

# Sonnenhitze statt Gas: Solar getriebene Energieversorgungskonzepte für die Keramikindustrie

Stefano Giuliano<sup>1</sup>, Martin Bolten<sup>1</sup>, Giuseppe Noto<sup>2</sup>, Kristina Rausch<sup>2</sup>, Gerhard Seifert<sup>3</sup>, Heiko Ziebold<sup>3</sup>

<sup>1</sup> DLR Institut für Solarforschung, <sup>2</sup> Villeroy & Boch, <sup>3</sup> Fraunhofer HTL

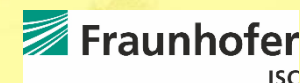
Zukunftsforum Keramik - Wissenschaft und Wirtschaft Hand in Hand, 25.02.2026, Bayreuth

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



# Agenda

- Das DLR und das Institut für Solarforschung
- Motivation und Überblick über das Projekt SOLENKE
- Konzepte, Randbedingungen und Methodik
- Ergebnisse
- Schlussfolgerungen



# Das DLR und das Institut für Solarforschung

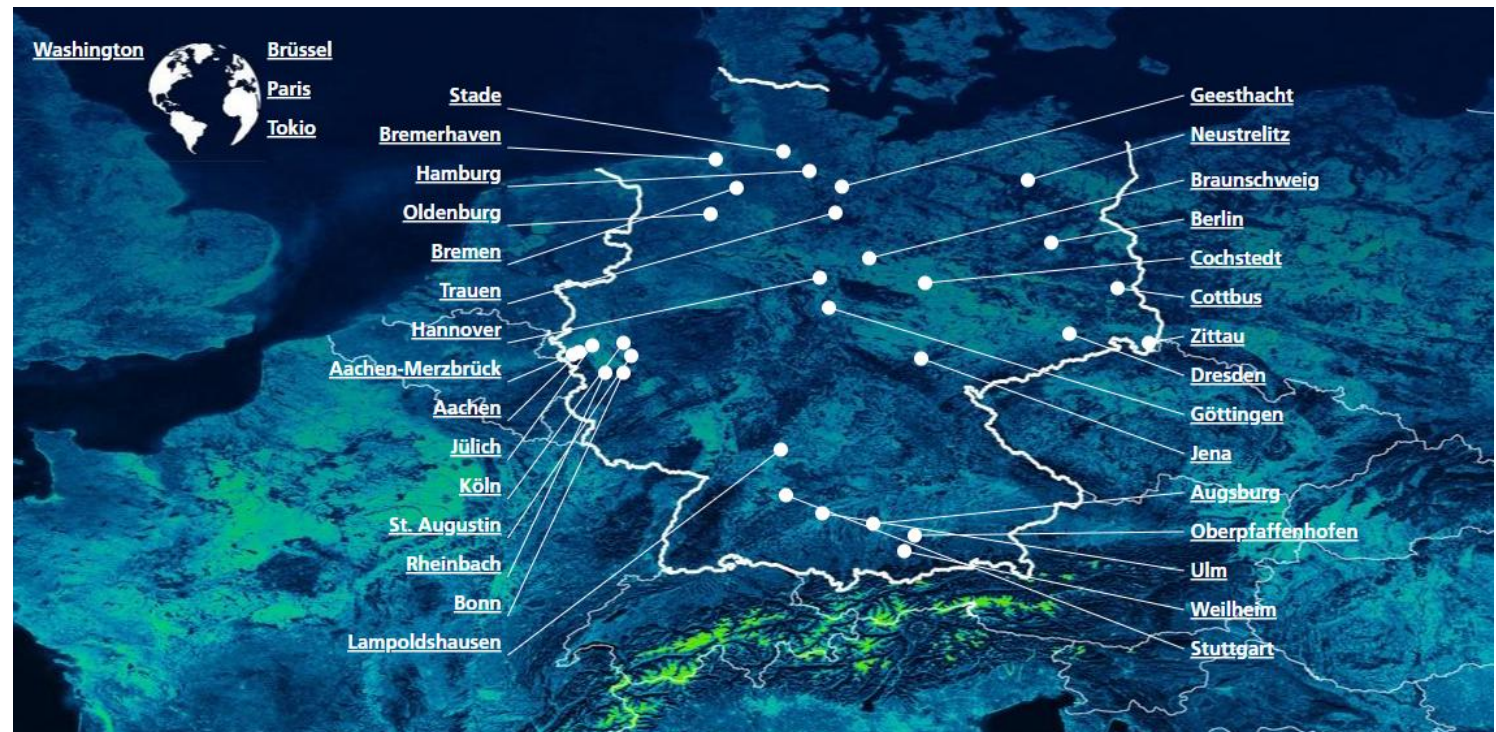
# Überblick DLR - Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

## Forschungszentrum + Raumfahrtagentur + Projektträger



Global wandeln sich Klima, Mobilität und Technologie. Das DLR nutzt das Know-how **seiner 55 Institute und Einrichtungen**, um Lösungen für diese Herausforderungen zu entwickeln. Unsere **10.000 Mitarbeitenden** haben eine gemeinsame Mission: Wir erforschen Erde und Weltall und **entwickeln Technologien für eine nachhaltige Zukunft**. So tragen wir dazu bei, den Wissens- und **Wirtschaftsstandort Deutschland zu stärken**. Unsere **Forschungsgebiete an über 30 Standorten** in Deutschland und weltweit sind:

- Luftfahrt
- Raumfahrt
- **Energie**
- Verkehr
- Sicherheit
- Digitalisierung



### Strom



#### Konzentrierende Solarsysteme

- Technologien für 3. Generation
- Nachweis im Gesamtsystem
- Autonomer Betrieb

### Wärme



#### Versorgung der Industrie

- **Referenzkonzepte für die Wärmeversorgung von Industrieanlagen**
- **Detaillierte Auslegungs- und Betriebsoptimierung**
- Kollektorkonzepte mit besserer Flächennutzung

### Chemische Energieträger



#### Defossilisierung der Chemieindustrie

- **Auf Nachhaltigkeit optimierte Prozessführung**
- Mess-, Steuerung- und Regelung hybrider Erzeugungsanlagen

### Energiesystem



#### Ressourcen und Bedarfe

- Nowcasting Systeme für die Prognose der dezentralen Netzeinspeisung
- Methoden und Sensorik zur multi-kriteriellen Technikbewertung für Gebäude und Quartiere

**Wir bringen angewandte Forschung in die Umsetzung – zur resilienten Versorgung industrieller Produktionsanlagen mit nachhaltiger Prozesswärme und erneuerbarem Strom.**

- **Defossilisierung von Produkten & Prozessschritten**  
Elektrifizierung und Entwicklung neuer Produktionsverfahren, techno-ökonomische Machbarkeitsstudien
- **Konzeption & Betrieb von Versuchsanlagen**  
Scale-up aus dem Labor- in den Großanlagenmaßstab
- **Prozessintegration durch digitale Zwillinge**  
Thermodynamische Auslegung, dynamische Anlagenmodelle, vorhersagegestützte Betriebskonzepte



# Motivation und Überblick über das Projekt SOLENKE

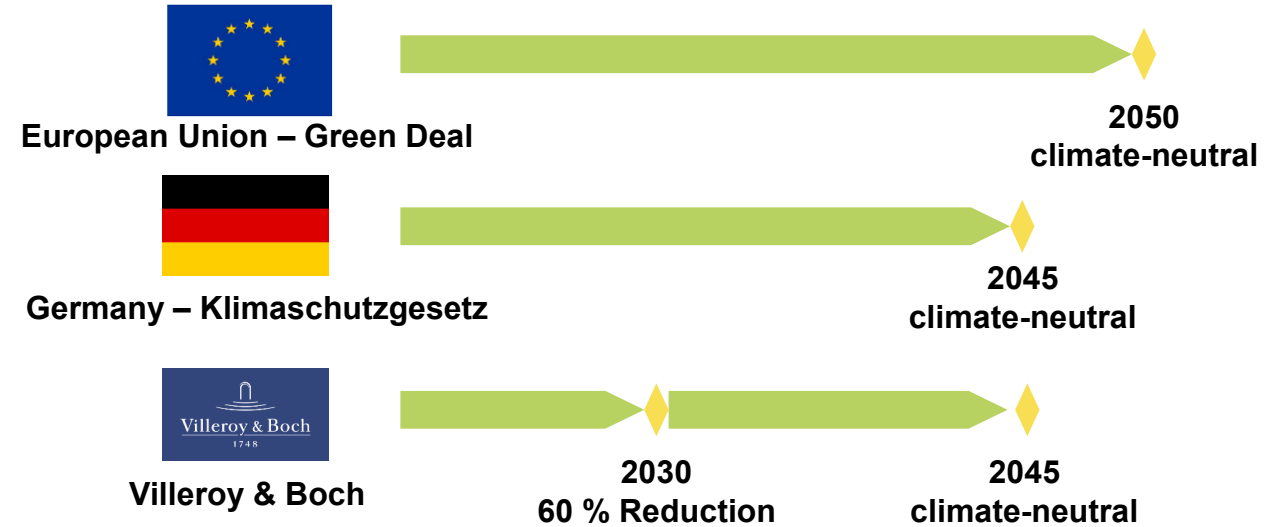
# Motivation

## Villeroy & Boch - Keramikindustrie

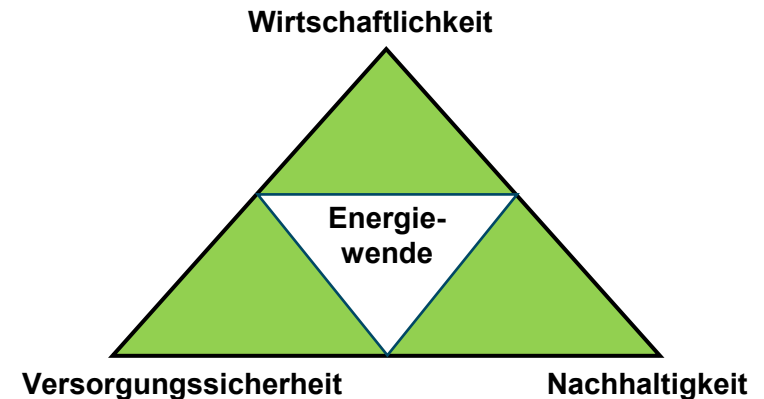


source: V&B

## CO<sub>2eq</sub> Roadmaps Stakeholders



## Trilemma der Energiepolitik



# SOLENKE – Projekt Übersicht

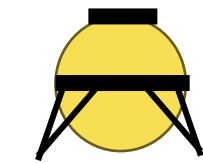


- Gesamtziel: **Entwicklung und Demonstration einer CO<sub>2</sub>-freien Wärmeerzeugung für die Keramikindustrie** durch Elektrifizierung (Power-to-Heat und thermische Speicher), Solarthermie und den Einsatz CO<sub>2</sub>-freier Brennstoffe.
- Um die Projektrisiken zu minimieren, wurden **2 Phasen** definiert:
  - Phase 1: **Nachweis der technisch-wirtschaftlichen Machbarkeit** → im Abschluss
  - Phase 2: Demonstration → in Vorbereitung, Finanzierung erforderlich
- Phase 1: **verschiedene Konzepte** zur Nutzung erneuerbarer Energiequellen **entwickelt und analysiert**, auf Grundlage von **solar getriebenen Energieversorgungskonzepten mit Speichern** und **anderen innovativen Technologien** (H<sub>2</sub>, Elektrifizierung,..).
- Schwerpunkt: Sicherstellung der **kurzfristigen Umsetzbarkeit** und **Finanzierbarkeit** trotz des innovativen Einsatzes von Technologie.
- **Hauptziele für die Energieversorgung** sind **CO<sub>2</sub>-Neutralität**, **Versorgungssicherheit**, **Wirtschaftlichkeit** und eine gute Planungssicherheit für die Zukunft (**Resilienz**).

|                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vorhaben                                                                                                                                                          | SOLENKE<br><i>Solar getriebene Energieversorgungskonzepte für die Keramikindustrie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Partner                                                                                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"><li>• Villeroy &amp; Boch AG (V&amp;B)</li><li>• Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. Institut für Solarforschung (DLR)</li><li>• Fraunhofer - Institut für Silicatiforschung ISC Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL (HTL)</li><li>• Bundesverband Keramische Industrie e.V. (BVKI) als assoziierter Partner</li></ul> |
| Laufzeit:                                                                                                                                                         | 01.01.2024 bis 31.03.2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Förderung                                                                                                                                                         | 03EN6038A/ B/ C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Gefördert durch:                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz-Gemeinschaft |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  <b>Fraunhofer</b><br>ISC                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

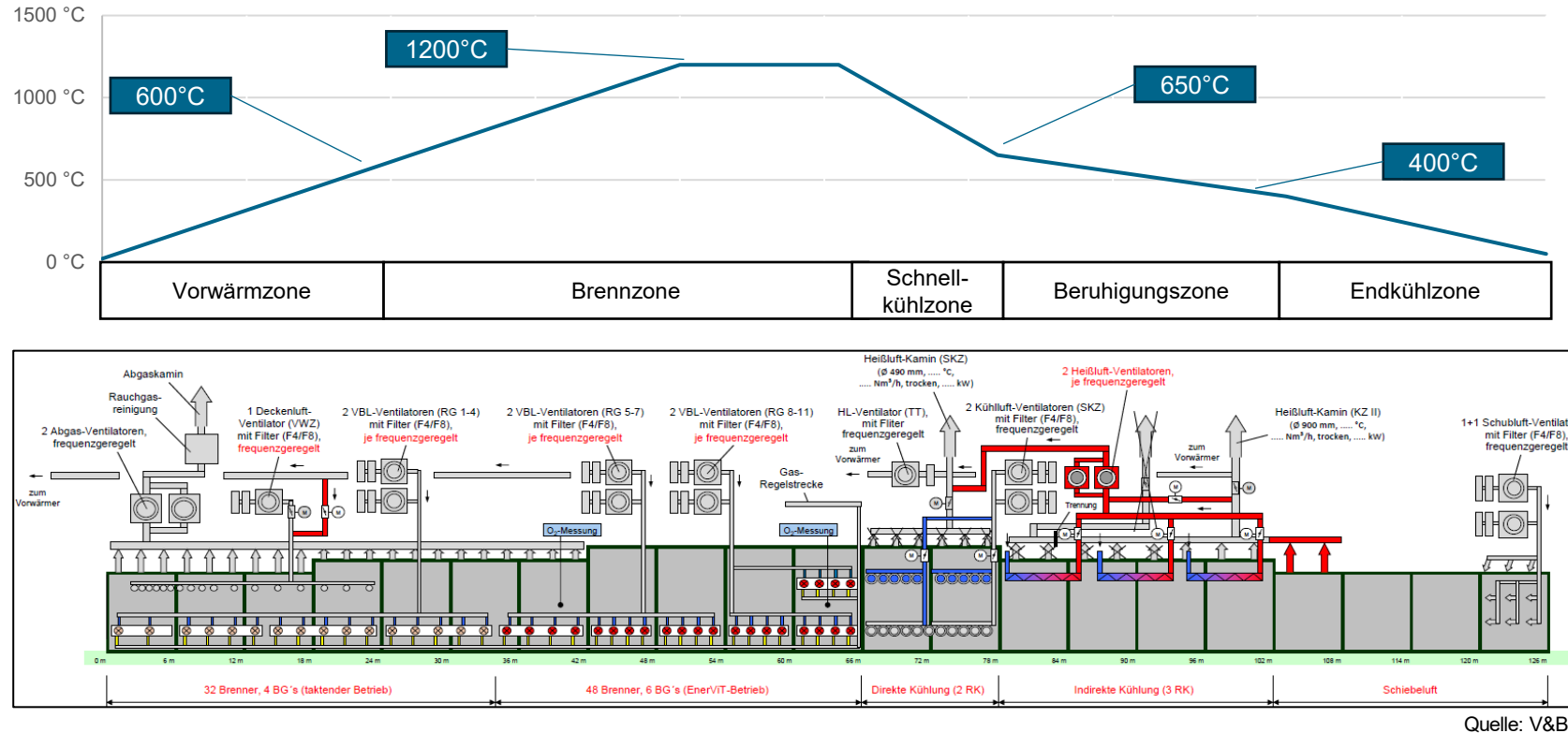
# Dekarbonisierung der Kramikindustrie

## Ausgangspunkt: Fossil befeuerter Tunnelofen



Erdgas

Rohling

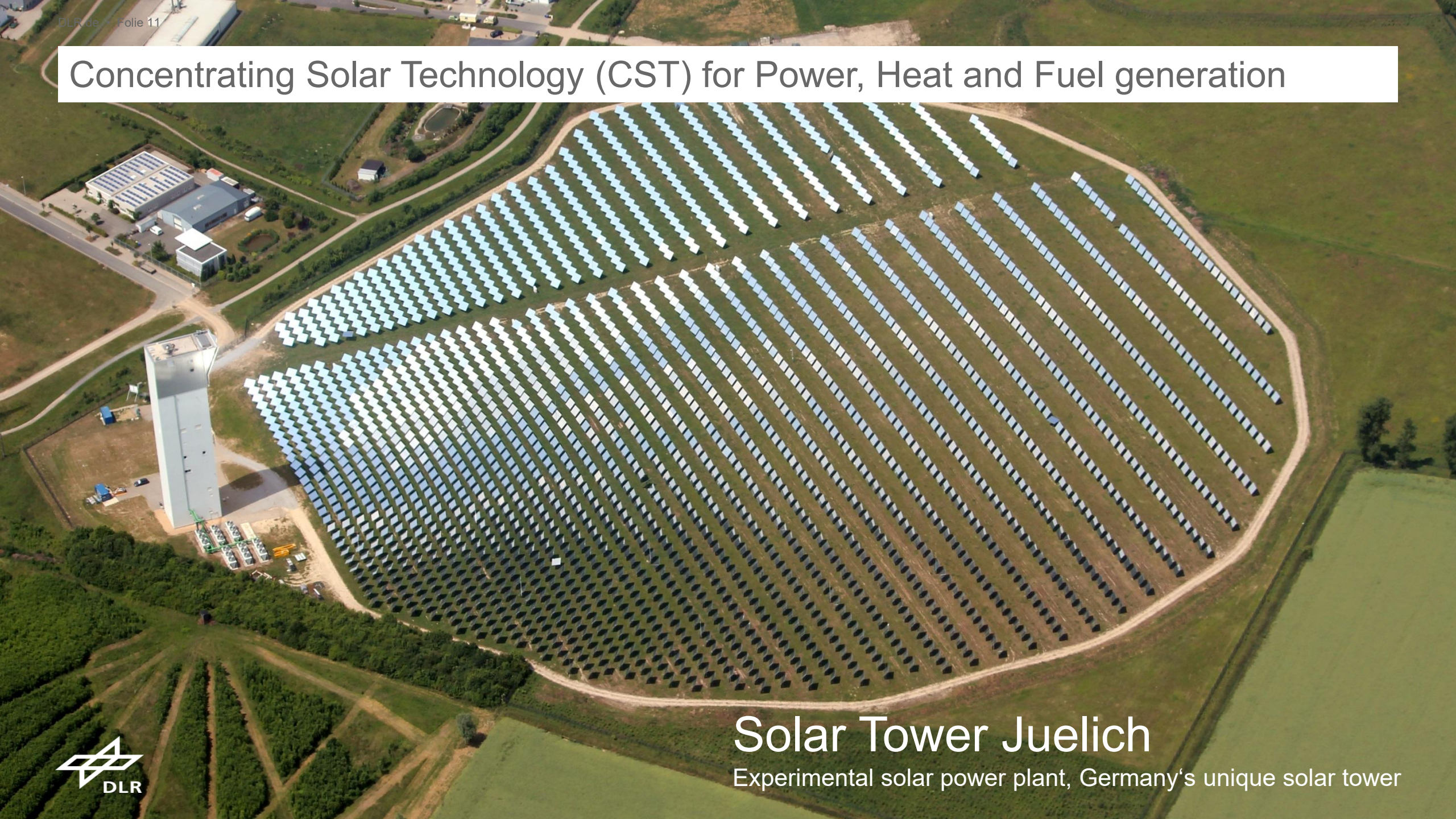


Produkt



- Wege zur Dekarbonisierung:
  - Brennstoffwechsel auf grüne Brennstoffe
  - Elektrifizierung mit grünem Strom
  - Solarthermie (konzentrierende Hochtemperatur-Solarthermie)
  - Kombinationen → Hybrid

# Concentrating Solar Technology (CST) for Power, Heat and Fuel generation

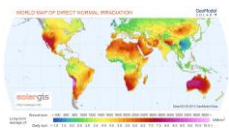


# Konzepte, Rahmenbedingungen und Methodik in SOLENKE

# Defossilisierung eines Tunnelofens von V&B in SOLENKE

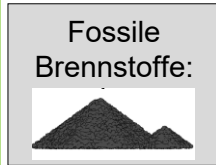
## Herausforderungen

- Unsicherheiten
- Variable Kosten & Verfügbarkeit
- Steigender Bedarf & Preise
- CO<sub>2</sub> Zertifikate & Kosten
- Notstromabsicherung
- Redundanz



## Standort

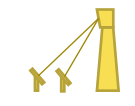
## Energieträger



H<sub>2</sub> / grüne Brennstoffe



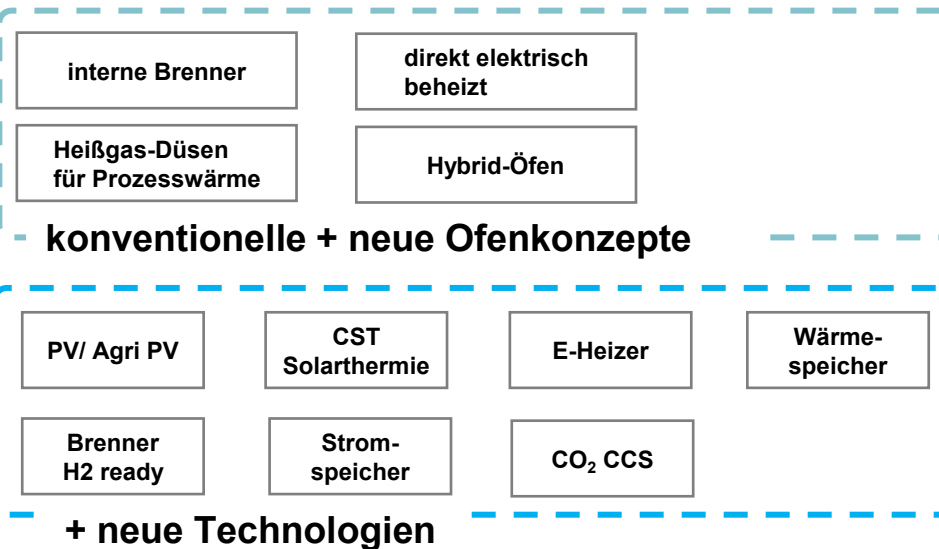
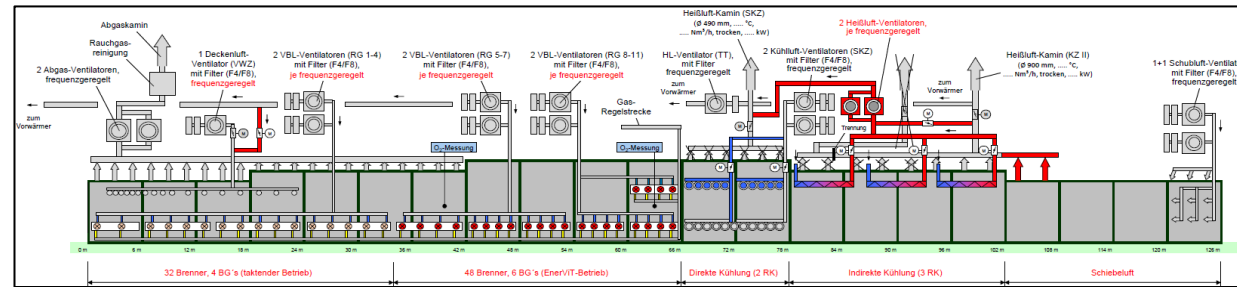
Grünstrom



Prozesswärme CST

Wärmerückgewinnung

## Tunnelofen für Keramikindustrie



## Transformationspfade

## Produktion



- Prozessoptimierung
- Intelligentes Lastmanagement
- Digitaler Zwilling

## Anforderungen

- Höchste Versorgungssicherheit
- CO<sub>2</sub> Zielerreichung
- Niedrige LCOE
- Niedrige Investitionen
- Resilienz Ausfall Energieträger
- Geringe Sensitivität bei Marktänderungen
- Marktreife Technologie
- Geringe Anlagenkomplexität

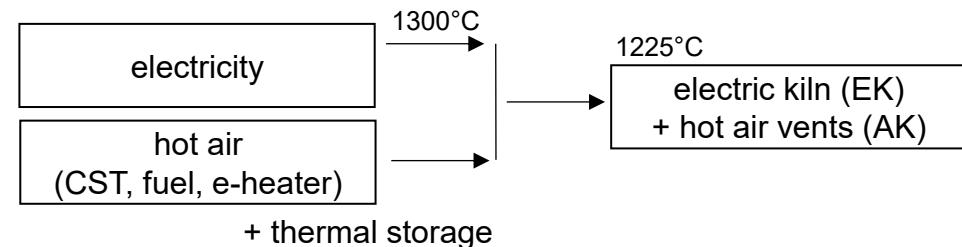
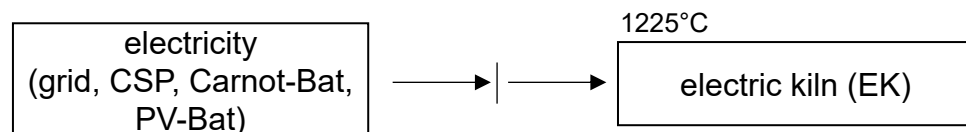
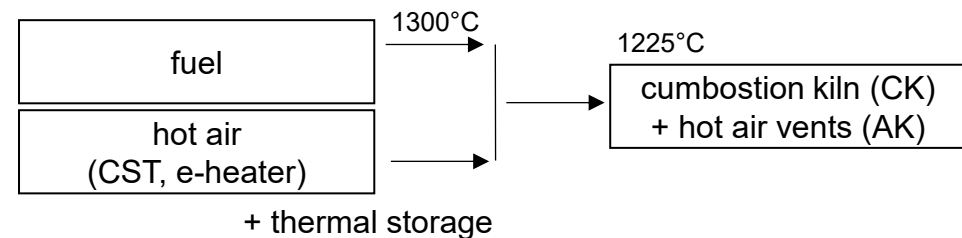
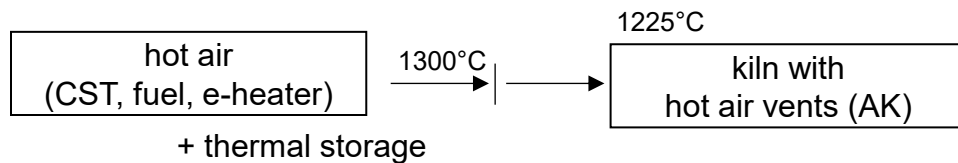
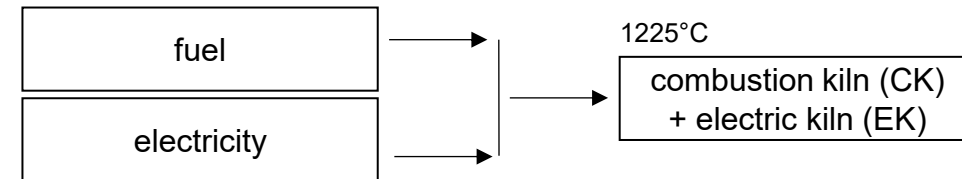
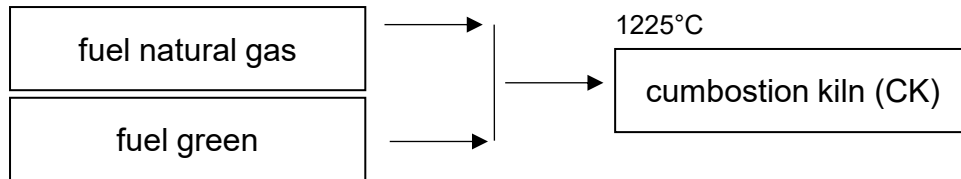
Legende:  Bestehende, fossile Brennstoffe  Energieträger für Dekarbonisierung

Quelle Tunnelofen: V&B

# Konzepte der Energieversorgung und Ofenkonzepte für SOLENKE



Monoenergetische und hybride Gesamtsysteme bestehend aus:  
Energieträger, Energieversorgung, Energiespeicherung, Energieverteilung, Tunnelofen



# Konzepte des Energiesystems



Für die schrittweise Analyse der Konzepte für die Transformation der Keramiköfen wurden zwei Gruppen definiert:

1. **Monoenergetische Konzepte:** nur ein Energieträger und ein Technologiepfad.
2. **Hybride Konzepte:** mehrere Energieträger und/oder mehrere Technologiepfade zu einer optimalen Gesamtanlage kombiniert.

| Bestand              | Neue Varianten - Monoenergetisch     |                   |                  |                   |                                         |                         |                                             |                        |                                          |                    |                                     |                    |                       |                        |                                |                                 |                          |                           |                                 |                       |                      |                       |                  |                   |                   |                    |                      |                       |
|----------------------|--------------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| B1                   | MT1                                  | MT2               | MT3              | MT4               | MT5                                     | MT6                     | MT7                                         | MT8                    | MT9                                      | MT10               | MT11                                | MT12               | MT13                  | MT14                   | MT15                           | MT16                            | MT17                     | MT18                      | MT19                            | MT20                  | MT21                 | MT22                  | MT23             | MT24              | MT25              | MT26               | MT27                 | MT28                  |
| Fuel-Erdgas-lowE-Tun | CST-Par-lowE-Tun                     | CST-Par-highE-Tun | CST-Air-lowE-Tun | CST-Air-highE-Tun | PV-P2H-E-Heat-lowE-Tun                  | PV-P2H-E-Heat-HighE-Tun | Fuel-Ext-HTX-lowE-Tun                       | Fuel-Ext-HTX-highE-Tun | Fuel-Ext-lowE-Tun                        | Fuel-HTX-highE-Tun | Grid-Dir-lowE-Tun                   | Grid-Dir-highE-Tun | Grid-Dir-CSP-lowE-Tun | Grid-Dir-CSP-highE-Tun | Grid-Dir-PV_CarnotBat-lowE-Tun | Grid-Dir-PV_CarnotBat-highE-Tun | Grid-Dir-PV_Bat-lowE-Tun | Grid-Dir-PV_Bat-highE-Tun | Fuel-Erdgas-lowE-Tun            | Fuel-Erdgas-highE-Tun | Fuel-Biogas-lowE-Tun | Fuel-Biogas-highE-Tun | Fuel-H2-lowE-Tun | Fuel-H2-highE-Tun | Fuel-NH3-lowE-Tun | Fuel-NH3-highE-Tun | Fuel-Syngas-lowE-Tun | Fuel-Syngas-highE-Tun |
|                      | externe Wärmezufuhr von Heißluft CST |                   |                  |                   | externe Wärmezufuhr von Heißluft PV-P2H |                         | externe Wärmezufuhr von Heißluft Brennstoff |                        | externe Wärmezufuhr von Abgas Brennstoff |                    | direkt elektrisch beheizt Netzstrom |                    | dir. el. beheizt CSP  |                        | dir. el. beheizt PV-CarnotBat  |                                 | dir. el. beheizt PV-Bat  |                           | interner Brenner Brennstoff     |                       |                      |                       |                  |                   |                   |                    |                      |                       |
| int. Bren.           | externe Wärmezufuhr                  |                   |                  |                   |                                         |                         |                                             |                        |                                          |                    | direkt elektrisch beheizt           |                    |                       |                        |                                |                                 |                          |                           | interner Brenner mit Brennstoff |                       |                      |                       |                  |                   |                   |                    |                      |                       |

Referenz

**Heißluftzufuhr**  
mit CST, PV, Power-To-Heat, grüne Brennstoffe

**Elektrifizierung**

**Brennstoffwechsel**

| Hybrid (parallel hybrid)                                                 |                                                            |                                                              |                                                        |                                                                     |                                                 |                                                         |                                                      |                                             | Hybrid (seriell hybrid)                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| H1...H16                                                                 | H17...H22                                                  | H23...H26                                                    | H27...H30                                              | H31...H40                                                           | H41...H46                                       | H47...H52                                               | H53...H58                                            | H59...H66                                   | HS1...HS12                                                                   |
| externe Wärmezufuhr<br>von Heißluft CST, PV-P2H, Brennstoff<br>Netzstrom | externe Wärmezufuhr<br>von Heißluft PV-P2H ,<br>Brennstoff | externe Wärmezufuhr<br>von Heißluft mit WÜ, 2<br>Brennstoffe | externe Wärmezufuhr<br>von Abgas aus 2<br>Brennstoffen | direkt elektrisch beheizt<br>Netzstrom, PV, Bat, CST,<br>Brennstoff | dir. el. beheizt<br>CSP + Back-Up<br>Brennstoff | dir. el. beheizt<br>PV-CarnotBat + Back-Up<br>Brennstof | dir. el. beheizt<br>PV-Bat,<br>Brennstoff            | interner Brenner<br>Brennstoff, CST, PV-Bat | direkt elektrisch beheizt od.<br>interner Brenner mit Heißluft<br>CST 1000°C |
| Hybrid mit externer Wärmezufuhr                                          |                                                            |                                                              |                                                        | Hybrid mit direkt elektrisch beheizt + Heißluft/ int. Brenner       |                                                 |                                                         | Hybrid mit int. Brenner mit<br>Brennstoff + Heißluft |                                             | Hybrid mit solarer CST<br>Vorwärmung 1000°C                                  |

**Hybrid mit Heißluft**  
mit CST, PV, P2H, grüne Brennstoffe

**Hybrid direkt el. + Heißluft/ int. Brenner**  
mit CST, PV, P2H, grüne Brennstoffe

**Hybrid Brenner/ Heißluft**  
mit CST, PV, P2H, grüne Brennstoffe

**Seriell Hybrid**

# Beispiel eines Energiesystem-Modells: Master-Modell (alle Kombinationen)

## Transformation von 2030 und 2045

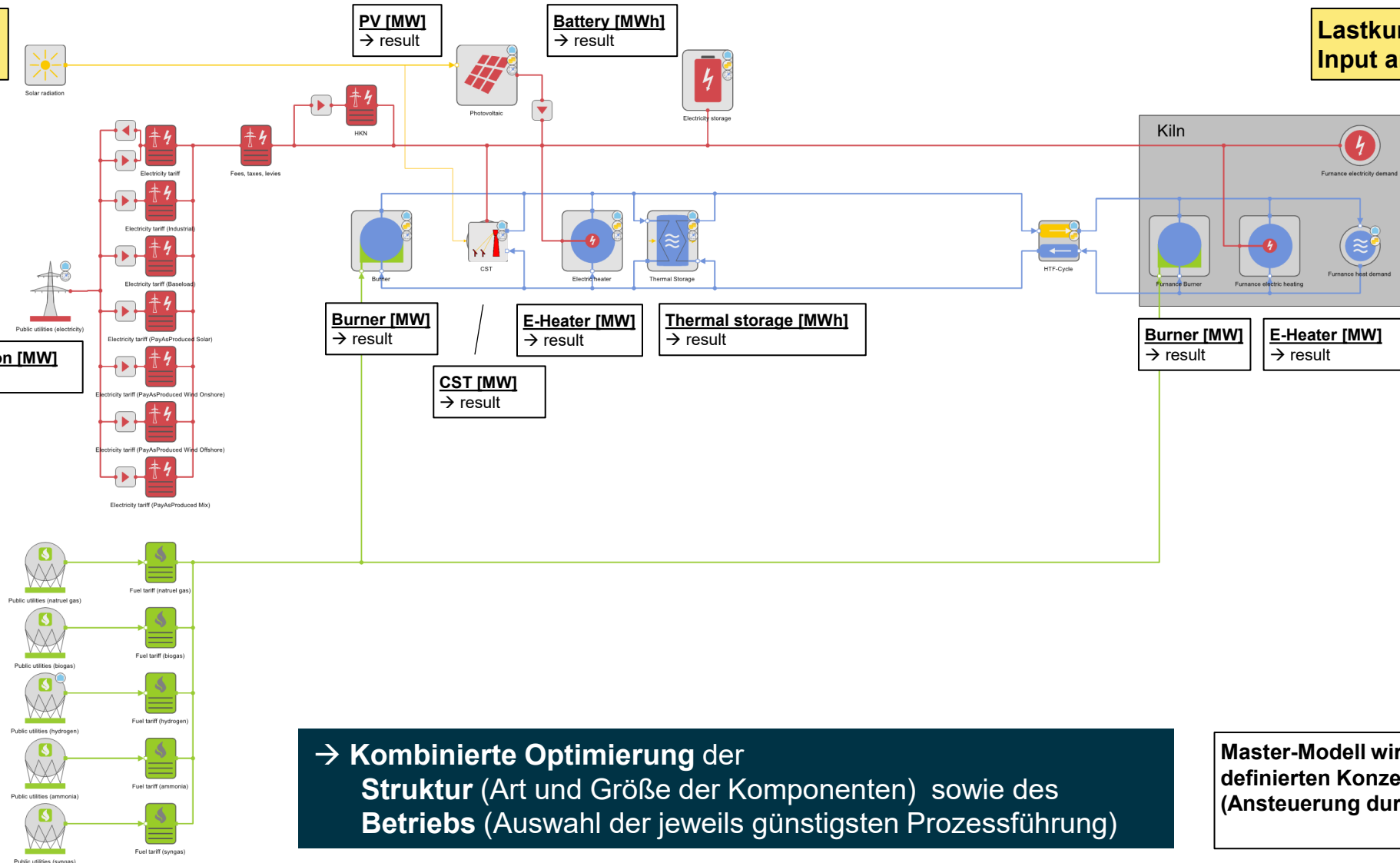


**Zeitreihen als Input für Modell:**

**Power supply [GWh<sub>el</sub>]**  
→ result  
(2030, 2045: HPFC, Industrial, PPA Baseload, PPA PAP Solar, PPA PAP Wind,...)

**Grid connection [MW]**  
→ result

**Fuel supply [GWh<sub>m</sub>]**  
→ Result  
(2030, 2045: Natural gas, Biogas, H<sub>2</sub>, Ammonia, Syngas)



**Lastkurven als Input an Modell:**

**Power demand**  
2030: --- GWh<sub>el</sub>  
2045: --- GWh<sub>el</sub>

**Heat demand**  
2030: --- GWh<sub>th</sub>  
2045: --- GWh<sub>th</sub>

→ **Kombinierte Optimierung der Struktur** (Art und Größe der Komponenten) sowie des **Betriebs** (Auswahl der jeweils günstigsten Prozessführung)

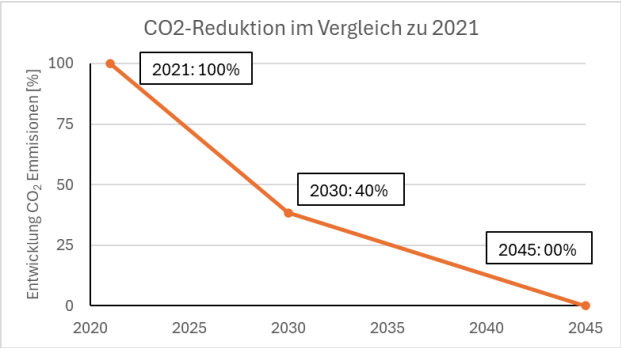
**Master-Modell wird genutzt, um alle definierten Konzepte zu berechnen** (Ansteuerung durch neues Python Tool)

# Spezifikationen und Randbedingungen

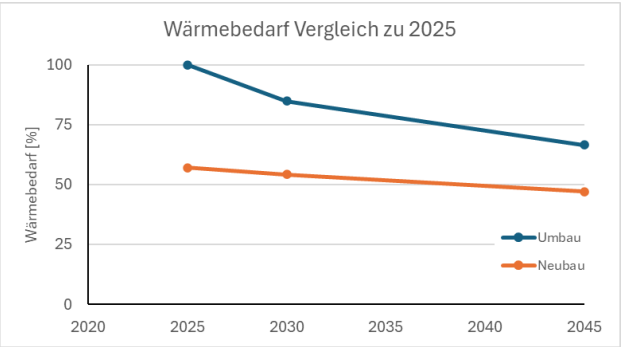
## Detailliertes Databook mit allen technischen und wirtschaftlichen Spezifikationen



### CO2-Reduktionsziele und Modelljahre: Basis 2021 + 2030 + 2045



### Bestandsaufnahme und Bedarfsanalyse Tunnelöfen



### + Lastgänge Wärmebedarf 2025 sowie 2030 und 2045 (Prognose)

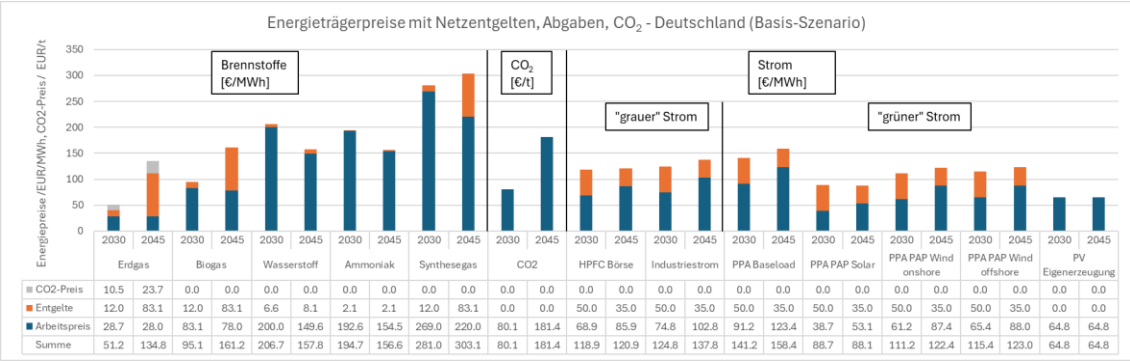
#### SOLENKE: Spezifikationen und Rahmenbedingungen (Lastenheft, data book):

AP2: Bedarfsanalyse, Projektbedingungen und Konzeptvarianten

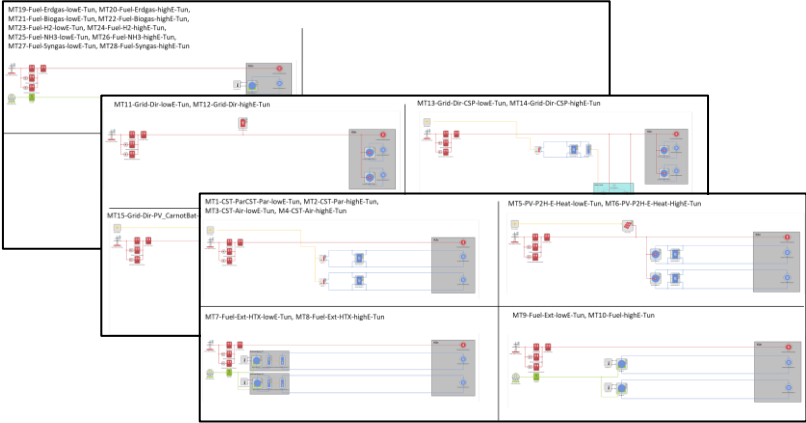
##### Inhaltsverzeichnis

- 1 EINLEITUNG, AUSGANGSSITUATION, ZIEL
- 2 CO2-REDUKTIONSZIELE UND MODELLJAHRE
- 3 BESTANDSAUFNAHME UND BEDARFSANALYSE
  - 3.1 Bestandsanlagen
  - 3.2 Zusätzliche Anlagen / Zweiter Standort
  - 3.3 Energiebedarf und Entwicklung
  - 3.4 Technische Randbedingungen
- 4 ENERGIEMARKTDATEN, -MARKTMODELLE UND -SZENARIEN
  - 4.1 Strompreismodelle
  - 4.2 Energiemarktdaten Strompreiskurven (HPFC)
  - 4.3 Energiemarktdaten Energieträger
- 5 ANALYSE HEUTIGER UND ZUKÜNFTIGER REGULATORISCHE RAHMENBEDINGUNGEN
  - 5.1 Herkunftsnachweis von Strom aus erneuerbaren Energien
  - 5.2 Zielerreichung der Dekarbonisierung Keramiköfen von V&B
  - 5.3 Weitere regulatorische Rahmenbedingungen
- 6 ÜBERSICHT DER VARIANTEN FÜR UMBBAUKONZEPTE
  - 6.1 Übersicht der Varianten:
  - 6.2 Variantenmatrix
  - 6.3 Monoenergetische Konzepte
  - 6.4 Hybride Konzepte
- 7 TECHNISCHE RANDBEDINGUNGEN
  - 7.1 Allgemeines
  - 7.2 Design Point Spezifikationen – Bestandsanlagen und Monoenergetische Anlagen – externe Wärmezufuhr (CST, PV)
  - 7.3 Design Point Spezifikationen – Monoenergetische Anlagen – Fuel externe Wärmezufuhr (Brennstoff)
  - 7.4 Design Point Spezifikationen – Monoenergetische Anlagen – direkt elektrisch beheizt
  - 7.5 Design Point Spezifikationen – Monoenergetische Anlagen – interner Brenner mit Brennstoff
  - 7.6 Design Point Spezifikationen – Hybride Anlagen
- 8 KOSTEN (CAPEX, OPEX), FINANZPARAMETER UND WIRTSCHAFTLICHKEITSMODELL
  - 8.1 Kostenstruktur
  - 8.2 Kosten (CAPEX, OPEX)
  - 8.3 Energieträger und Energiemarktdaten
  - 8.4 Finanzparameter
- 9 KOSTENMODELL UND WIRTSCHAFTLICHKEITSKENNZAHLEN
- 10 BEWERTUNGSKRITERIEN

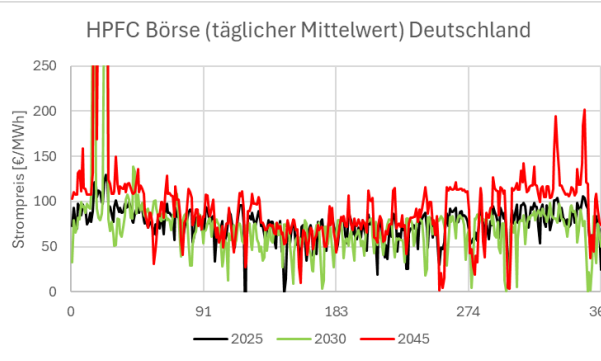
### Energieträgerkosten (Brennstoffe, CO2, Strom) mit Umlagen, Abgaben und Netzentgelten



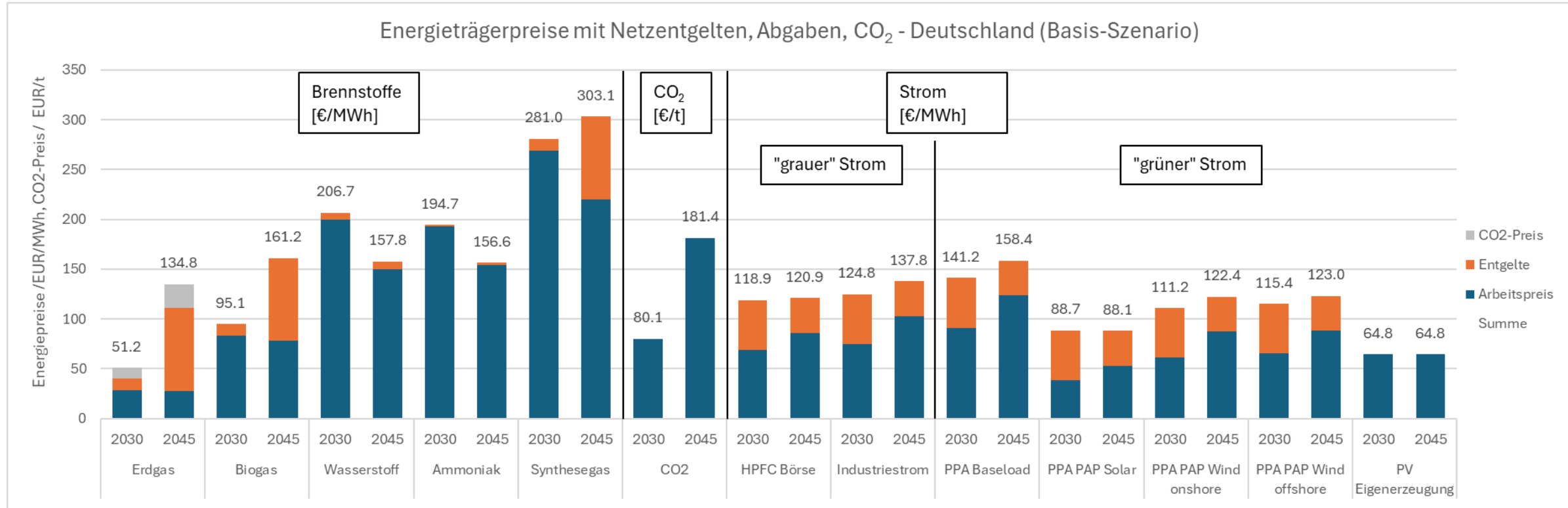
### technische und wirtschaftliche Spezifikationen für jedes Konzept



### Volatilität Stromkosten



# Preise Energieträger für SOLENKE



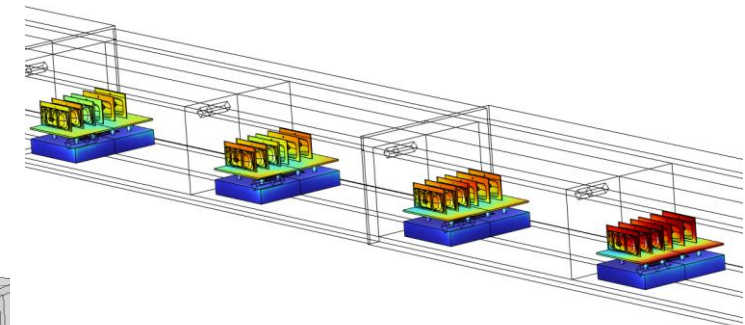
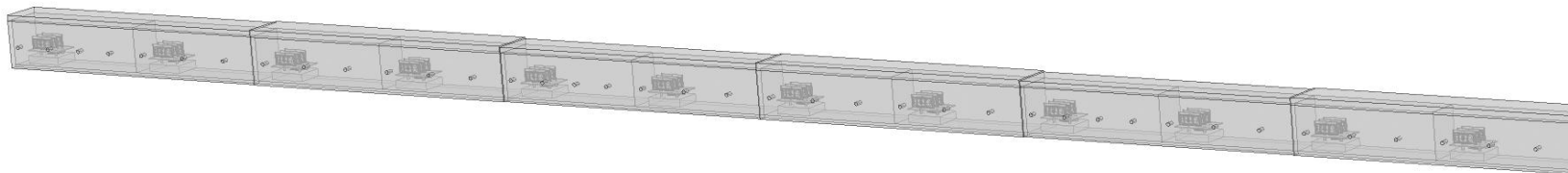
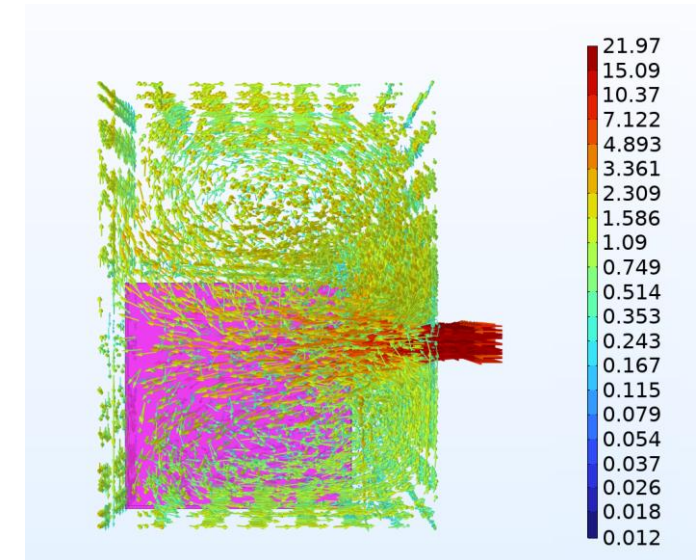
Source: r2b for SOLENKE, adjustments by V&B

- Zukünftige Energieträgerpreise sind **Szenarien!**
- Nicht abschätzbare **Unsicherheiten**
- Daten stammen von spezialisierten Energieberatungsfirmen, die **Fundamentalmmodelle** besitzen.
- Annahmen bzgl. **Netzentgelten** vor allem bei Gasen muss **hinterfragt** werden!

## Ergebnisse – ausgesuchte Beispiele

# Untersuchungen zum Ofenbetrieb mit externer Zufuhr von Hochtemperaturwärme

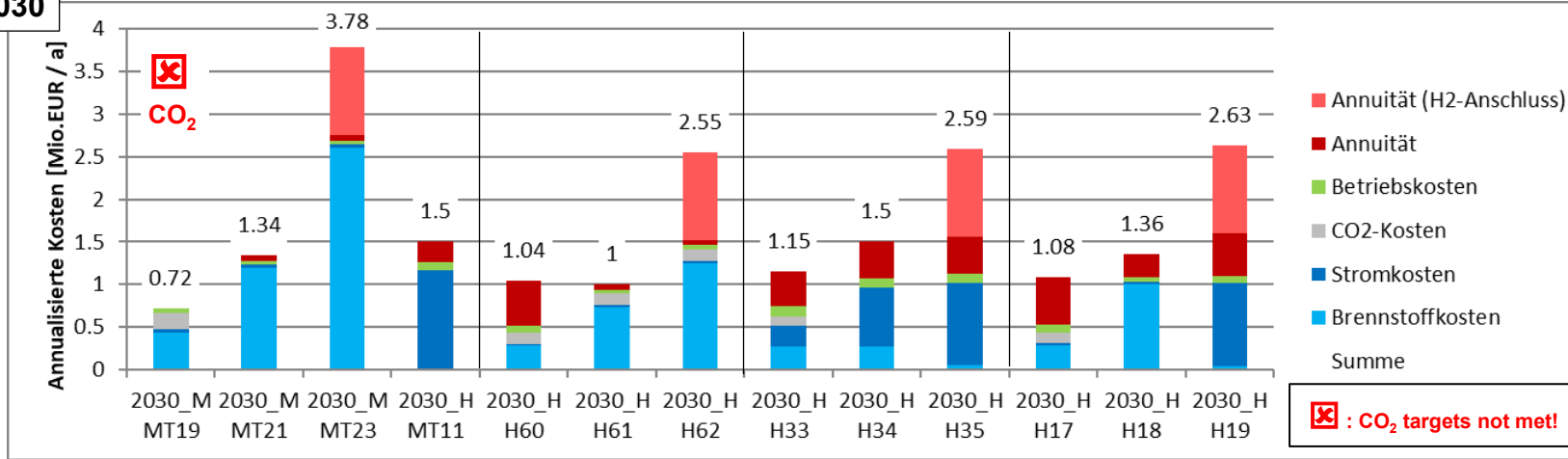
- Teilmodellierung verschiedener Ofensegmente
- CFD Simulation mit Erwärmung des Brennguts
- Einlass der Heißluft erfolgt über Düsen
- Simuliert wird der Einfluss der Größe, Anordnung und Anzahl der Düsen
- Machbarkeit bestätigt, Einlasstemperatur von 1300°C vorgeschlagen
- Detailliertes Umsetzungskonzept muss in Zusammenarbeit mit Ofenhersteller erfolgen



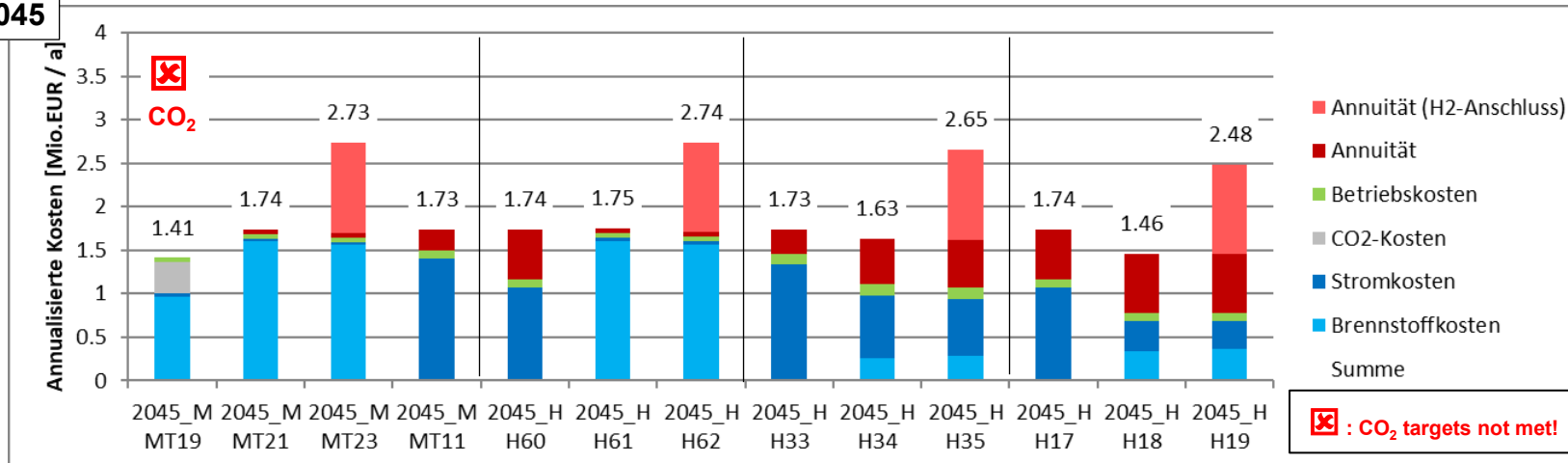
# Beispiele: Annualisierte Kosten – Deutschland

## Bestandsofen mit Umbau, Basis-Szenario, 2030/ 2045

2030



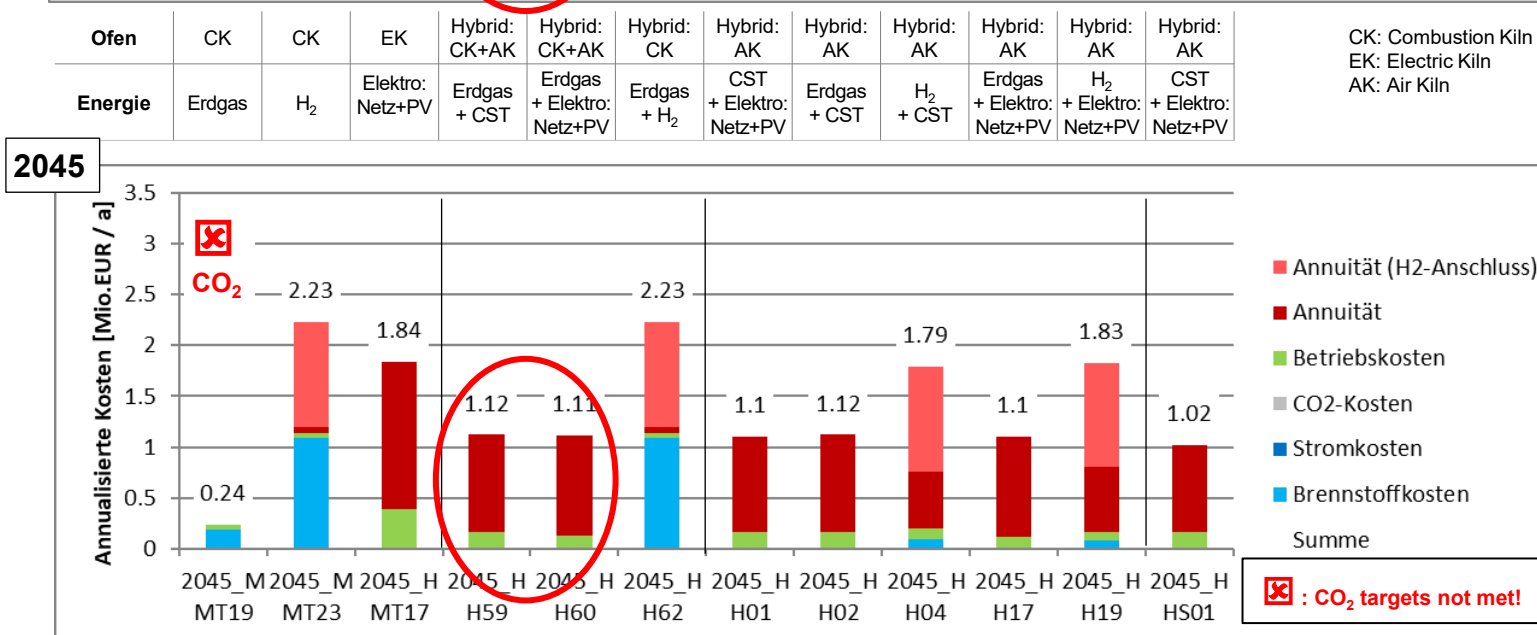
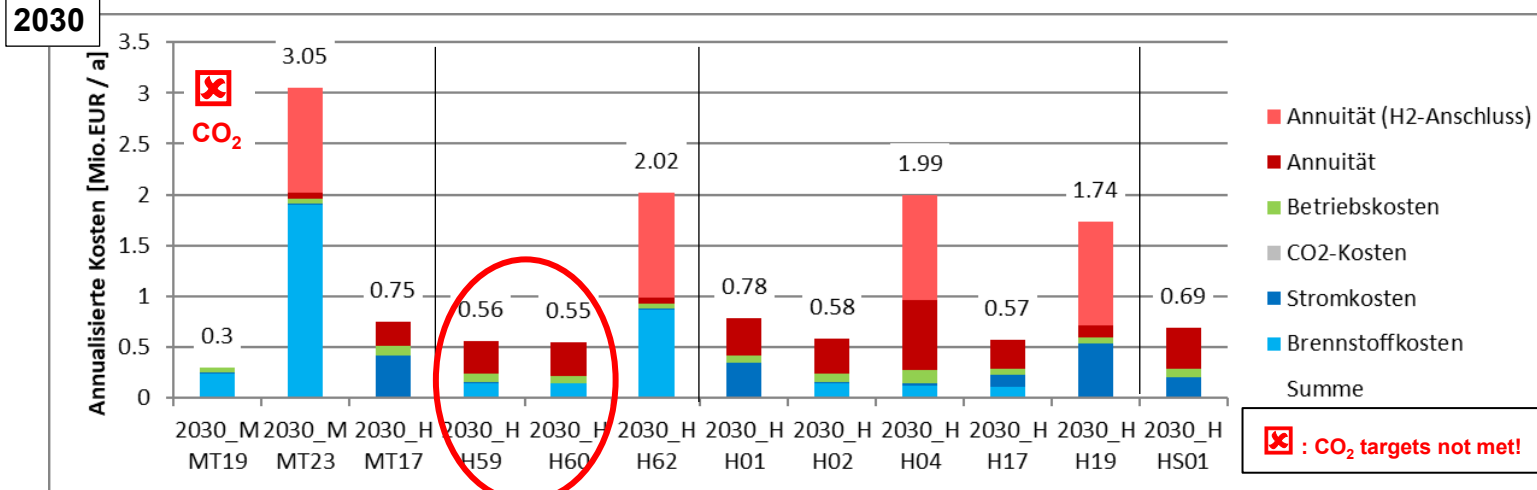
2045



- Erdgas Ofen am wirtschaftlichsten → CO<sub>2</sub> Ziele 2030/ 2045 nicht erreichbar!
- H<sub>2</sub> wegen Anschlusskosten unwirtschaftlich, 2030 auch wegen H<sub>2</sub>-Preis. 2045 vergleichbar mit Biogas ohne Anschlusskosten.
- Reine Elektroöfen ähnlich Biogas (bei CO<sub>2</sub> Zielerreichung!)
- Hybride Öfen am wirtschaftlichsten → Vorteile mit PV Eigenerzeugung + Wärmespeicher (P2H)
- Keine allgemeingültige Aussagen möglich → Transformationspfad notwendig! Z.B.
  - 2030: H61, H17
  - 2045: H34, H18

# Beispiele: Annualisierte Kosten – Ägypten

## Bestandsofen mit Umbau, Basis-Szenario, 2030/ 2045



- Ägypten: grundlegend andere energiewirtschaftliche Randbedingungen wie D.
- In SOLENKE: gleiche CO<sub>2</sub>-Ziele wie D.
- Erdgas Ofen am wirtschaftlichsten → CO<sub>2</sub> Ziele 2030/ 2045 nicht erreichbar!
- H<sub>2</sub> wegen Anschlusskosten unwirtschaftlich, 2030 auch wegen H<sub>2</sub>-Preis. 2045 vergleichbar mit Biogas ohne Anschlusskosten.
- Hybride Öfen am wirtschaftlichsten → Vorteile mit CST + PV Eigenerzeugung + Wärmespeicher
- Keine allgemeingültige Aussagen möglich → Transformationspfad notwendig!

# Zusammenfassung

# Zusammenfassung

- In SOLENKE: Analyse verschiedener Konzepte für die **Dekarbonisierung** eines **Tunnelofens von V&B für die Keramikindustrie mit solar getriebener Energieversorgung mit Speichern** und anderen innovativen Technologien (H<sub>2</sub>, Elektrifizierung,...).
- Verschiedene **monoenergetische und hybride Ofenkonzepte** definiert: interner Brenner, direkt el. beheizt, mit externer Zuführung von Prozesswärme über Heißluftdüsen sowie Kombinationen daraus.
- **Zukünftige Energieträger-Preisszenarien** (Strom, Brennstoff, CO<sub>2</sub>-Preis, Herkunftsnachweise,...) haben **schwer abschätzbare Unsicherheiten**. **Eigenerzeugungsanlagen (PV, CST,...)**: über die **gesamte Lebensdauer** hinweg kalkulierbare Energiepreise. Optimal: **Kombi mit netzgebundener Versorgung** → **höhere Planungssicherheit**
- **Erdgasvarianten sind am wirtschaftlichsten**, können in Zukunft die **CO<sub>2</sub>-Vorgaben nicht einhalten**, nur durch Hybridisierung mit grünen Energieträgern.
- Monoenergetische Konzepte haben bzgl. Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Resilienz keine Vorteile → **Robuste und resiliente zukünftige Energieversorgungssysteme sind hybride Systeme**, die sowohl **Grünstrom/ PV mit Power-To-Heat und Wärmespeicher** als auch **grüne Brennstoffe** verwenden.  
Für sonnenreiche Standorte mit ausreichend Flächen: **standortnahe Eigenerzeugung mit Solarthermie (CST) berücksichtigen!**
- Die Ergebnisse in SOLENKE zeigen, dass eine **schrittweise Transformation von hybriden Konzepten** die **geringsten annualisierten Kosten** hat: zur CO<sub>2</sub>-Zielereichung solange wie möglich Erdgas mit CST, Elektrizität und grünen Brennstoffen kombinieren/ optimieren!



# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Kontakt: stefano.giuliano@dlr.de

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Vorhaben  | SOLENKE<br><i><u>Solar</u> getriebene <u>Energie</u>versorgungskonzepte<br/>für die <u>Keramik</u>industrie</i>                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Partner   | <ul style="list-style-type: none"><li>• Villeroy &amp; Boch AG (V&amp;B)</li><li>• Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.<br/>Institut für Solarforschung (DLR)</li><li>• Fraunhofer - Institut für Silicatforschung ISC<br/>Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL (HTL)</li><li>• Bundesverband Keramische Industrie e.V. (BVKI)<br/>als assoziierter Partner</li></ul> |
| Laufzeit: | 01.01.2024 bis 31.03.2026                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| Förderung | 03EN6038A/ B/ C                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft

