

# Abschlusspräsentation zum Projekt „Energiemanagementsystem für das LVG Köllitsch“ Energiemodellierung & - Bilanzierung durch das Freiberg Institut



Foto: LfULG, LVG Köllitsch Tierhaltungsbereich

**Nancy Kolb** – Customer Experience Engineer – FI Freiberg Institut GmbH

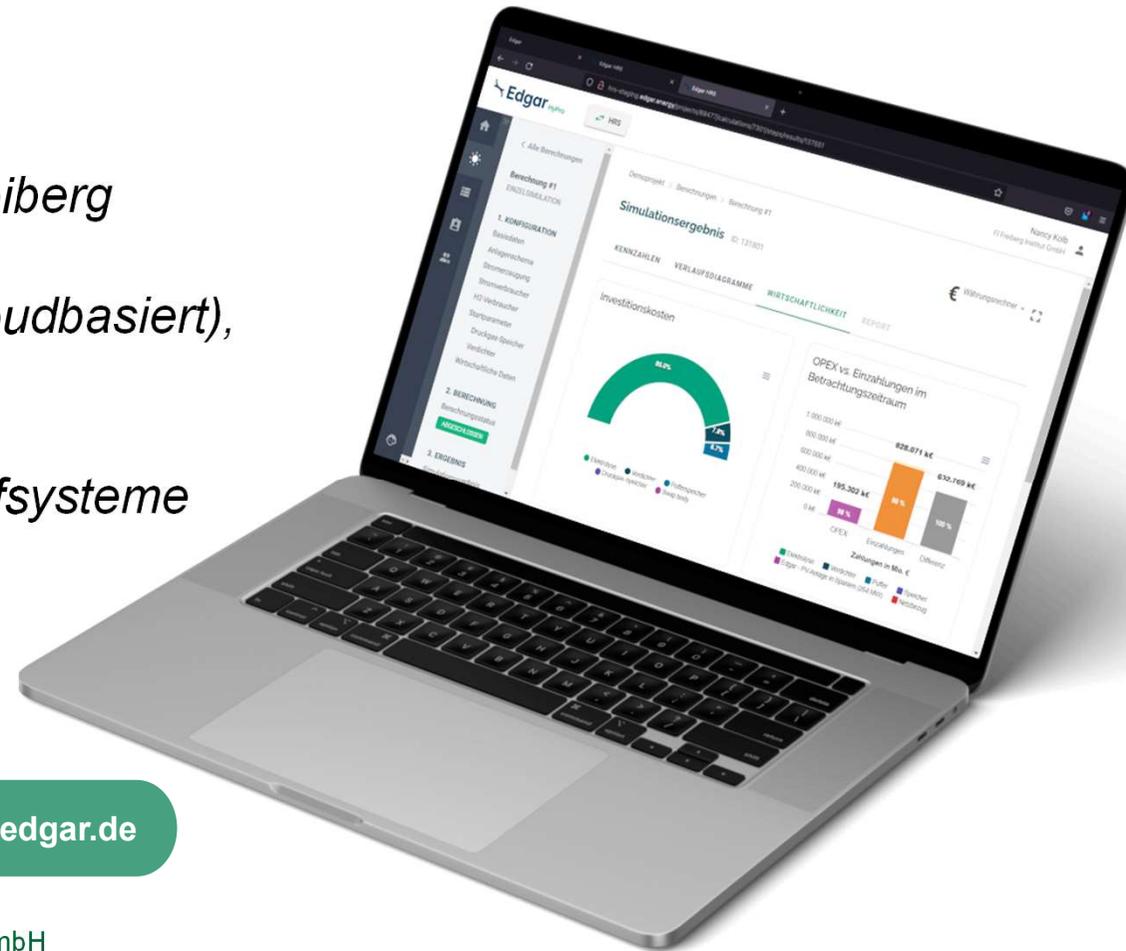
Köllitsch, 18. Juni 2025

Edgar – eine Marke von FI Freiberg Institut GmbH

Edgar macht komplexe Entscheidungen einfacher.

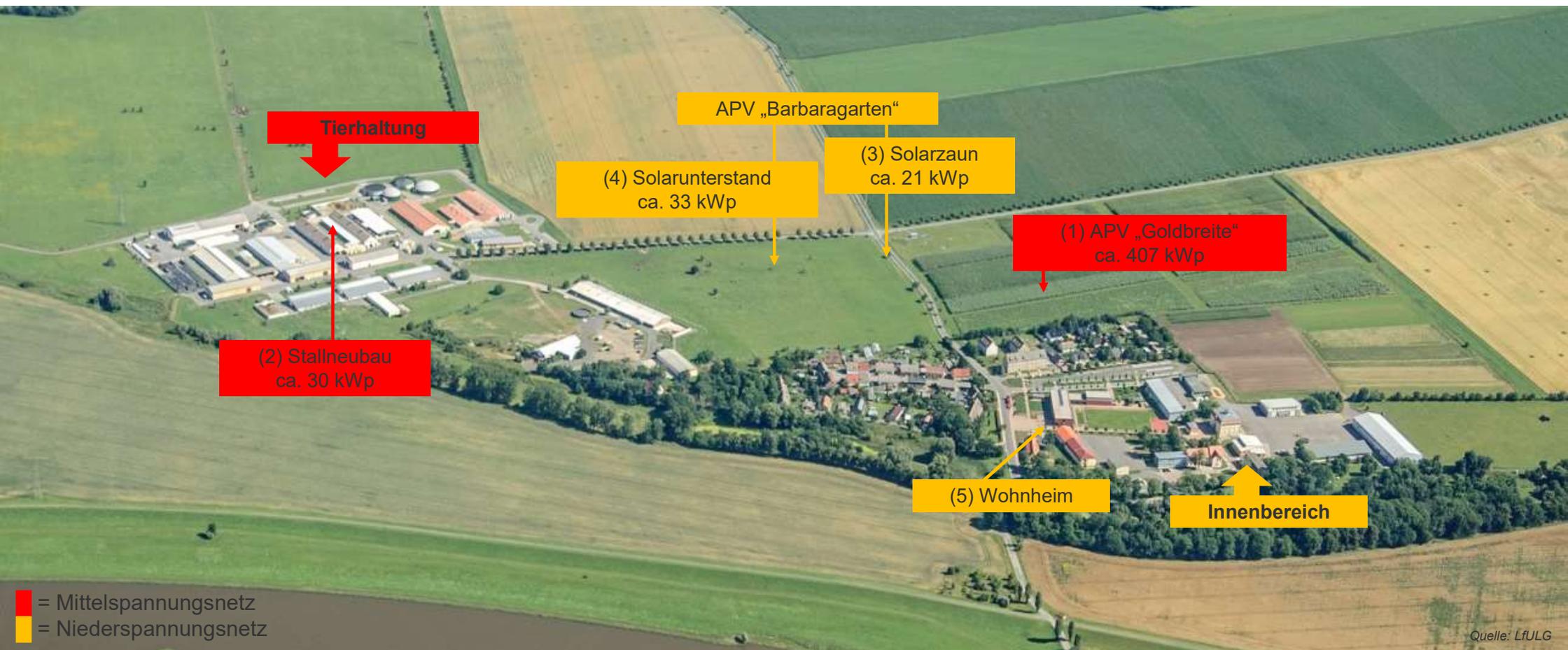
- *Sächsisches Unternehmen mit Sitz in Freiberg*
- *Simulations- & Optimierungssoftware (cloudbasiert), sowie Consultingdienstleistungen*
- *Integrierte Wärme-, Strom- & Wasserstoffsysteme planen*
- *Analyse technischer, wirtschaftlicher & ökologischer Aspekte*

[www.go-edgar.de](http://www.go-edgar.de)



## Projekthintergrund

### Geplante (Agri-)PV-Anlagen





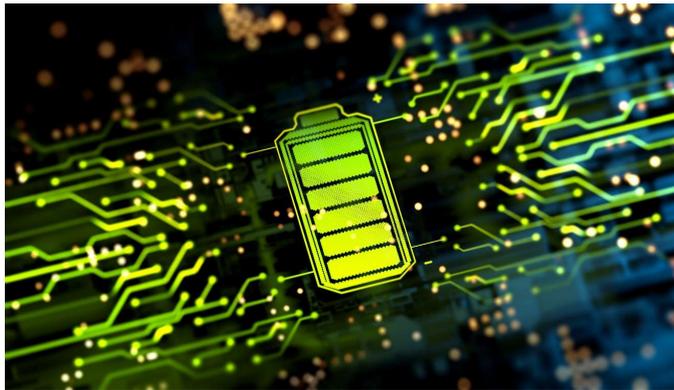
## Projekthintergrund

### Besondere Anforderungen & Zielstellung

- PV-Ausbau, aber keine Einspeisung ins Stromnetz
- Untersuchung Sektorenkopplung Wasserstoff & Wärme
- **Ziele:**
  - Eigenversorgungsanteil erhöhen
  - Vertretbare Investitionskosten

# Projektumsetzung

## Vorgehensweise



1. Stromnutzung verbessern



2. Sektorenkopplung H<sub>2</sub>

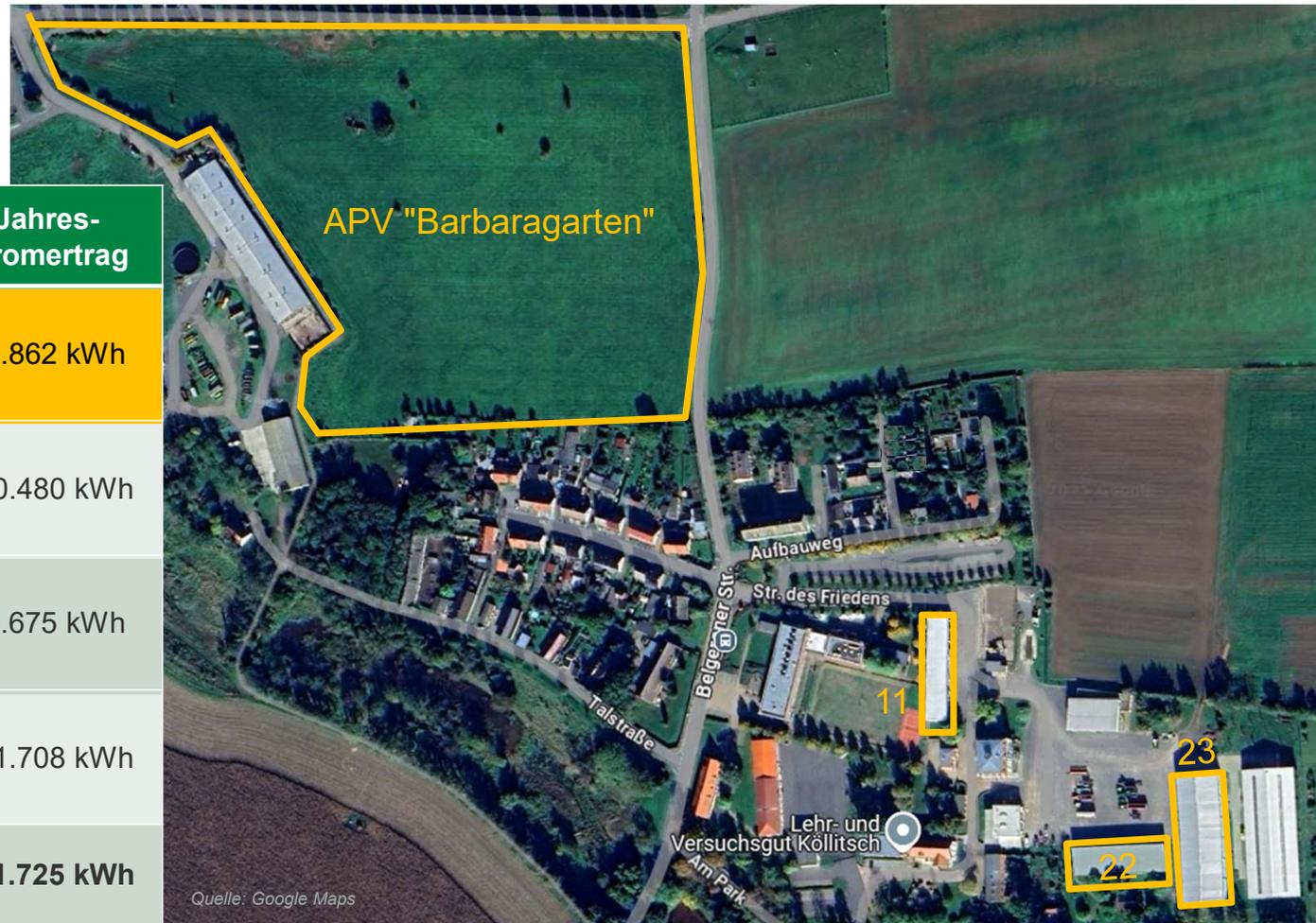


3. Sektorenkopplung Wärme

## Projektumsetzung – Innenbereich

### Übersicht analysierte PV-Anlagen

Gebäude	Ausrichtung & Art	Nennleistung	Jahresstromertrag
APV "Barbaragarten"	Solarzaun & Solarunterstand	54 kWp	58.862 kWh
11 – Garage & Holzschnitzelheizung	Süd, Pultdach ab 2030	143 kWp	130.480 kWh
22 – Unterstellhalle Landtechnik	Süd, Pultdach ab 2030	86 kWp	90.675 kWh
23 – Landtechnikhalle	Ost/West, Satteldach ab 2030	294 kWp	281.708 kWh
<b>Summe bei Vollausbau</b>		<b>577 kWp</b>	<b>561.725 kWh</b>



## Projektumsetzung – **Innenbereich**

### Analyse Batteriespeicherkapazität & Stromverbrauch

#### Batteriespeicherkapazitäten

- 32 kWh (1x Standard-Referenzmodul)
- 64 kWh (2x Standard-Referenzmodul)
- 164 kWh (1x Standard-Referenzmodul – ab 2030)
- 328 kWh (2x Standard-Referenzmodul – ab 2030)



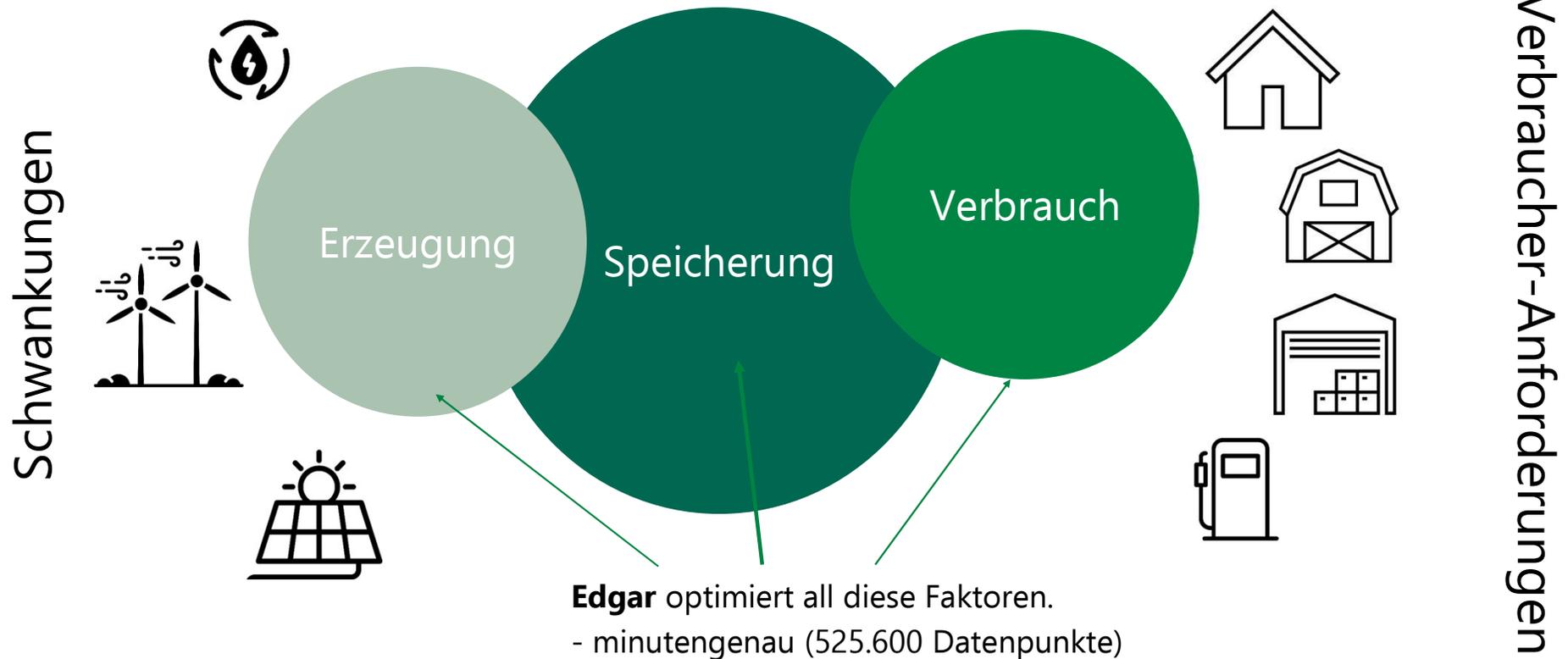
#### Stromverbrauch

- Lastgang 2021: 230.253 kWh → Best Case = höchster Stromverbrauch
- Lastgang 2022: 228.773 kWh
- Lastgang 2023: 225.678 kWh



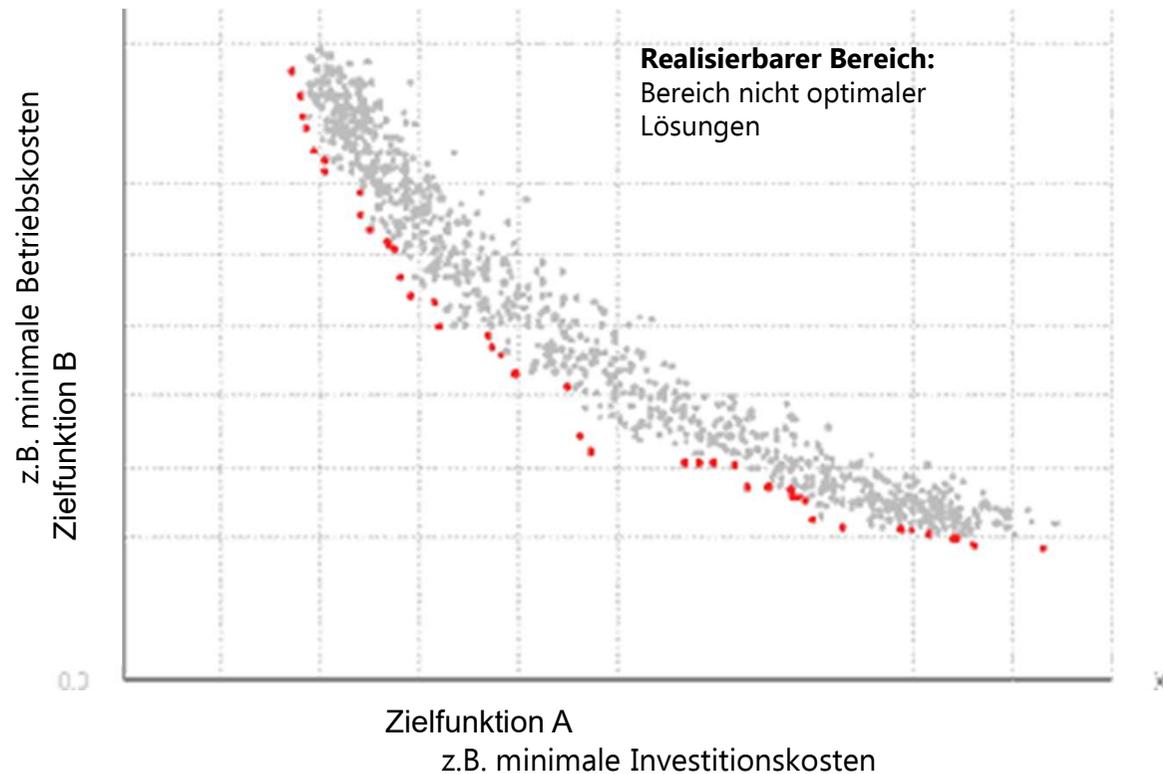
## Projektumsetzung

### Edgar Methodik



## Projektumsetzung

### Edgar Methodik – Funktionsweise der Mehrzieloptimierung

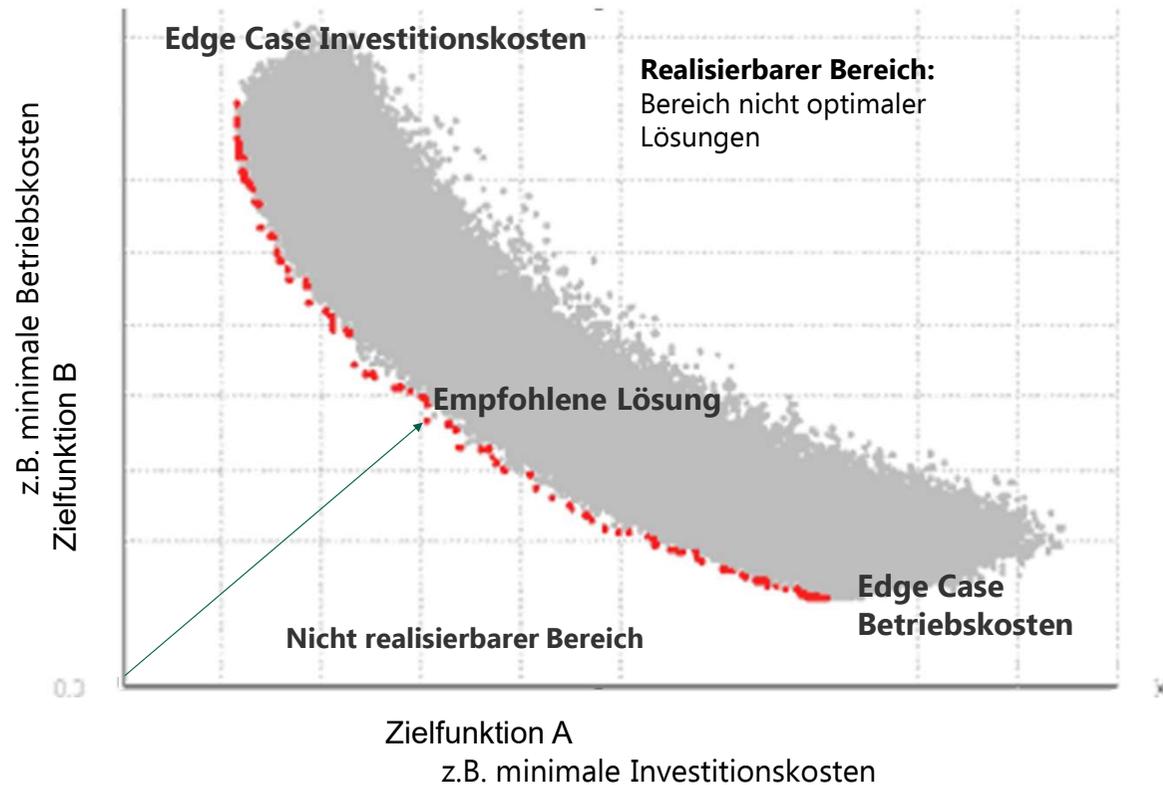


- Einzelnes Simulationsergebnis
- Beste Lösung

Innerhalb weniger Minuten  
berechnet der **evolutionäre  
Optimierungsalgorithmus** mehr  
als 10.000 Simulationen.

## Projektumsetzung

### Edgar Methodik – Funktionsweise der Mehrzieloptimierung



- Einzelnes Simulationsergebnis
- Beste Lösung

Innerhalb weniger Minuten  
berechnet der **evolutionäre  
Optimierungsalgorithmus** mehr  
als 10.000 Simulationen.

**14 Optimierungsziele zur  
Auswahl:**

- **technische**,
- **wirtschaftliche** und
- **ökologische** Aspekte



## Projektumsetzung – Innenbereich

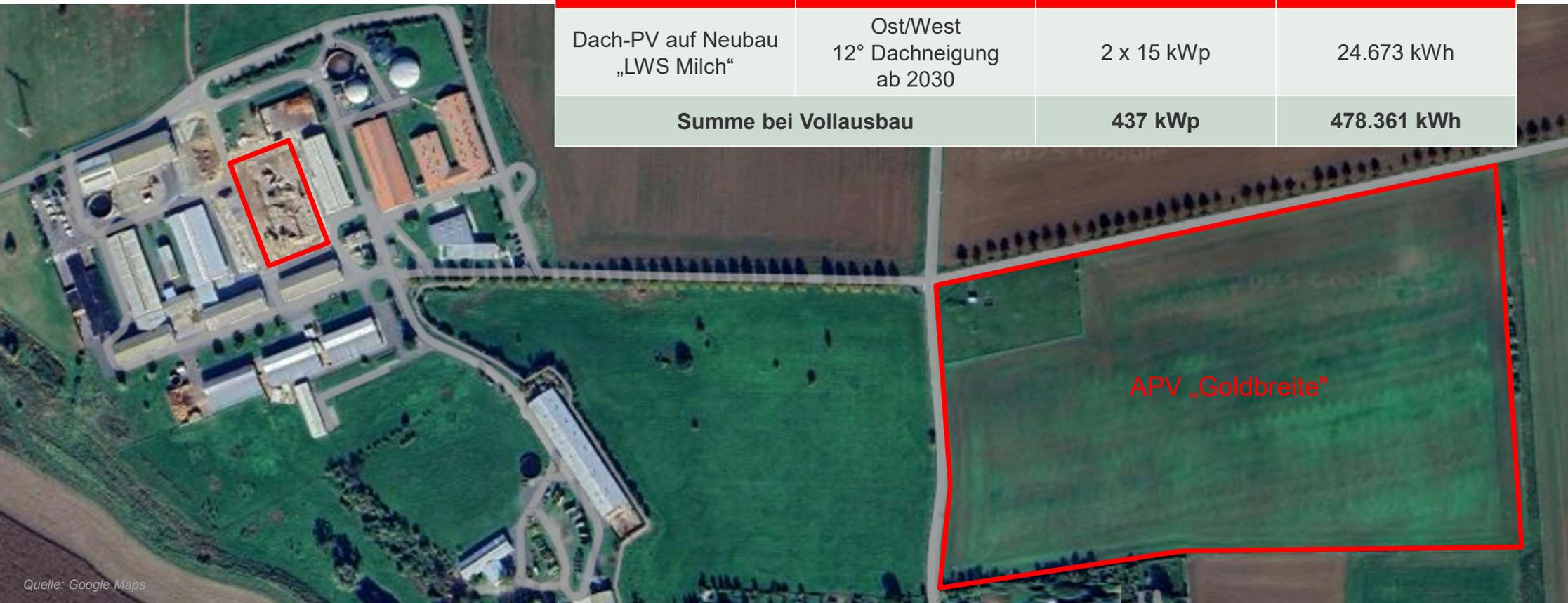
### Ergebnis - Stromspeicherung

- **Nach Installation APV "Barbaragarten" (54 kWp) in 2025 inkl. 32 kWh Batteriespeicher:**
  - Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage = 97 %
  - Eigendeckung durch das PV-Batterie-System = 25 %
  - Abgeregelter Anteil bei 3,5 % ca. 2.000 kWh/a
- → Installation zusätzlicher Anlagentechnik lohnt sich nicht = keine Sektorenkopplung

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Übersicht analysierte PV-Anlagen

PV-Anlage	Ausrichtung & Art	Nennleistung	Jahresstromertrag
APV "Goldbreite"	75m lange Reihen mit 9 bzw. 11m Abstand	407 kWp	453.688 kWh
Dach-PV auf Neubau „LWS Milch“	Ost/West 12° Dachneigung ab 2030	2 x 15 kWp	24.673 kWh
<b>Summe bei Vollausbau</b>		<b>437 kWp</b>	<b>478.361 kWh</b>



## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Analyse Batteriespeicherkapazität & Stromverbrauch

#### Batteriespeicherkapazitäten



- 164 kWh (1x Standard-Referenzmodul)
- 328 kWh (2x Standard-Referenzmodul)
- 492 kWh (3x Standard-Referenzmodul – ab 2030)
- 656 kWh (4x Standard-Referenzmodul – ab 2030)

#### Stromverbrauch

- Lastgang 2021: 813.237 kWh → Best Case = höchster Stromverbrauch
- Lastgang 2022: 798.688 kWh
- Lastgang 2023: 721.417 kWh



#### Zukünftige Stromverbrauchsprofile ab 2030:

- Erntegut-Trocknung (11kW): 4.225 kWh (Mo-Fr 8-16 Uhr)
- Gülle Separations-Anlage (11 kW): 2.288 kWh (Mi 10-14 Uhr)
- Nährstoff-Trennung (11 kW): 4.576 kWh
- E-Hoflader (6 kW): 7.366 kWh
- Summe (39 kW): 18.454 kWh → + 2,5 %**



## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Ergebnis - Stromspeicherung

- **Status Quo** - APV „Goldbreite“ (407 kWp) inkl. 164 kWh Batteriespeicher:
  - Eigenverbrauchsanteil der PV-Anlage 71 %
  - Eigendeckungsgrad 39,8 % & Stromzukauf 60,2 %
- **Zukunftsausblick** - Zunächst Erhöhung auf 328 kWh-Batterie empfohlen → Eigenverbrauchsanteil steigt auf 79 %
- Erhöhung auf 3 oder 4 Batterieeinheiten (492 oder 656 kWh) nicht zu empfehlen → Abnehmender Grenznutzen (Steigerung genutzten PV-Anteil nur um 5 bzw. 3 % bei höheren Kosten)

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wasserstoff – Vorteile Wasserstoffproduktion



#### Bei Rückverstromung über H<sub>2</sub>-Brennstoffzelle:

- Eigenverbrauchsquote noch weiter erhöhen
- Langfristige Speicheroption der erneuerbaren Energie
- Abwärme für Sektorenkopplung Wärme
- → größerer Batteriespeicher vorteilhaft



#### Bei Nutzung im Mobilitätssektor:

- Emissionsfreier Kraftstoff
- → kleinerer Batteriespeicher vorteilhaft

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wasserstoff – potenzielle Produktionsmenge

	26 kW Elektrolyseur	91 kW Elektrolyseur	260 kW Elektrolyseur
<b>Jährliche H<sub>2</sub>-Produktion</b>	0,68 t	1,96 t	2,86 t
<b>Wasserstoffgestehungskosten (LCOH) mit direkter Abnahme durch H<sub>2</sub>-Verbraucher</b>	6,02 €/kg	7,05 €/kg	13,78 €/kg
<b>Genutzte Energiemenge (Netzeinspeisung)</b>	38,26 MWh (25 %)	109,6 MWh (71 %)	152,74 MWh (98 %)
<b>Volllaststunden pro Jahr</b>	1.474 h	1.221 h	625 h
<b>Auslastung Elektrolyseur</b>	17 %	14 %	7 %
<b>Anzahl Betankungen mit 40 kg</b>	17 Betankungen	49 Betankungen	72 Betankungen
<b>pot. Rückverstromung</b>	17.419 kWh <sub>el</sub>	50.209 kWh <sub>el</sub>	73.245 kWh <sub>el</sub>



## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wasserstoff - Mobilität

- Bei Maximalausbau 260 kW Elektrolyseur nur 72 Betankungen á 40 kg H<sub>2</sub> pro Jahr
- Erzeugte Menge Wasserstoff in der Größenordnung nicht praxistauglich für flächendeckende landwirtschaftliche Nutzung
- Für wirtschaftlichen Betrieb einer Wasserstofftankstelle wäre eine deutlich höhere Anzahl an Fahrzeugen & Betankungen erforderlich
- Investitionskosten für Wasserstofftankstelleninfrastruktur in der Größenordnung von > 1 Million €

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wasserstoff - Rückverstromung

#### Praxisanwendung:

- kein unendlicher Verbraucher wie in Potentialbetrachtung
- Batteriespeichervolumen auf 328 kWh festgelegt
- Sorgfältige Abstimmung zwischen Elektrolyseurleistung, H<sub>2</sub>-Speicherkapazität & Brennstoffzellenleistung
- Minimaldimensionierung der Elektrolyse bei 26 kW in Abstufung bis 100 kW

#### Anwendungsfall 1: kurzfristige Speicherung für Nachtstunden

- Pufferspeicher mit 0,85 m<sup>3</sup> Behältervolumen pro Einheit bei 84 kW Brennstoffzelle

#### Anwendungsfall 2: Saisonale Speicherung über mehrere Monate hinweg

- Kompensation geringe PV-Erträge im Winter
- Großbehälterspeicher mit 124 m<sup>3</sup> Behältervolumen pro Einheit in Verbindung mit 8 kW Brennstoffzelle → 84 kW Brennstoffzelle lohnt sich nicht, weil schon nach 10 Tagen leer



Quelle: <https://2-g.com/de/referenzen/gruene-wasserstoff-wird-ruckverstromt-cs396>

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wasserstoff – Rückverstromung

Variante	Minimale Demonstrationsanlage mit <b>saisonal</b> er Speicherung	Maximale Dimensionierung des Elektrolyseurs bei Verwendung eines Großbehälterspeichers bei <b>regelmäßigem</b> Verbrauch des Wasserstoffs	Optimale Dimensionierung der Brennstoffzelle und der Pufferspeicher bei <b>regelmäßigem</b> Verbrauch des Wasserstoffs bei 100 kW Elektrolyse
<b>Elektrolyseur</b>	<b>26 kW</b>	60 kW	100 kW
<b>H<sub>2</sub>-Gasspeicher</b>	1x Großbehälter 124 m <sup>3</sup>	<b>1x Großbehälter 124 m<sup>3</sup></b>	12x Pufferspeicher 0,85 m <sup>3</sup>
<b>Brennstoffzelle</b>	8 kW	8 kW	<b>84 kW</b>
<b>LCOH</b>	47,85 €/kg	21,73 €/kg	18,86 €/kg
<b>H<sub>2</sub>-Produktionsmenge</b>	0,36 t	1,01 t	1,57 t
<b>Nutzungsgrad Überstromangebot</b>	17 % = 20,1 MWh	48 % = 57,4 MWh	73 % = 88,3 MWh
<b>Deckungsgrad residualer Netzbezug</b>	2 % = 5,2 MWh	4 % = 15 MWh	6,5 % = 25 MWh



## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wärme

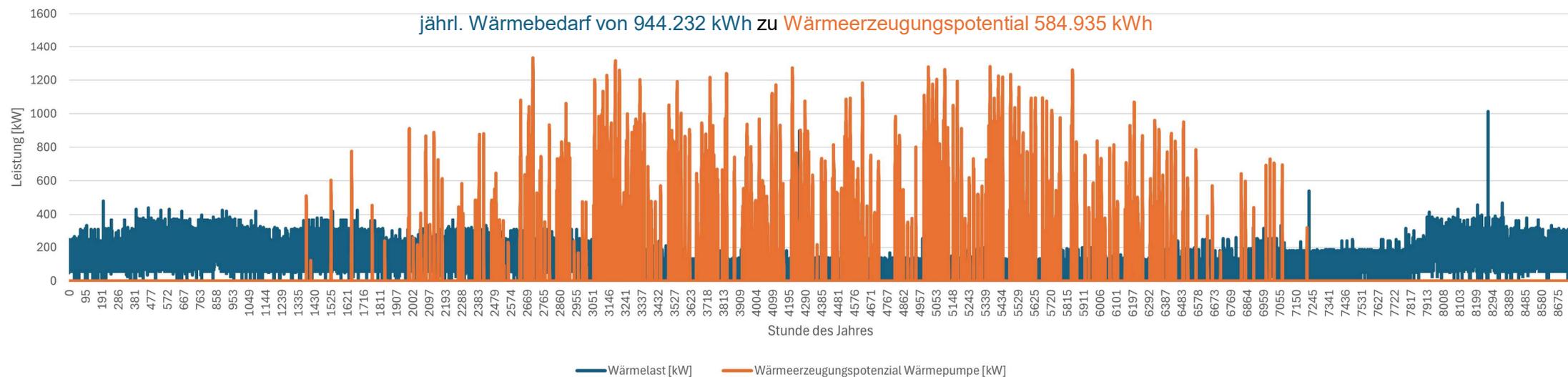
- **Wärmeerzeugung aus Überschussstrom analysiert** (zusätzlich benötigte Wärme kann über Biogas-BHKW, Pelletkessel, Gaskessel oder die Abwärmepotenziale von Elektrolyse sowie Brennstoffzellen-BHKW erfolgen)
- Wärmelastgang nur **geringe saisonale Schwankung**, weil z.B. der Schweinestall ganzjährig beheizt wird & der Fermenter der Biogasanlage ganzjährig zumindest in Teillast läuft
- **2 Varianten:** Wärmeerzeugung mittels Heizstab (1:1) oder Wärmepumpe (Faktor 4 bis 5:1)
- Analyse: Wie groß muss der Wärmespeicher sein?

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wärme – Wärme über Wärmepumpe

Variante 2.1 (Agri-PV Goldbreite + PV LWS Milch mit insgesamt 328kWh Batteriespeicher)

jährl. Wärmebedarf von 944.232 kWh zu Wärmeezeugungspotential 584.935 kWh



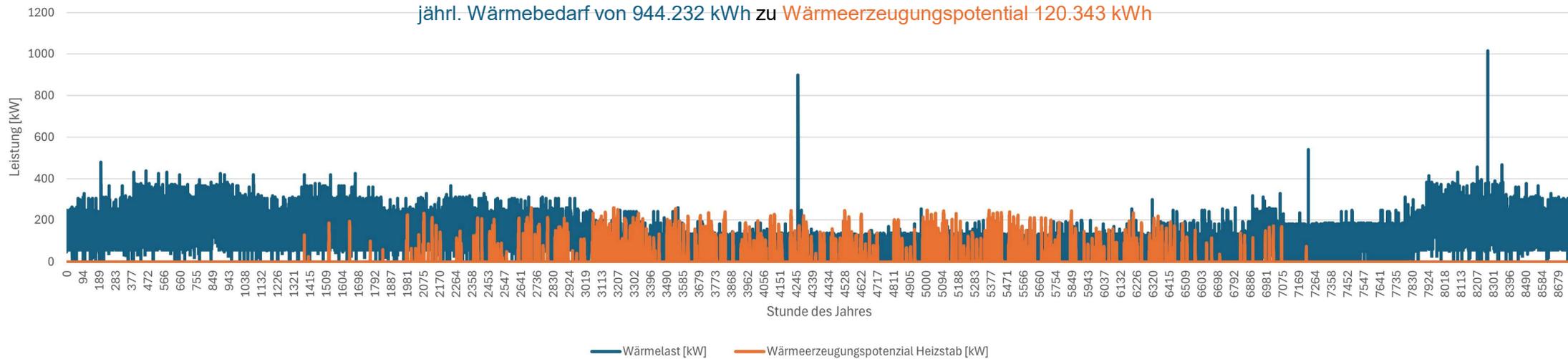
- Bei Wärmepumpe großer saisonaler Wärmespeicher erforderlich → Speicherung von 420.000 kWh → Wasservolumen von ca. 12.000 m<sup>3</sup> erforderlich
- **Erdbeckenspeicher für saisonale Speicherung:** Tiefgreifende Baumaßnahme mit erheblichem Platzbedarf & Kosten
- **Oberirdische Tanks:** Zylindrische Pufferspeicher mit 4m Durchmesser & 15 m Höhe → 58.699 kWh = 12,3 % des Überschussstrom aus PV verbleiben → verfügbarer Überschussstrom nur ca. die Hälfte in den Wärmepumpen genutzt & nur geringe Nutzungsdauer → Investitionskosten unrentabler

## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung Wärme – Wärme über Heizstab oder Elektrodenkessel

Variante 2.1 (Agri-PV Goldbreite + PV LWS Milch mit insgesamt 328 kWh Batteriespeicher) - Wärmelast und Wärmeerzeugung Heizstab

jährl. Wärmebedarf von 944.232 kWh zu Wärmeerzeugungspotential 120.343 kWh



- Wärmespeicherkapazität von 3.014 kWh für vollständige Nutzung des Überstromangebots
- **Empfehlung:** 1.800 kWh Wärmespeicherkapazität – Abregelung < 1% - 40 m<sup>3</sup>-Speicher ausreichend (3 m Durchmesser & 8 m Höhe inkl. Dämmung)
- maximale Leistung des Heizstabs bei 260 kW<sub>el</sub> bzw. 300 kW<sub>el</sub>



## Projektumsetzung – Tierhaltungsbereich

### Sektorenkopplung mit Wasserstoff & Wärme - Ergebnis

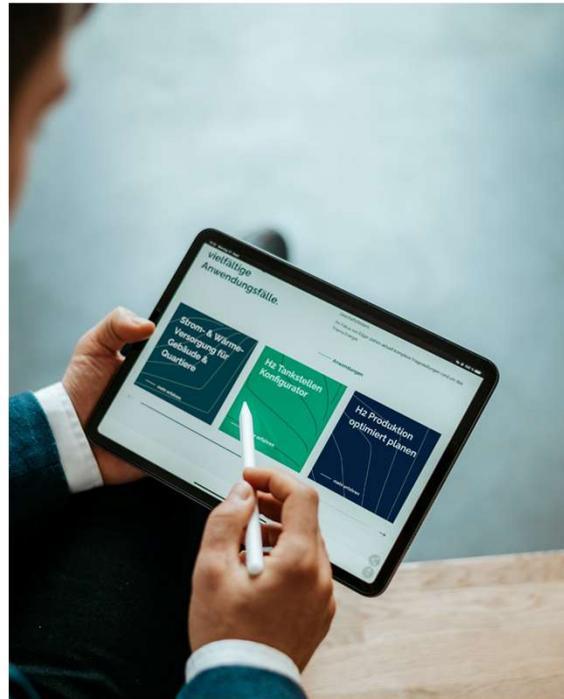
- *Installation der APV "Goldbreite" mit 407 kWp PV-Erzeugung und 164 kWh Batteriespeicher (in Umsetzung)*
- *Installation von 30 kWp PV im Zuge des Neubaus LWS Milch (in Planung)*
- Erweiterung des Batteriespeichers von 164 kWh auf 328 kWh
- Installation eines Wärmespeichers von ca. 40 m<sup>3</sup> Nutzvolumen in direkter Nähe der zentralen Versorgungsanlage II und Installation von Heizstäben mit ca. 300 kW regelbarer Leistung, zum Beispiel als 3x100 kW
- Installation eines EMS zum Monitoring der Stromerzeugung, des Verbrauchs und zur Steuerung der flexiblen Stromlasten (insbesondere Heizstäbe)
- Optional: Installation einer Wasserstoff-Demonstrationsanlage aus 26 kW Elektrolyseur, Wasserstoff-Großbehälterspeicher und 8 kW Brennstoffzelle
- Um 2029/2030: Vergrößerung des BHKW auf 150 kW elektrisch und Umstellung auf Eigennutzung mit stromgeführtem Betrieb

## Fazit

### Verringerung der Einspeisemenge

#### Nutzungsreihenfolge des PV-Stroms

- 1. Direktnutzung als elektrische Energie
- 2. Einspeicherung in Batteriespeicher zur späteren Entnahme als elektrische Energie
- 3. Erzeugung von Wasserstoff über die Elektrolyse
- 4. Erzeugung von Wärme über Heizstäbe oder Elektrodenkessel
- 5. Geringfügige, nicht nutzbare Erzeugungspotenziale von PV-Strom müssen abgeregelt werden, solange sie aus rechtlichen Gründen nicht ins Stromnetz eingespeist werden dürfen.



#### Stromversorgung des Tierhaltungsbereichs erfolgt bei Vollausbau in dieser Reihenfolge:

- 1. Direktnutzung der PV-Erzeugung
- 2. Ausspeicherung aus Batteriespeicher
- 3. Rückverstromung von Wasserstoff in der Brennstoffzelle
- 4. Stromerzeugung des BHKW (ab 2030 bei regulatorischen Rahmenbedingungen, die Eigenverbrauch ermöglichen)
- 5. Netzbezug

Sie haben ein spannendes Projekt & benötigen die Unterstützung von Edgar?

Kontaktieren Sie uns mit Ihrem Anliegen!

LANDESAMT FÜR UMWELT,  
LANDWIRTSCHAFT  
UND GEOLOGIE



**FI Freiberg Institut für Energie-  
und Klimaökonomie GmbH**

Roter Weg 41/43  
D-09599 Freiberg

Tel +49 152 0413 3276  
mail@freiberg-institut.de  
www.go-edgar.de