



Innovative Forschungsinfrastruktur zur Sektorenkopplung mit grünem Wasserstoff

Dr.-Ing. Ralf Benger

13. Forum Energie

Clausthal-Zellerfeld 24.09.2025

Motivation zum Vorhaben

- „Grüner“ Wasserstoff verbindet die Sektoren Strom, Wärme und Kälte
- Wasserstoff gleicht Schwankungen bei der Erzeugung der erneuerbaren Energien aus
- Erzeugung und Verbrauch von Grünem Wasserstoff an einem Ort
- Erforschung neuer Konzepte für die Sektorenkopplung mit Wasserstoff
- Entwicklung einer optimalen Regelung für die Kopplung der Sektoren

Projektziele

- Aufbau eines Testfeldes zur Integration von grünem Wasserstoff in sektorenggekoppelte Energiesysteme
- Erweiterung vorhandener Infrastruktur auf dem EST-Campus in Goslar als Modellareal zum Aufbau einer intelligent gesteuerten Kopplung von
 - Strom-, Wärme-, Kälte- und Wasserstoffnetz
 - mit dem Ziel der Optimierung relevanter Zielgrößen:
 - Wirtschaftlichkeit, Lebensdauer
 - Effizienz, CO₂-Bilanz
 - Resilienz (Inselfähigkeit)

Projektziele

- Ideale Fahrweisen für unterschiedliche Optimierungsziele und Auslegungen ermitteln
- Entwicklung eines Auslegungstools zur Ermittlung idealer Speichergrößen und Leistungsklassen der erforderlichen Komponenten für variable Standorte/Arealnetze
- Validierung des Auslegungstools am vorhandenen Arealnetz
- Bereitstellung des lokalen Arealnetzes zur Charakterisierung einzelner Komponenten/Systeme

Umsetzungsrahmen



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Niedersachsen

Anlage detaillierte Projektbeschreibung

Antragstellung in der EFRE Richtlinie:
Innovationen durch Hochschulen und Forschungseinrichtungen

EFRE-Förderperiode 2021 - 2027

Projekttitel und Akronym:

Testfeld „Integration von grünem Wasserstoff in sektorenggekoppelte Energiesysteme“ – Infrastruktur zur Entwicklung und Erprobung von Komponenten und Betriebsstrategien für die kombinierte elektrische, stoffliche und thermische Energiekopplung im realen Betrieb

H2-SEKO

- Laufzeit 01.09.2024 – 28.02.2028
- Projektvolumen 2,61 Mio (40% EFRE, 40% Land Nds., 20% Eigenanteil TUC)

Das „Forschungsobjekt“ auf dem EnergieCampus Goslar

- TU Clausthal:
 - Forschungszentrum Energiespeichertechnologien (EST)
 - Institut für Energieforschung und Physikalische Technologien (IEPT)
 - Center for Digital Technologies (DIGIT)
- Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut (HHI)
- Energie Ressourcen Agentur Goslar e.V. (ERA)
- Spin-offs, z.B. Inensus GmbH
- GoTEC-Tagungszentrum
- Campus-Kita Frankenberg



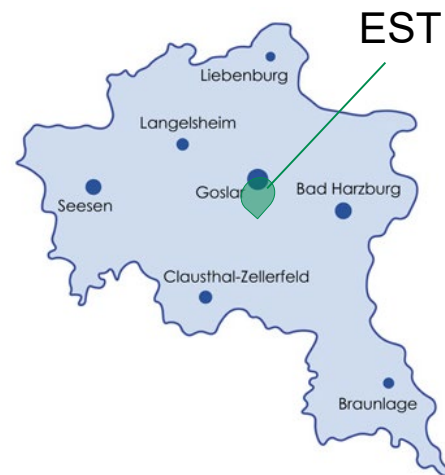
Das Forschungszentrum Energiespeichertechnologien EST

- Das EST ist eines von sechs Forschungszentren der TU Clausthal <https://www.tu-clausthal.de/forschung/zentren> mit Sitz auf dem EnergieCampus in Goslar.
- Hier wird bereits seit 2008 durch die TU Clausthal eine Forschungseinrichtung betrieben, die sich mit aktuellen wissenschaftlichen Fragestellungen im Energiebereich befasst.
- Gegründet wurde das EST als „Energie-Forschungszentrum Niedersachsen (EFZN)“, einer seinerzeitigen wissenschaftlichen Einrichtung der TU Clausthal in Kooperation mit vier weiteren niedersächsischen Universitäten. Das EST stellt heute den Clausthaler Forschungsschwerpunkt im EFZN dar.

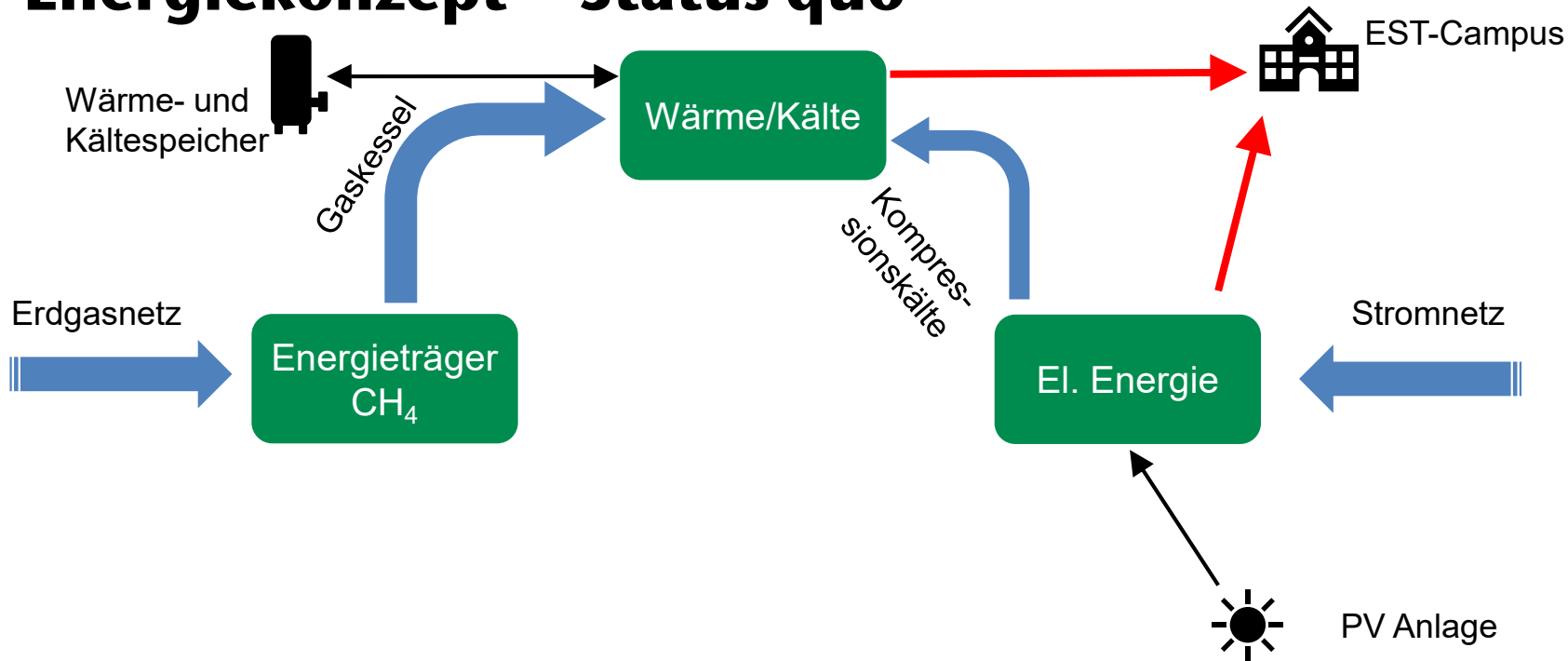


Status Quo der Energieversorgung

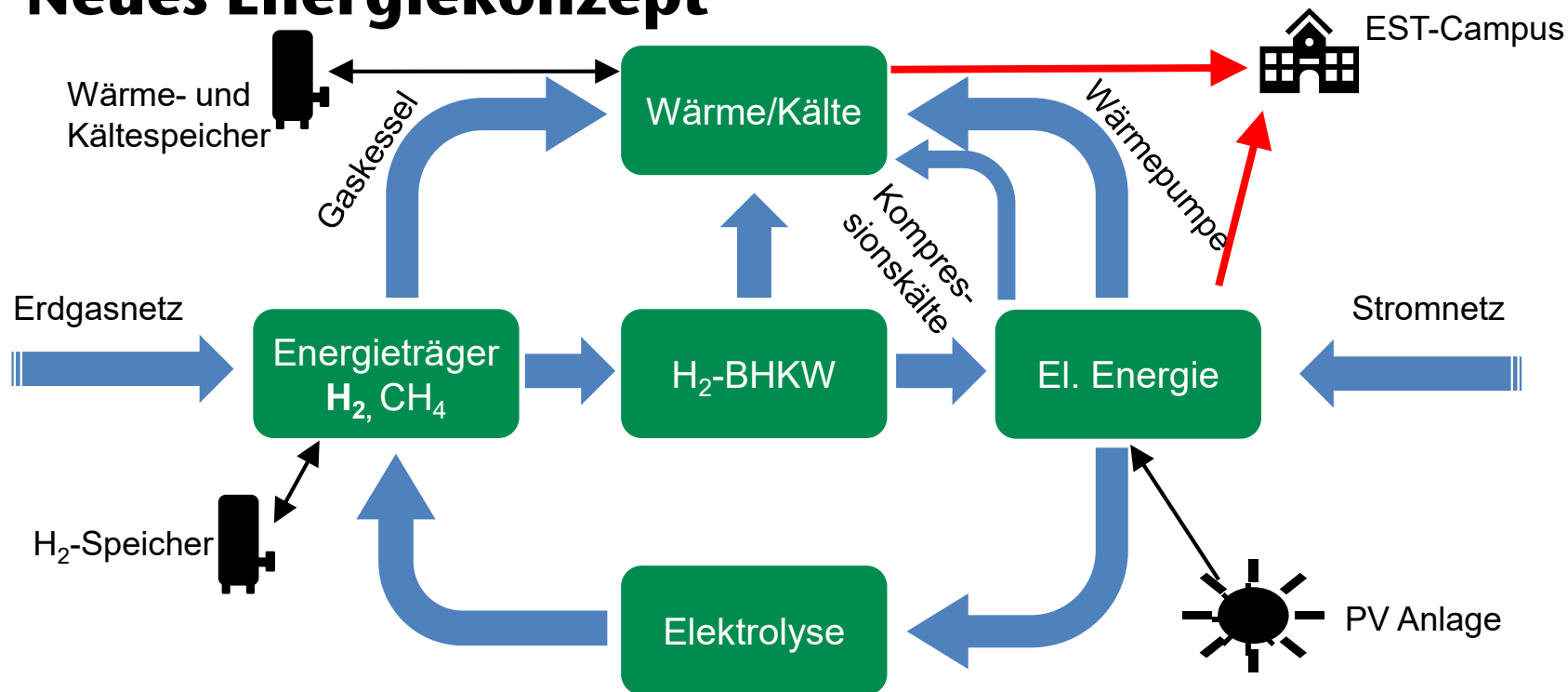
- Aktueller Energiebedarf des EST-Campus
 - elektrisch: 375 MWh
 - thermisch: 976 MWh
- Aktuelle Quellen zur Deckung des Energiebedarfs
 - Strom aus dem Stromnetz und einer 21 kWp PV-Anlage
 - Wärme erzeugt ein 250 kW Gaskessel



Energiekonzept – Status quo



Neues Energiekonzept



Geplantes Versorgungssystem am EST-Campus

99 kW_p PV-Anlagen

150 kW
Wasserelektrolyse

BHKW,
H₂ Speicher,
Wärmepumpe



190 m³ Zisterne
Kaltwasserspeicher

Kältetechnik,
Warmwasserspeicher
6000l

250 kW
Gaskessel

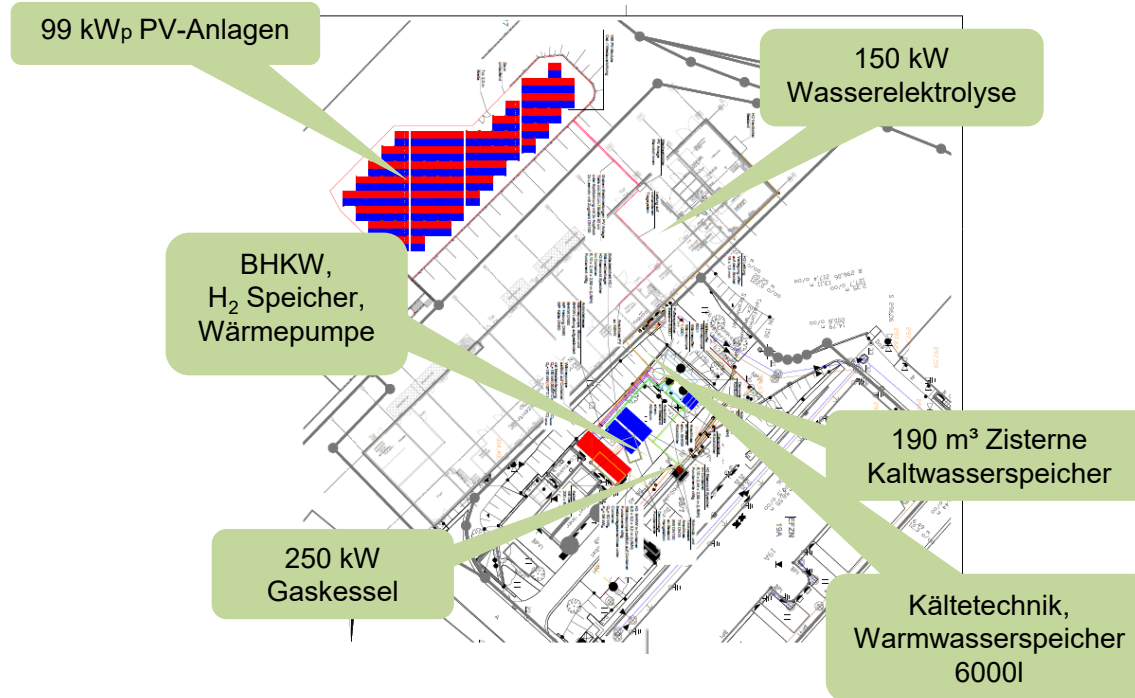
Bedarf

- Elektrische Energie
- Wärme
- Kälte

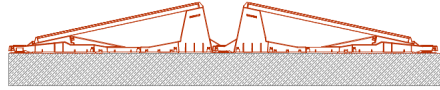
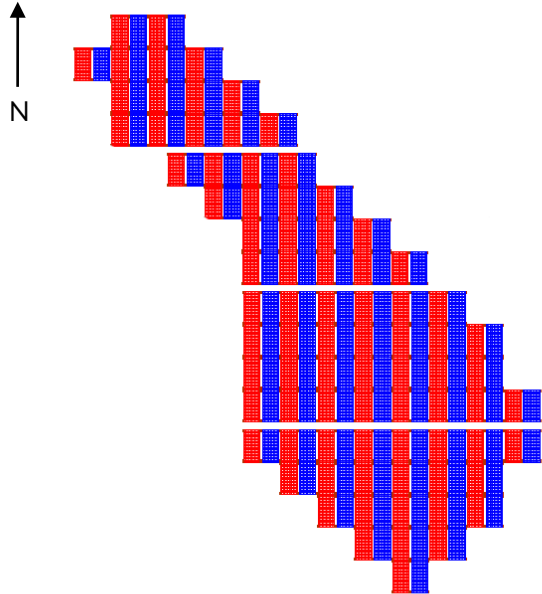
Infrastruktur

- Wasserelektrolyse
- Wasserstoffspeicher
- Wärme/Kältespeicher
- Kältetechnik
- Wärmepumpe
- PV-Anlage

Geplantes Versorgungssystem am EST-Campus



PV-Anlage



blau = Ost rot = West

Daten

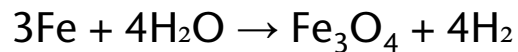
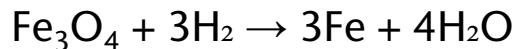
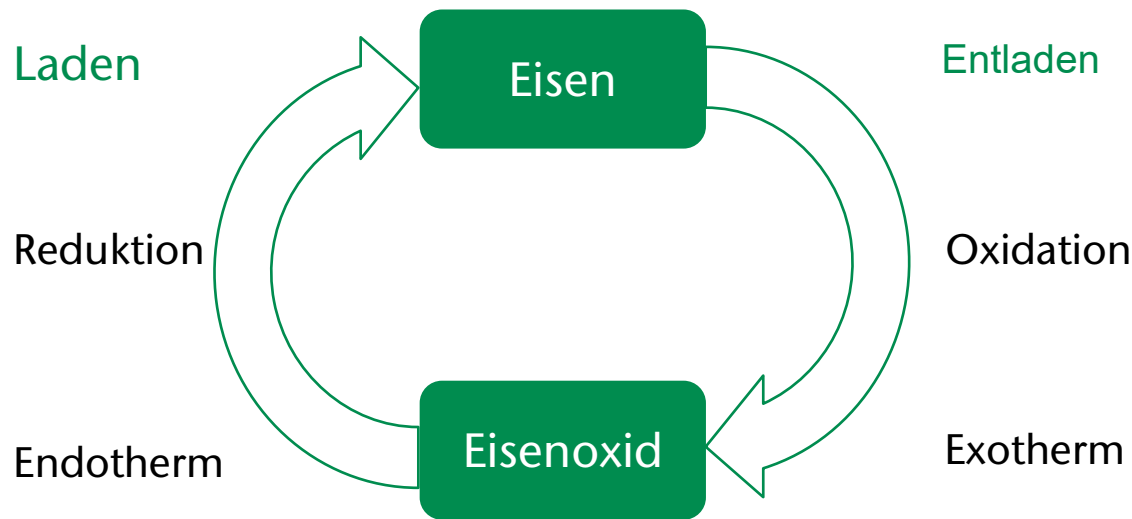
- 99 kWp
- 166 Module
- Ost-West Ausrichtung
- 20° Modulneigung

Wasserstoffspeicherung

- Herausforderungen:
 - sichere, effiziente und kostengünstige Speicher
- aktuelle Speichertechnologien:
 - Druckflaschen, Flüssigwasserstoff, chemische Speicher
- chemische Speicher:
 - Metalloxide als Wasserstoffspeicher (Redox-Reaktionen)

Vorteile:	Nachteile:
hohe Speicherdichte	hohes Gewicht
Sicherheit	langsame Reaktionszeit
Lagerfähigkeit unter Normalbedingungen	erhöhte Temperaturen notwendig > 450°C
- geplanter Eisenoxid-Speicher Kapazität: 90 kg H₂ (entspricht ca. 3200 kWh_{th})

Eisenoxidspeicher



Neues Konzept für Wärme und Kälte

Wärmeerzeuger

- Blockheizkraftwerk: thermische Leistung 104 kW
- Luft/Wasser Wärmepumpe im Heizbetrieb: 150 kW (30/35°C bei AT +7°C)
- Gaskessel: 250 kW
- Heizwiderstände: 200 kW (modulierbar)

Kältemaschinen

- Absorptionskältemaschine: 70 kW
- Luft/Wasser Wärmepumpe mit Kühlbetrieb: 130 kW (12/7°C bei AT +35°C)

Blockheizkraftwerk

- Bestandteile: Gasmotor, Generator, Wärmetauscher, Gasmischer, Regelung
- gleichzeitig Strom- und Wärmeenerzeugung (Kraft-Wärme-Kopplung)
- höhere Effizienz gegenüber separater Erzeugung von Strom und Wärme

- Funktion:

Gasgemisch gelangt in die Brennkammer



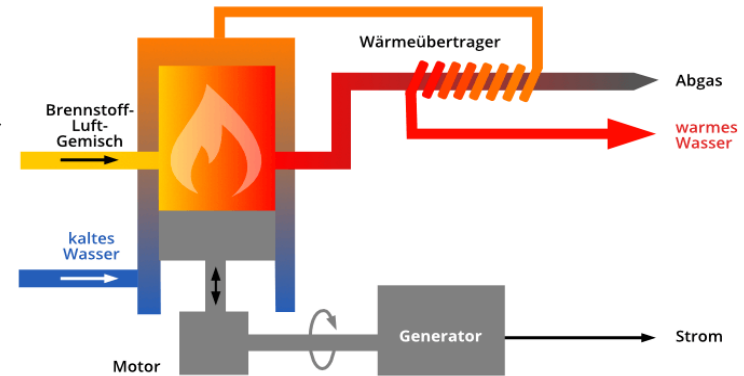
Gemisch wird gezündet



Kolben bewegt sich nach unten

- Gasmotor treibt über Welle einen Generator an

- Abwärme erhitzt Wasser



Blockheizkraftwerk

- geplantes Wasserstoff - Blockheizkraftwerk

- elektrische Leistung: max. 50 kW

- thermische Leistung: max. 104 kW

- mögliche Betriebsmodi:

100 % H_2

20 % - 40 % H_2 + CH_4

100 % CH_4



Quelle: 2G Energy

Wärmepumpe

■ Funktion der Luft/Wasser Wärmepumpe

- Entzieht Umgebungswärme aus der Luft (Heizbetrieb)
- Gibt Wärme an die Umgebungsluft ab (Kühlbetrieb)

■ Heizen mit der Wärmepumpe

Kältemittel in der Wärmepumpe nimmt Wärme auf und verdampft



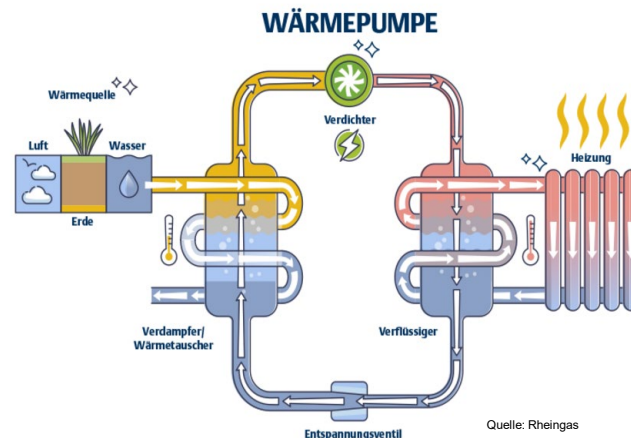
Gasförmiges Kältemittel wird im Verdichter komprimiert (Temperatur steigt)



Wärme wird an das Wasser abgegeben, Kältemittel kondensiert



Druck wird im Expansionsventil reduziert, Kältemittel kühlt ab



Wärmepumpe

■ Kühlen mit der Wärmepumpe

Kältemittel nimmt Wärme aus dem Wasser auf und verdampft



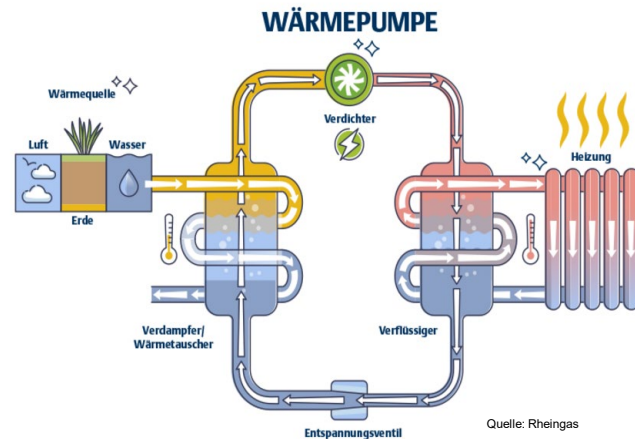
Verdichter komprimiert das Kältemittel, Temperatur steigt



Wärme wird außen abgegeben, Kältemittel kondensiert



Durch Expansionsventil kühlt das Kältemittel ab



Absorptionskältemaschine

- thermisch angetriebener Kälteerzeuger, der Wärme nutzt, um Kälte zu erzeugen

Kältemittel wird im Verdampfer verdampft und entzieht dem Medium dabei Wärme



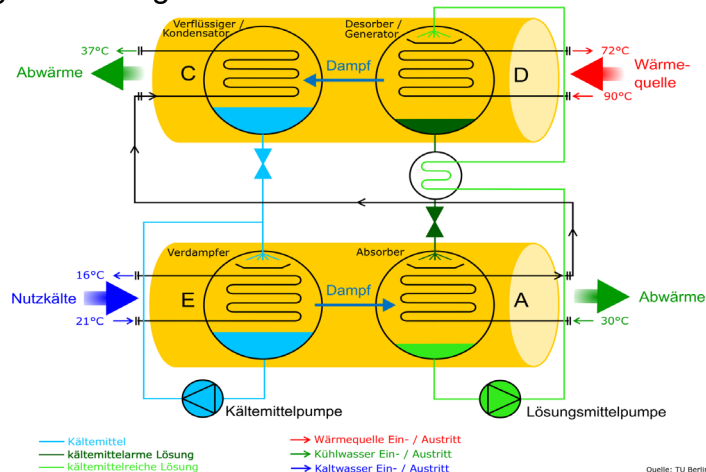
Kältemitteldampf wird im Absorber von einem Lösungsmittel aufgenommen



Kältemittel im Generator wieder ausgetrieben

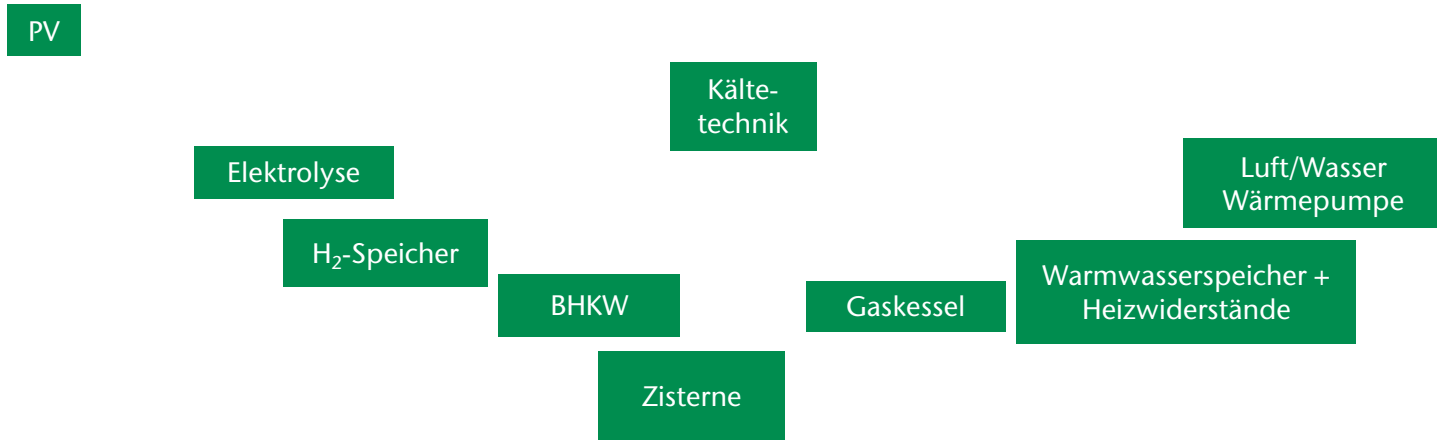


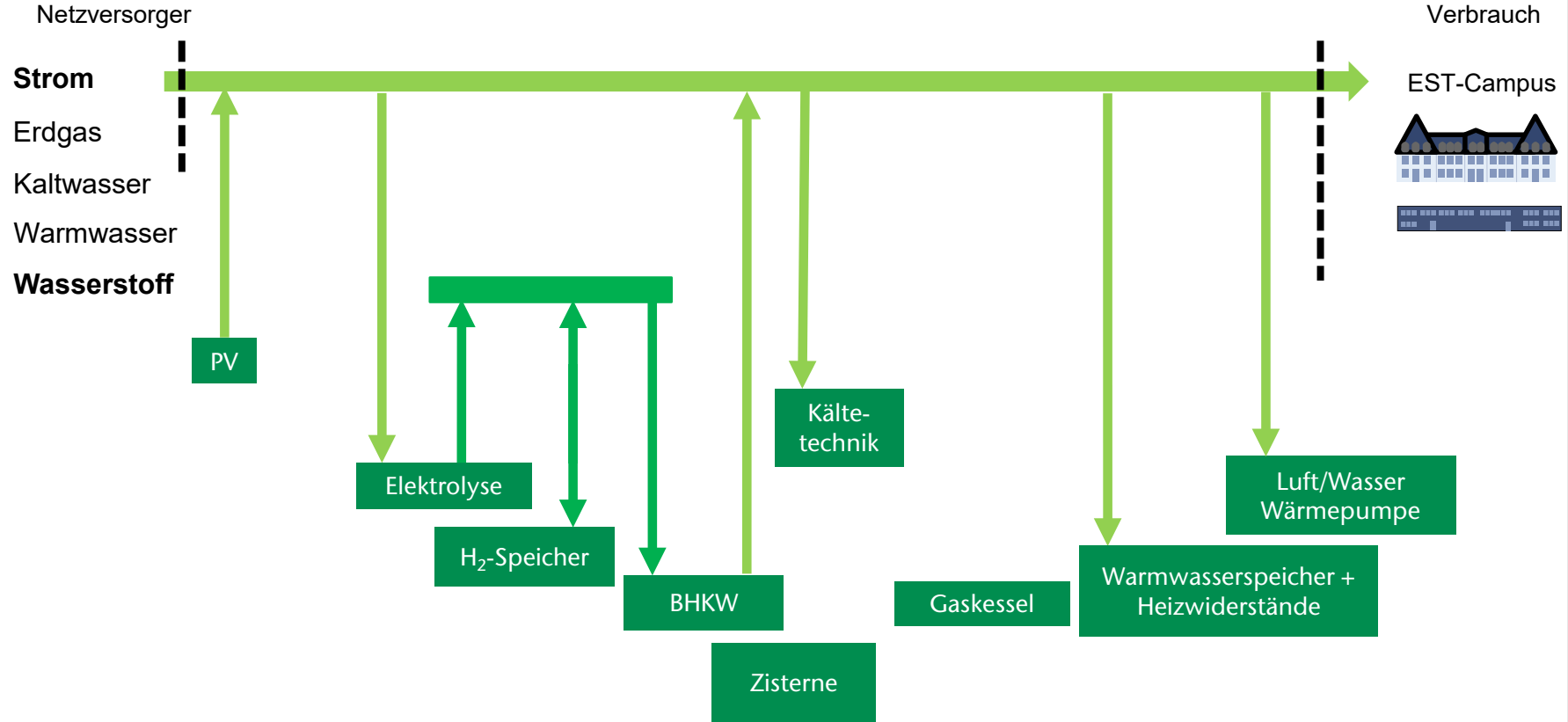
Kältemitteldampf im Kondensator verflüssigt

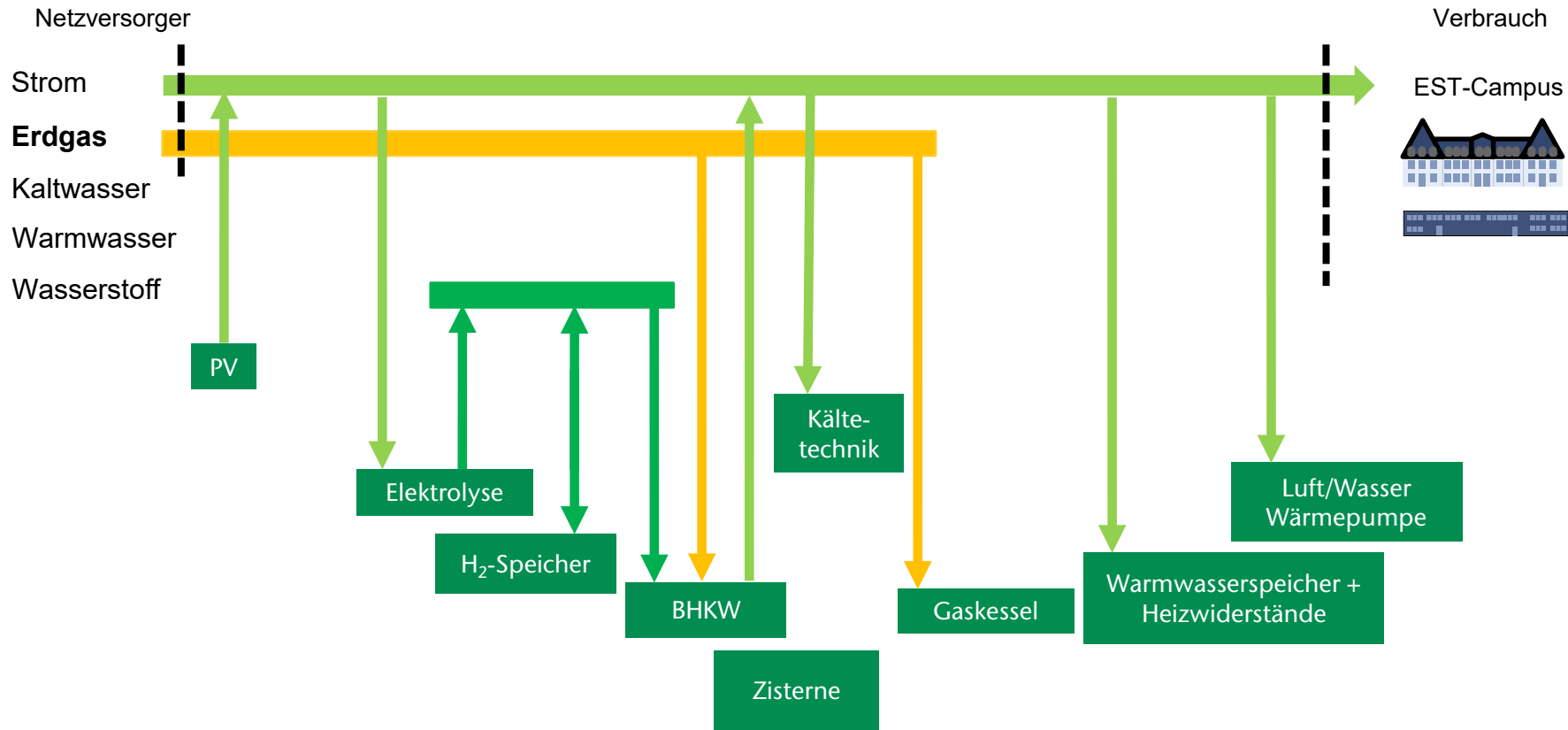


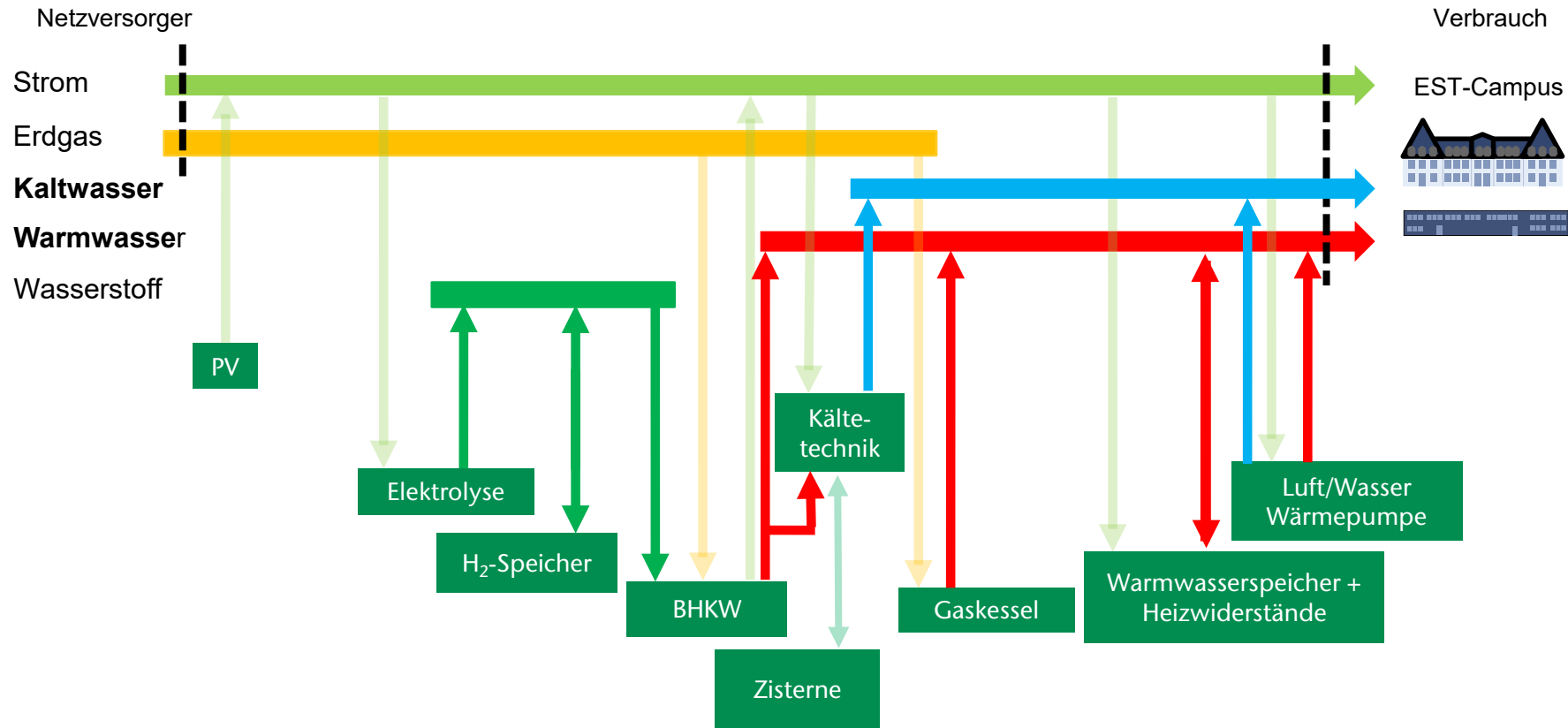
Vernetzung

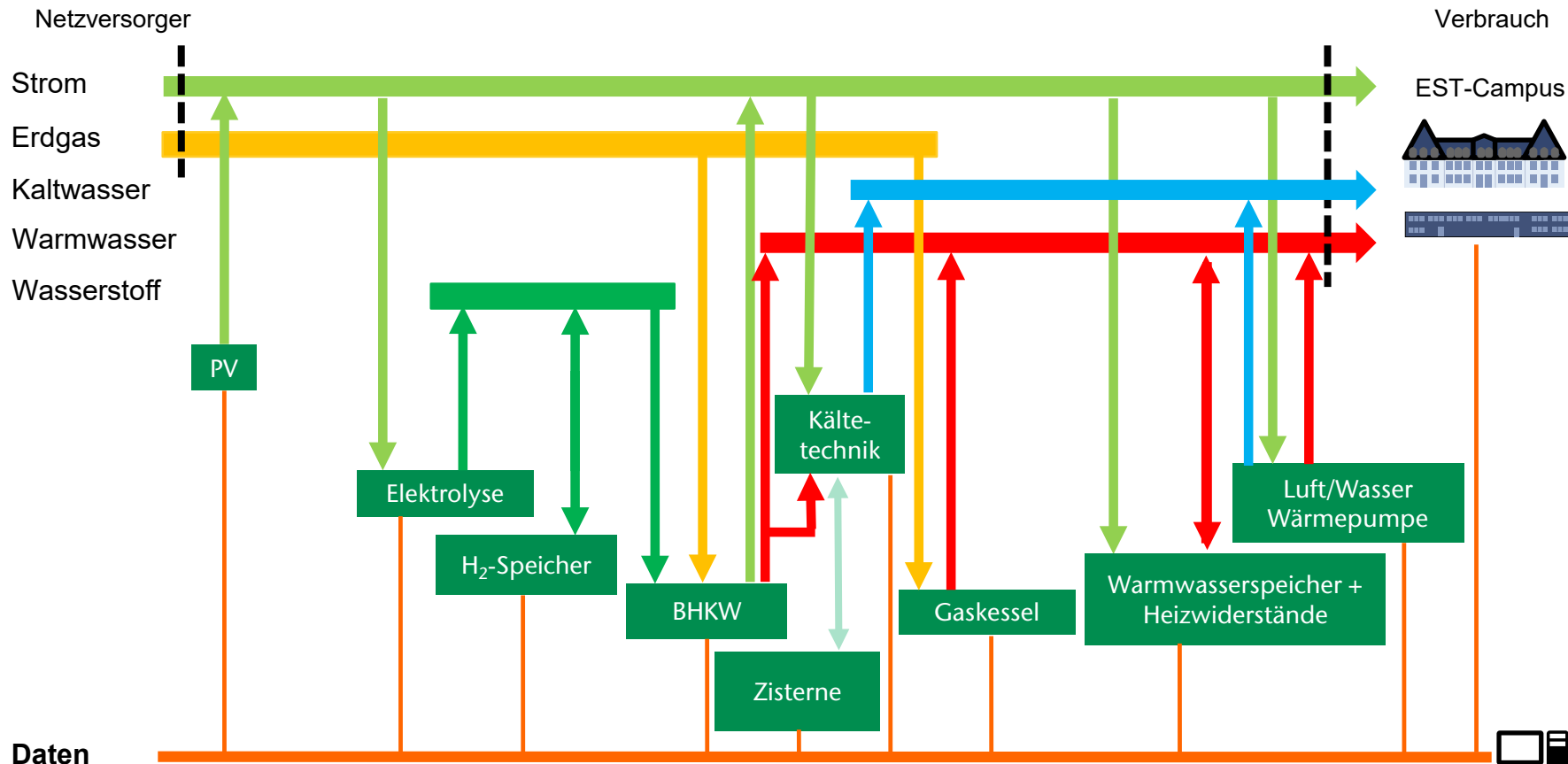
- Komponenten müssen miteinander verbunden werden.
- Jede Komponente hat ihre spezifischen Anforderungen.
- Erdgas, Wasserstoff, Strom, Warmwasser, Kaltwasser und Daten müssen an den jeweiligen Bestimmungsort gelangen.











Regelung der Komponenten

- Von Komponenten, Sensoren und Zählern erhobenen Daten müssen gesammelt und verarbeitet werden.
- Auf Basis dieser Daten muss eine Regelung die Komponenten optimal regeln können.
- Entwicklung des Regelungskonzeptes

zwei Betriebsmodi des Systems: Standardbetrieb und Forschungsbetrieb

Standardbetrieb:

Regelablauf fest (Vorrangsteuerung)

Entwicklung mit Planungsbüro

Forschungsbetrieb:

Regelung flexibel

Eigenentwicklung

Integration weiterer oder alternativer Technologien

Test verschiedener Konzepte

(unter Einhaltung von Grenzwerten)

Wissenschaft

■ Herausforderung:

- Entwicklung optimaler Strategien für einen ressourceneffizienten Betrieb der Forschungsinfrastruktur
- Entwicklung eines Modells, das die komplexen Zusammenhänge abbildet
- Versorgung der Gebäude muss im Forschungsbetrieb gewährleistet bleiben

■ mögliche Folgeprojekte:

- Integration eines Batteriespeichers in das System
- Entwicklung verschiedener Regelkonzepte, z.B. mit Einsatz von KI
- Weitere oder alternative Technologien

■ interdisziplinäre Forschung:

- nachhaltige Energiesysteme, Energieinformatik, Energie- und Rohstoffmanagement, Wirtschaftsingenieurwesen, Verfahrenstechnik etc.

Aktueller Stand

- PV-Anlage ist genehmigt und ausgeschrieben
- Planungsbüro bereitet Ausschreibung für den Wasserstoffspeicher und das BHKW vor

Ausblick

- Realisierung der PV-Anlage bis Ende 2025
- Funktionsfähige Anlage und Regelung bis Ende 2027



TU Clausthal

Vielen Dank



Kofinanziert von der
Europäischen Union



Niedersachsen

für die Förderung durch die Europäische Union und das
Land Niedersachsen (FKZ: ZW7- 87019051)
und das Projektteam am EST

Till Kirchhoff, M. Sc.

Dr. Marina Becker und Dr. Maik Becker

Dr. Springmann

Prof. Turek

Dezernat 4 TU Clausthal

Staatliches Baumanagement Südniedersachsen



**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**

Forschung am EST: Energiegeladen!

