# Elektrochemischer Energiespeicher – Überwachungselektronik

- Robuste Kommunikationstechnik
- Kontaktierung der Batteriezellen via gold-beschichteten Federkontakten
- Voll redundantes Design (Auslegung für 24/7 Anwendungen): implementierte Zusatzfunktionen für Fehlererkennung und -korrektur
- Geringer Standby-Strom:  $15\mu\text{A}$
- Hochpräzise Spannungsmessung:
  - Batteriezelle  $\leq 1.4\text{mV}$
  - Batteriemo­dul:  $\leq 1\%$
- Bis zu 16 Temperatursensoren
- Passive Zellsymmetrierung mit zusätzlicher Kontrollfunktion für den Ladungsausgleich



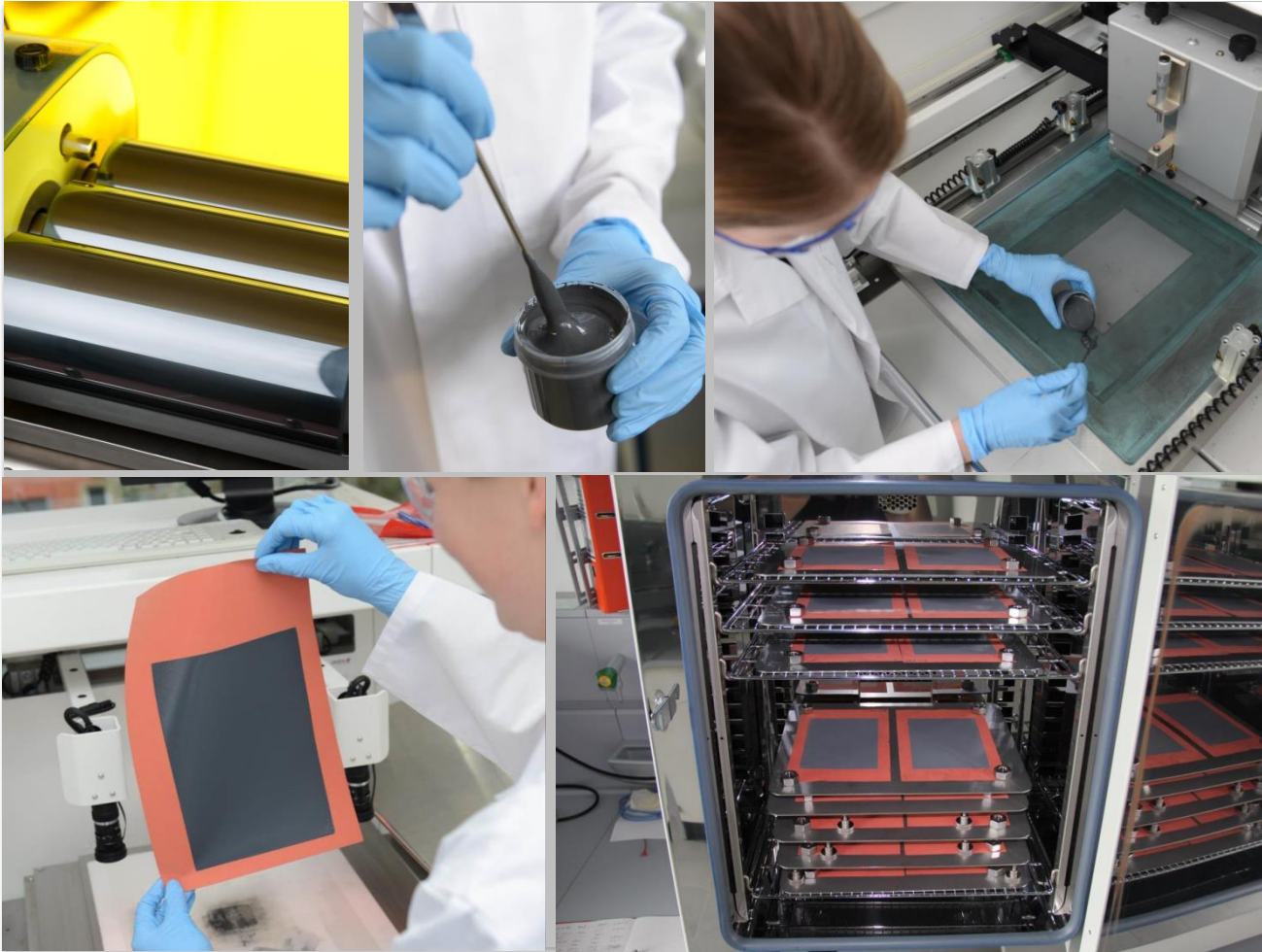
# Kompositelektroden mit maßgeschneiderten Eigenschaften



- Abstimmung Anode und Kathode durch Batterie/Supercap-Komposit
- Fertigung von Elektroden und Zellen



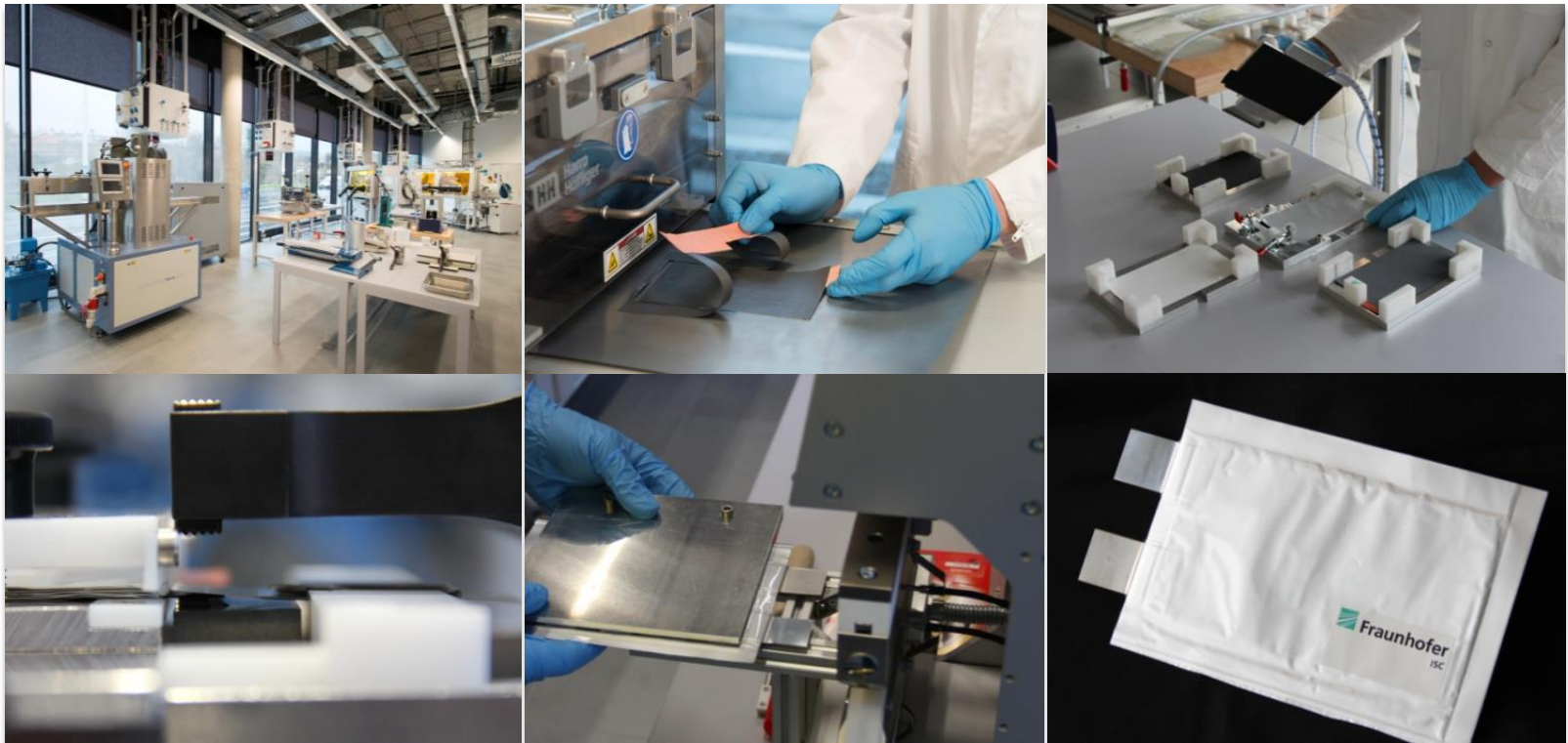
# Elektrodenbeschichtung



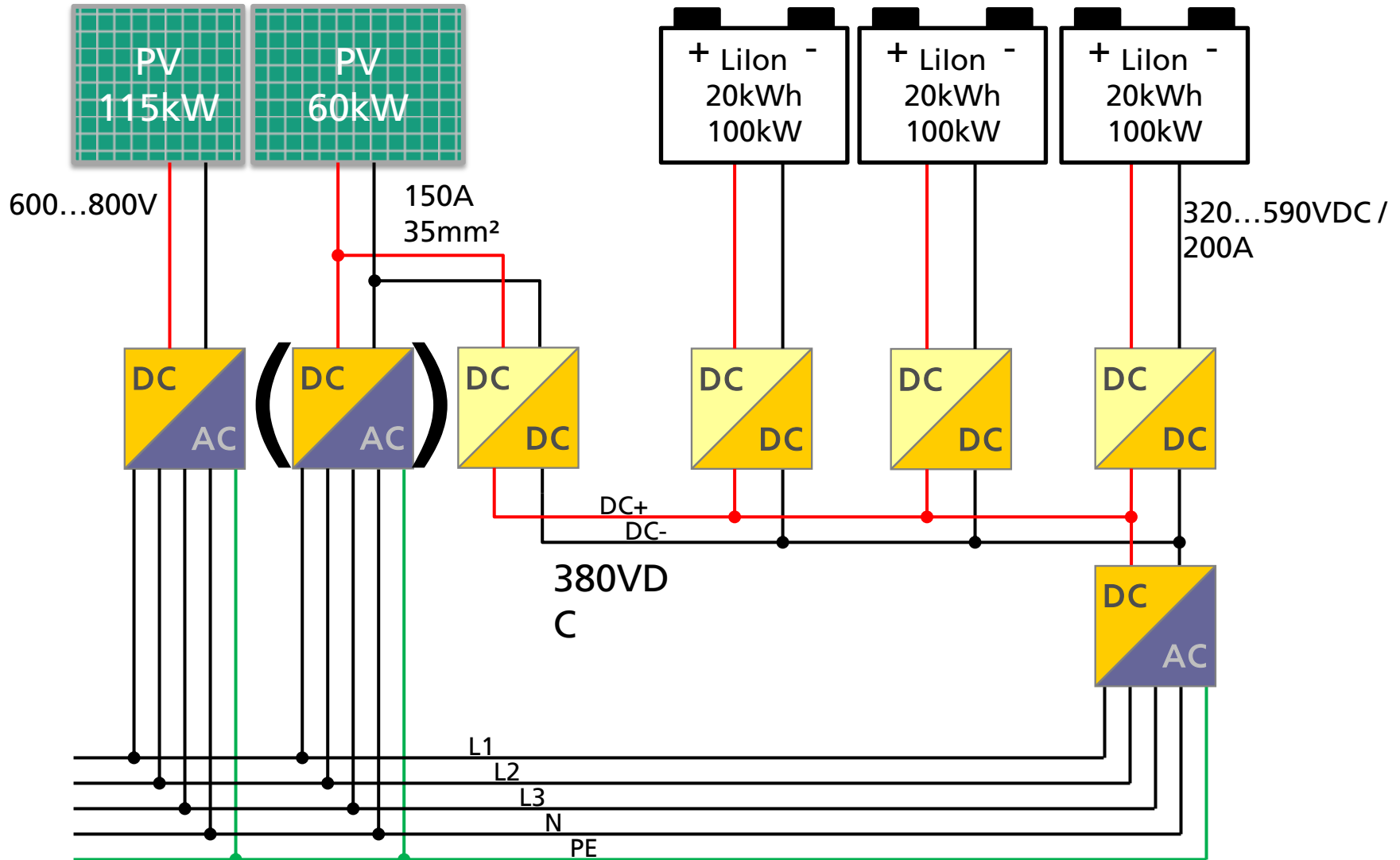


# Zellfertigung

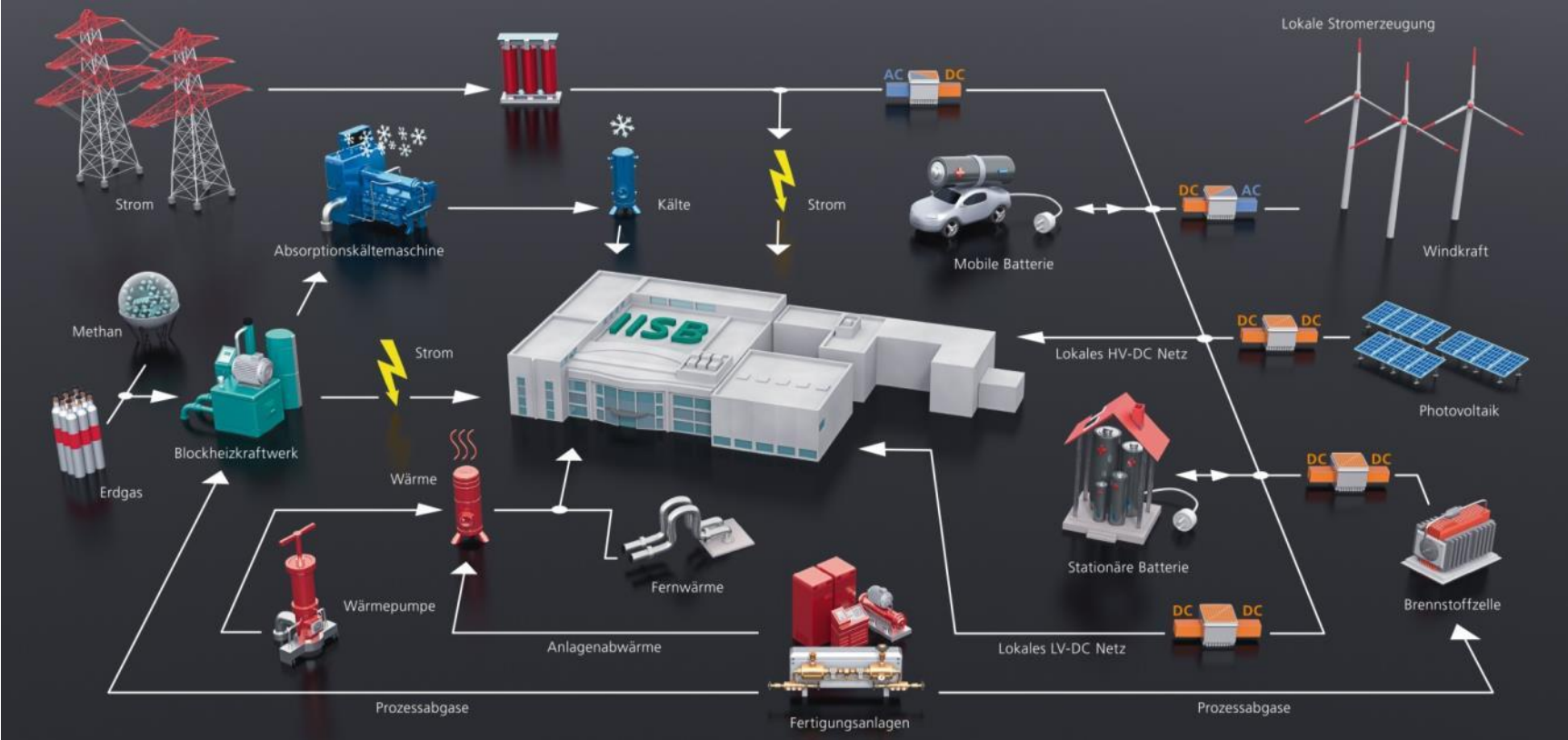
- Folienzellen:  $\frac{1}{2}$  PHEV-2, 139 x 233 mm<sup>2</sup>
- Integration in stationären Speicher



# Kopplung PV-Anlage, Energiespeicher und DC-Netz

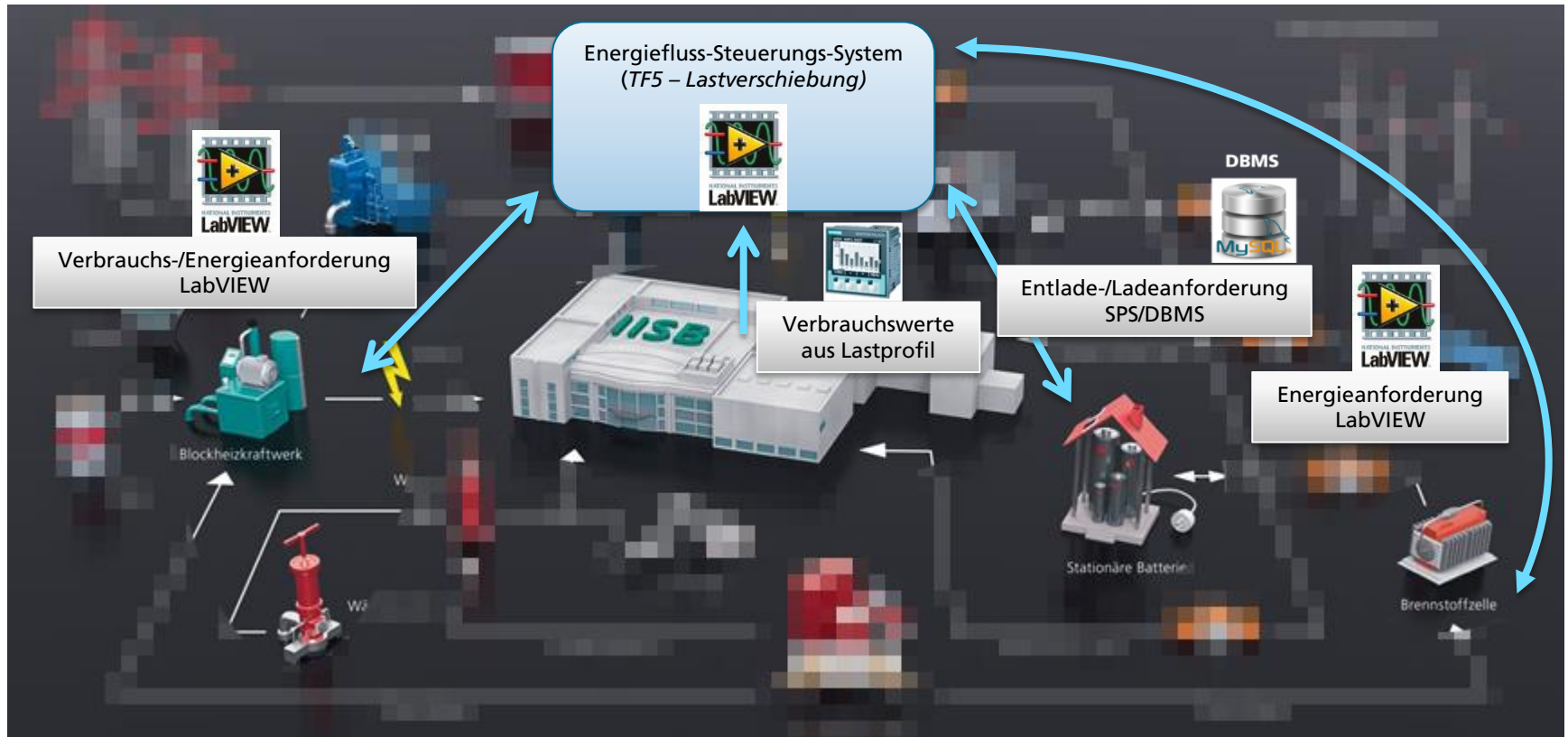


# SEEDs – Gesamtnetz



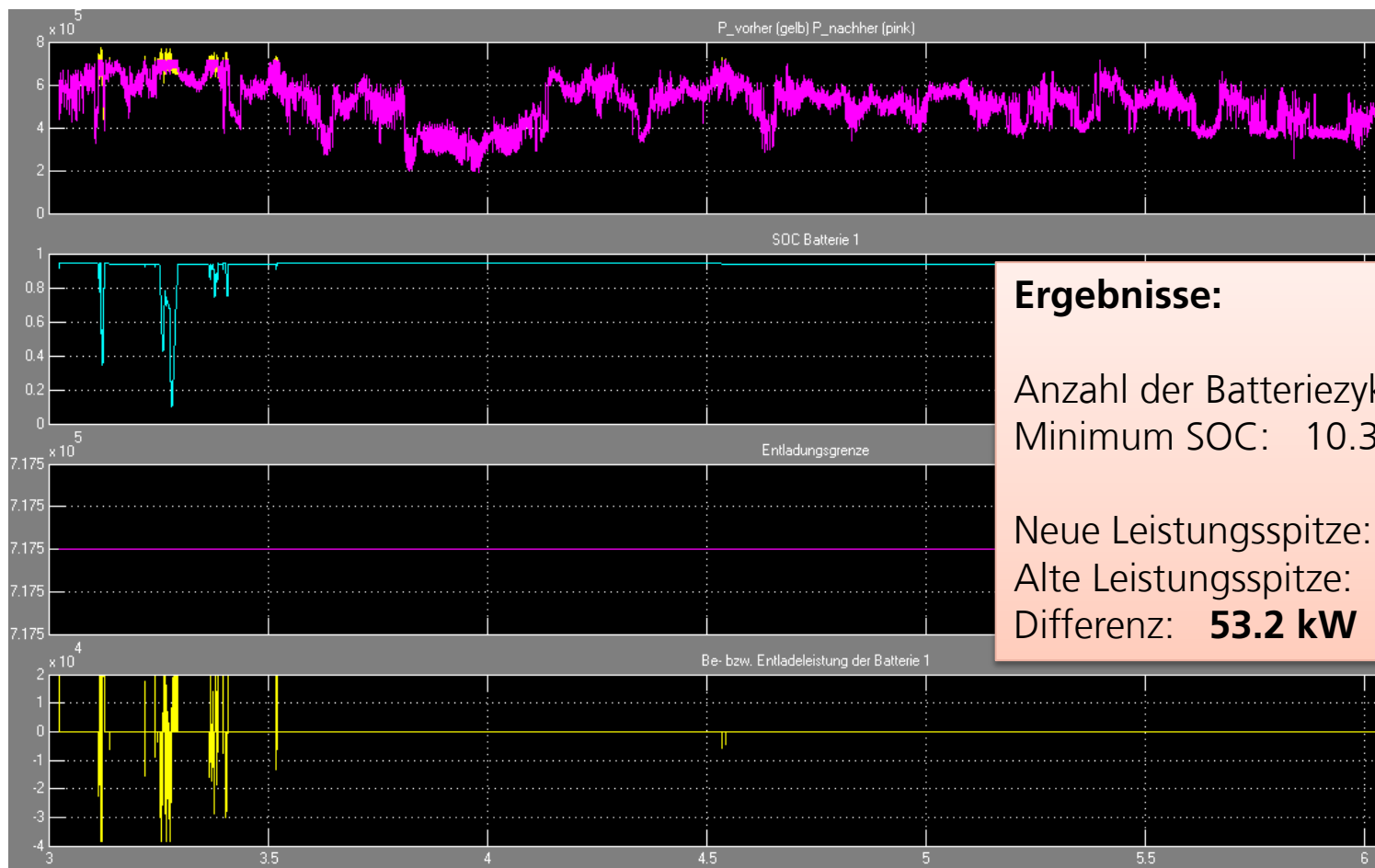
# Energiefluss-Steuerungs-System

## *Lastverschiebung*



# Energiefluss-Steuerungs-System

## *Lastverschiebung*



### Ergebnisse:

Anzahl der Batteriezyklen: 3.5636

Minimum SOC: 10.3%

Neue Leistungsspitze: 717.4 kW

Alte Leistungsspitze: 770.6 kW

Differenz: **53.2 kW**



# SEEDs – DC-Netz



- Entwicklung und Aufbau eines DC-Grid-Managers zur Energieflusssteuerung
- Netzstabilisierung, Simulationen und Regelstrategie für DC-Netze erarbeitet
- Ausbau und Erweiterung des lokalen 380V DC-Netzes
- Ziel: hocheffiziente DC-Energieverteilung und Lastspitzenreduzierung



---

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Kontakt:

Dr. Richard Öchsner

Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB

Leiter Bereich Energietechnik

Schottkystrasse 10, 91058 Erlangen, Germany

Tel.: +49 (0) 9131 761-116

[richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de](mailto:richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de)

[www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)

Weitere Informationen zum Projekt SEEDs

[www.energy-seeds.org/](http://www.energy-seeds.org/)



Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie



 **Fraunhofer**