



**Borkum klimaneutral und emissionsfrei 2030**

## Aufgabe und Herausforderung

- Die Niedersächsische, bundesweite und europäische Energie- und Klimapolitik fordert eine nahezu vollständige Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare Energien bis 2050
- Das Leitbild Borkum zielt proaktiv auf eine emissionsfreie und klimaneutrale Insel bereits zum Jahr 2030
- Stadtwerke Borkum spielen als kommunaler Dienstleister für Energie- und Wärmeversorgung eine zentrale Rolle und stellt für Bewohner\*innen und Gästen die notwendige Infrastruktur zur Verfügung
- Besondere Herausforderungen der Energie- und Wärmeversorgung haben wir nach der ökologischen Notwendigkeit, dem ökonomisch Umsetzbaren und einer entsprechenden Versorgungssicherheit untersucht.



Quelle: borkum.de

## In 3 Stufen zur Empfehlung: Bestandsanalyse, Potenzialanalyse, Variantenvergleich

### Bestandsanalyse

- Verbrauchsdatenanalyse Strom und Wärme
- Clusterung des Wärmeverbrauchs
- Grober Entwurf des Trassenverlaufs des Wärmenetzes

### Potenzialanalyse

- Untersuchung des Potenzials der möglichen regenerativen Energieerzeugungen
- Investitions- und Betriebskosten

### Variantenvergleich

- ökologischer und ökonomischer Vergleich von vorgeschlagenen Wärmeversorgungsvarianten

### Empfehlung

# So viel Gas und Wärme verbraucht Borkum pro Jahr

klimabereinigter Jahresverbrauch Gas [GWh]



Durchschnittsgasverbrauch: 150,6 GWh/a Hs

klimabereinigter Jahresverbrauch Wärme [GWh]



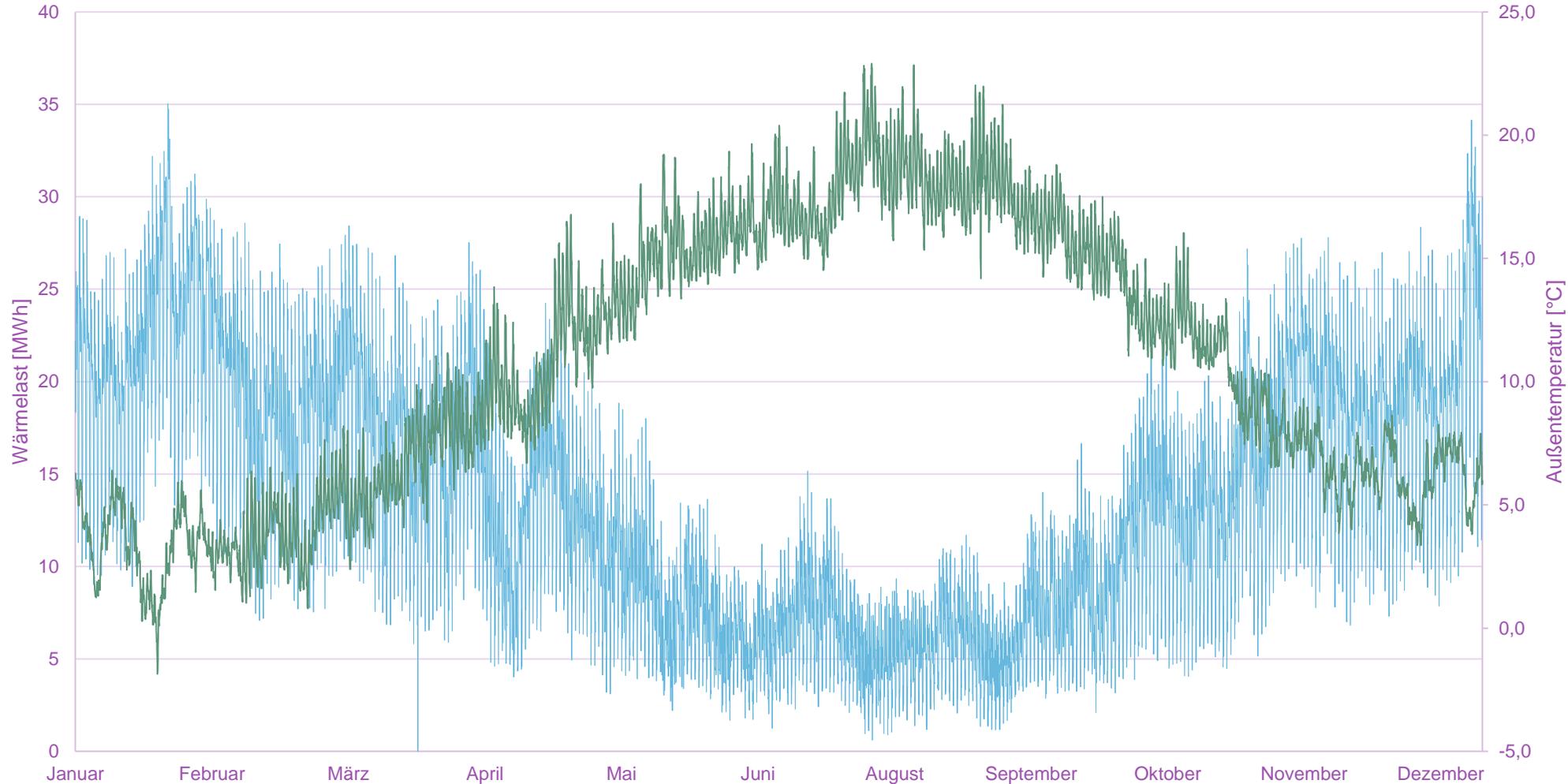
Durchschnittswärmerbrauch: 129,8 GWh/a

Jahresnutzungsgrad Bestandskessel: 86,2% Hs  
Quelle: Prof. Dieter Wolf, Felduntersuchung: Betriebsverhalten von Heizungsanlagen mit Gas-Brennwertkesseln, 2004  
Wolfenbüttel



# Wärmelastgang: Welcher Wärmebedarf muss gedeckt werden?

Wärmelastgang Borkum stündlich



Spitzenlast:  
23-35 MW  
2% der Wärme

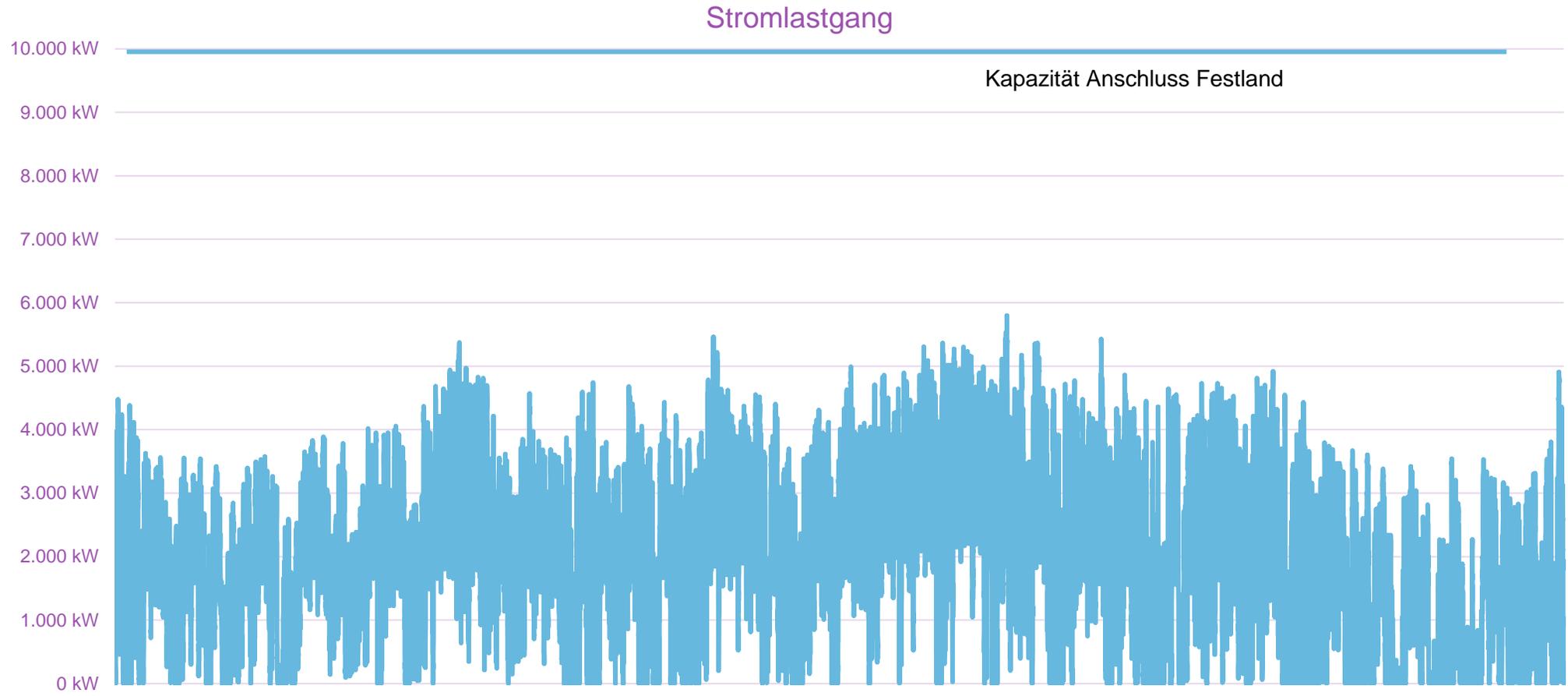
Grundlast:  
5 MW, ca. 35%  
der Wärme

Mittellast:  
5-23 MW,  
ca. 63%  
der Wärme

Vergleichsweise  
hoher Wärme-  
bedarf im  
Sommer



# Auswertung Stromlastgang: Welche Potenziale sind in der Stromanbindung vorhanden?



Elektrische Potenziale stehen zur Verfügung (ca. 7-8 MW)

rein strombasierte Lösungen nicht möglich

Ggf. muss Wegfall WEA kompensiert werden

## Wärmebedarf über zwei Fernwärmenetze zu rund 97 % abdeckbar

- Wärmebedarf Borkum ca. **129,8 GWh** (berechnet anhand des durchschnittlichen jährlichen Wärmeverbrauchs über 5 Jahreswerte)
- Starke Konzentration auf Borkum-Stadt und auf den Hafen
- Mit zwei Fernwärmenetzen für diese Gebiete **könnten rund 97% des gesamten Wärmebedarfs abgedeckt werden.**
- Entspricht einem Umsatzpotenzial von 15 Mio. € p.a. für SW Borkum
- Zukunftssicheres Geschäftsfeld

Wärmebedarf Gesamt [GWh]	129,8
Wärmebedarf in potenziellen Fernwärme-Gebieten [GWh]	126,3
Anteil von potenziell durch FW deckbarer Wärme an Gesamtwärme	97,33%

Länge Haupttrasse: 8400 m  
T-Netz Sommer: 70/40  
T-Netz Spitzenlast: 90/40



Möglicher Verlauf  
der  
Haupttrasse  
des Fernwärme-  
netzes in Borkum  
Stadt



Möglicher Verlauf  
der Haupttrasse  
Fernwärmenetzes in  
Borkum-Reede

# Im Überblick: Vor- und Nachteile einzelner Potenziale für Borkum

## Luft-Wärmepumpe



- + Hohes Potenzial
- + Niedrige Investitionskosten
- + Erprobte Technologie
- Schwankende Quelltemperatur

## Meerwasser



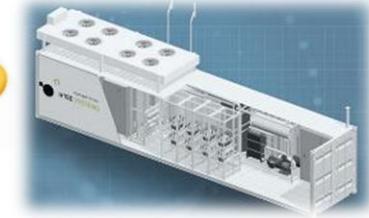
- + Konstante Quelltemperatur
- + Geringer Flächenbedarf
- Hohe Investitionskosten
- Aufwendige Genehmigung

## Solarthermie



- + Erprobte Technologie
- Keine Versorgungssicherheit
- Hoher Flächenbedarf

## Wasserstoffherstellung



- + Spitzenlastdeckung
- Hohe Kosten für Speicherung
- Festland-Stromkabel

## Abwasser/Klieranlage



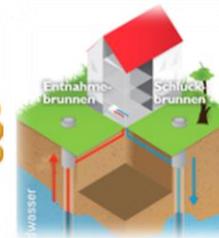
- + Geringe Investitionskosten
- + Gut erschließbar
- Entfernung
- Begrenztes Potenzial

## Erdsonden



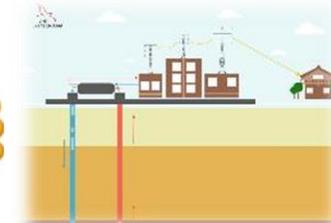
- + Potenzial im Bereich Reede
- Trinkwasserschutzgebiet im Bereich Borkum

## Grundwasserbrunnen



- + Geringe Investitionskosten
- Technische Machbarkeit
- Trinkwasserschutzgebiet

## Tiefengeothermie



- + Geringe Bedarfskosten
- Hohes Fündigkeitsrisiko
- Trinkwasserschutzgebiet

# Umsetzungsoptionen einer Meerwasser-Wärmepumpe

## Reede

- Entnahme/Rückspeisung über Hafenbecken möglich
- Anschluss an Steganlage somit tideunabhängig
- Genehmigungsaufwand geringer da Hafengebiet
- Ggf. sehr lange Wärmetrasse nötig
- Kosten ca. 8,5 Mio €

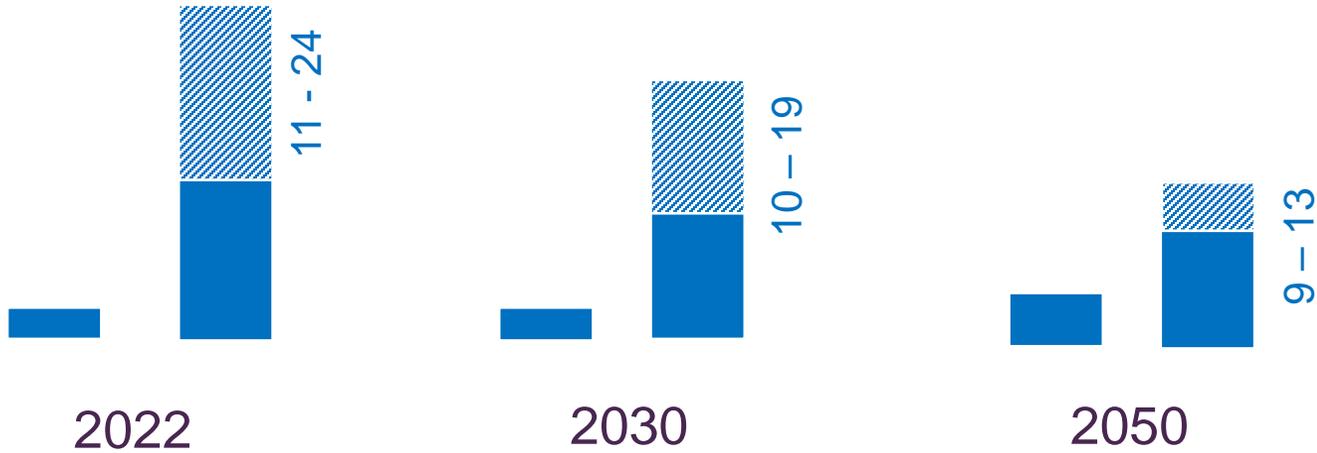


## Aquarium

- Horizontalbohrverfahren mit Schiffseinsatz
- Technisch anspruchsvoll, da im Tidegewässer sowie zwischen/im sensiblen Küstenbereich
- Fahrwasser, Schüttstellen, Seekabel, Auskolkung, Schutzgebiete, Sturmflutgebiet, Sperrgebiete
- Hoher Genehmigungsaufwand somit sehr zeitintensiv
- Kosten ca. 8,5 Mio. €



## Wasserstoffimport – Herstellungskosten von synthetischem Erdgas



Gesamtpotenzial



Kostenentwicklung von importiertem synthetischem Methan und synth. Flüssigkraftstoffen (ohne Netzentgelte und Vertriebskosten) in Cent (rechts) im Vergleich zum Erdgaspreis (links)

## Erdgas-KWK: Was für einen Einsatz als Übergangstechnologie spricht

- **Der Kohleausstieg erfolgt bis spätestens 2038**
  - Bis dahin sind große zusätzliche Erzeugungskapazitäten sowohl EE als auch KWK erforderlich
  - Synthetisches Erdgas steht kurzfristig nicht in erforderlichen Mengen und zu vertretbaren Preisen zur Verfügung
- **Die Betriebsweise von BHKW ändert sich grundlegend**
  - Begrenzung der Förderhöchstdauer auf 3.500h pro Jahr
- **Der Gesetzgeber fördert gerade die strommarktorientierte Verknüpfung von Erdgas-KWK mit Erneuerbarer Wärme überproportional**
  - Diese Sektorenkopplung ist sinnvoll und notwendig
  - Durch Verschiebungen in der Einsatzreihenfolge können bis ca. 2038 real CO<sub>2</sub>-Einsparungen realisiert werden
- **Das kalkulierte KWK-Modul von KAWASAKI ist H<sub>2</sub>-ready**
  - Eine Umstellung auf Wasserstoff als Brennstoff ist jederzeit möglich, wenn dies wirtschaftlich vertretbar ist

Variantenvergleich



## Untersuchte Varianten in der Übersicht

### Variante A „Meer“

- Meerwasserpumpe mit 19 MW Leistung
  - Reede oder Aquarium
- Elektrolyseur 4 MW<sub>el</sub>
  - Abwärmenutzung
- Wärmespeicher 8.000 m<sup>3</sup>
- Wasserstoffspeicher 8.229 m<sup>3</sup>
- H<sub>2</sub>-Spitzenlast-Kessel mit 15,5 MW Leistung

### Variante B „Luft“

- Meerwasserpumpe mit 1 MW Leistung
- Luftwärme-Pumpe 17,3 MW
- Elektrolyseur 4 MW<sub>el</sub>
  - Abwärmenutzung
- Wärmespeicher 10.000 m<sup>3</sup>
- Wasserstoffspeicher 6.857 m<sup>3</sup>
- H<sub>2</sub>-Spitzenlast-Kessel mit ca. 12,5 MW Leistung

### Variante C „Wetter“

- Meerwasserpumpe mit 6 MW
- Abwasserwärmepumpe 1 MW
- Luftwärme-Pumpe 11 MW
- Freiflächen-Solarthermie (45.000 m<sup>2</sup> Kollektor)
- Elektrolyseur 4 MW<sub>el</sub>
  - Abwärmenutzung
- Wasserstoffspeicher 7.543 m<sup>3</sup>
- Wärmespeicher 10.000 m<sup>3</sup>
- H<sub>2</sub>-Spitzenlast-Kessel mit 12 MW Leistung

### Variante D „Brücke“

- Meerwasserpumpe mit 1 MW
- Luftwärme-Pumpe 12,5 MW
- Elektrolyseur 4 MW<sub>el</sub>
  - Abwärmenutzung
  - H<sub>2</sub> für Verkehr
- Wärmespeicher 10.000 m<sup>3</sup>
- KWK-Anlage 8 MW<sub>th</sub> erdgasbefeuert – H<sub>2</sub>-ready
- Spitzenlastkessel erdgasbefeuert

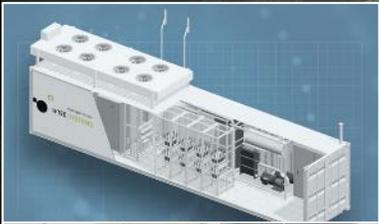


MEGAWATT

## Variante A: Bestandteile und potenziell geeignete Standorte



Wärmespeicher



Elektrolyseur & H2-Speicher



Meerwasserentnahme



Wasserentnahme Hafen (klein)

### Bildquellen:

Wärmespeicher: Cupasol  
H2-Speicher: Enertrag  
Elektrolyseur: H-Tec Systems  
Meerwasserentnahme: Google Bilder  
Wasserentnahme Hafen: NürnbergLuftbild

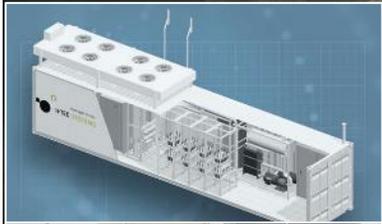


MEGAWATT

## Variante B: Bestandteile und potenziell geeignete Standorte



Wärmespeicher



Elektrolyseur & H2-Speicher



Luftkühlerfeld



Wasserentnahme Hafen (klein)

### Bildquellen:

Wärmespeicher: Cupasol  
H2-Speicher: Enertrag  
Elektrolyseur: H-Tec Systems  
Luftkühlerfeld: Johnson Control  
Wasserentnahme Hafen: NürnbergLuftbild

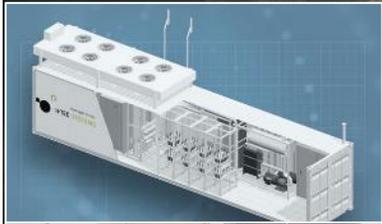


MEGAWATT

## Variante C: Bestandteile und potenziell geeignete Standorte



Wärmespeicher



Elektrolyseur & H2-Speicher



Luftkühler



Freiflächen-Solarthermie



Meerwasserentnahme



Wärmeentnahme  
Kläranlage



Wasserentnahme Hafen (klein)



### Bildquellen:

Wärmespeicher: Cupasol  
H2-Speicher: Enertrag  
Elektrolyseur: H-Tec Systems  
Meerwasserentnahme: Google Bilder  
Wärmeentnahme Klärwerk: Google Maps  
Luftkühlerfeld: Johnson Control  
Freiflächen-Solarthermie: Acron Sunmark  
Wasserentnahme Hafen: NürnbergLuftbild

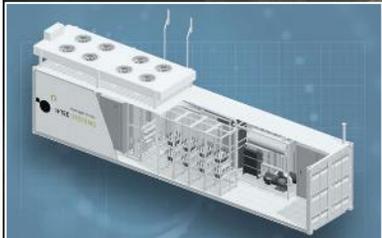


MEGAWATT

## Variante D: Bestandteile und potenziell geeignete Standorte



Wärmespeicher



Elektrolyseur



Luftkühler



H2-Ready Turbine

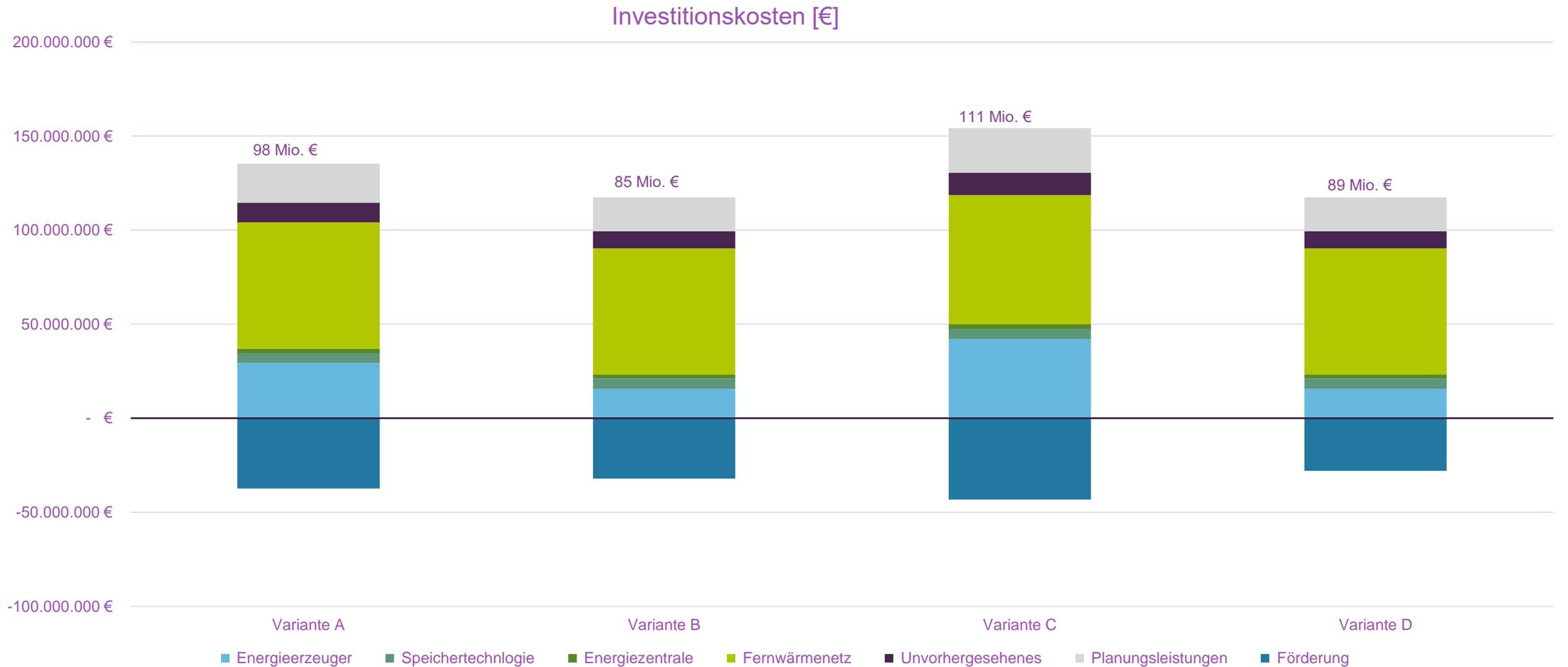


Wasserentnahme Hafen (mittel)

### Bildquellen:

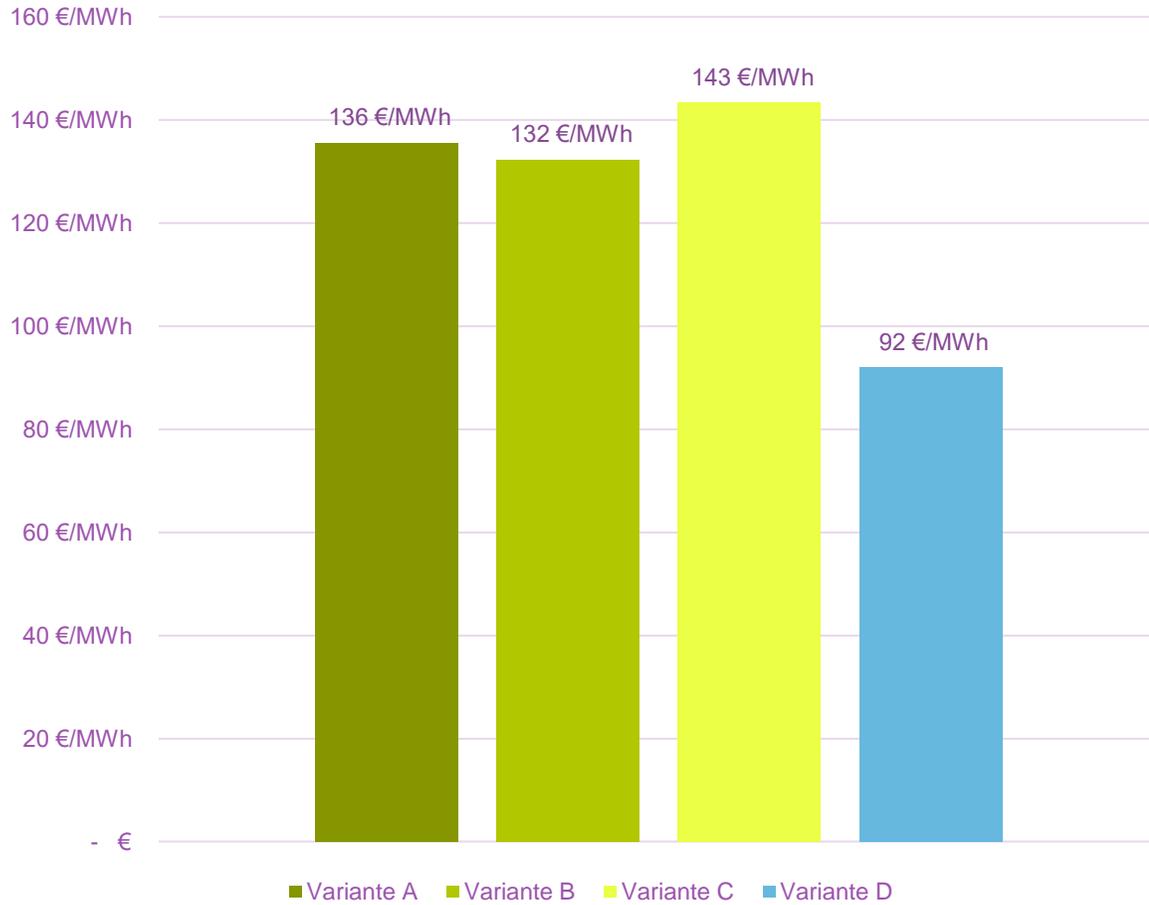
Wärmespeicher: Cupasol  
Elektrolyseur: H-Tec Systems  
Meerwasserentnahme: Google Bilder  
Luftkühlerfeld: Johnson Control  
Wasserentnahme Hafen: Google Bilder  
H2-Ready Turbine: Kawasaki

# Investitionskosten inklusive Förderung



# Wirtschaftliche Ergebnisse

Wärmekosten

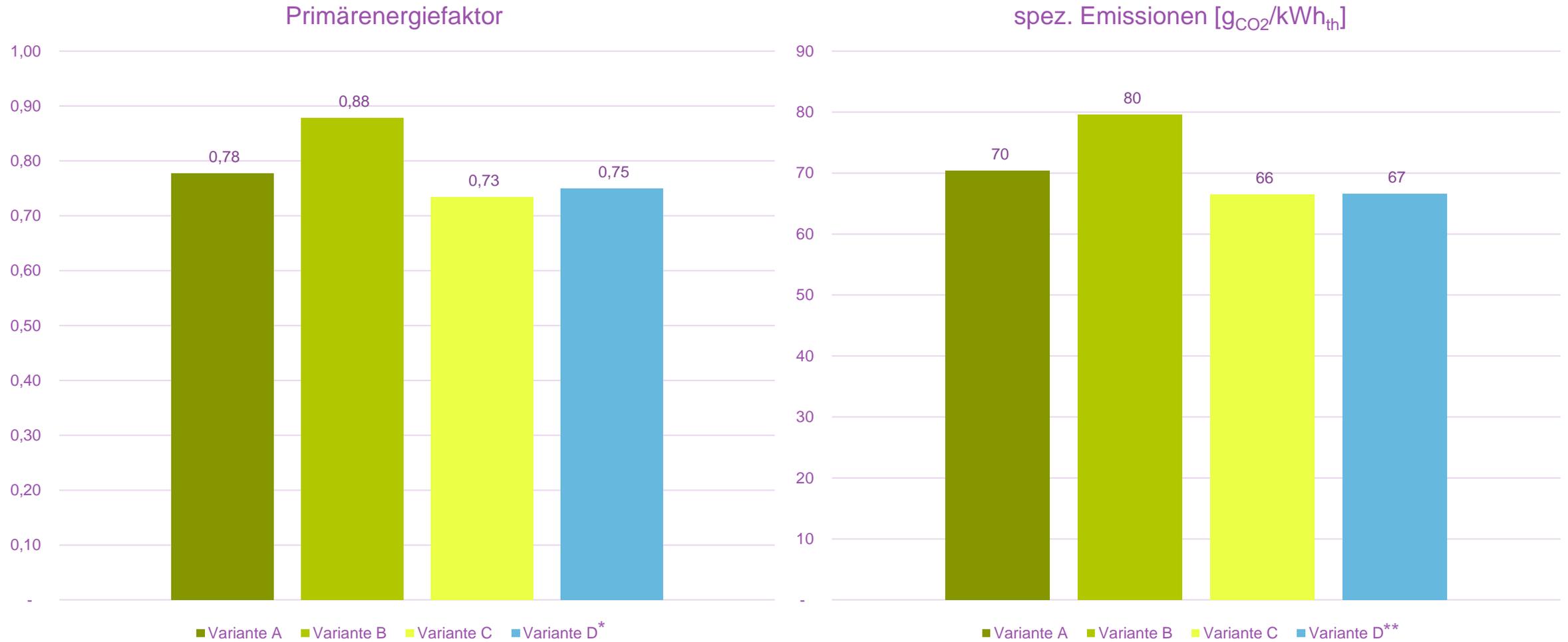


Jährliche Gesamtkosten und Erlöse Wärmeverkauf



\*geschätzter Wärmemischpreis zw. 100 – 120 €/MWh; Wärmeabsatz 2030 rd. 116.000 MWh/a

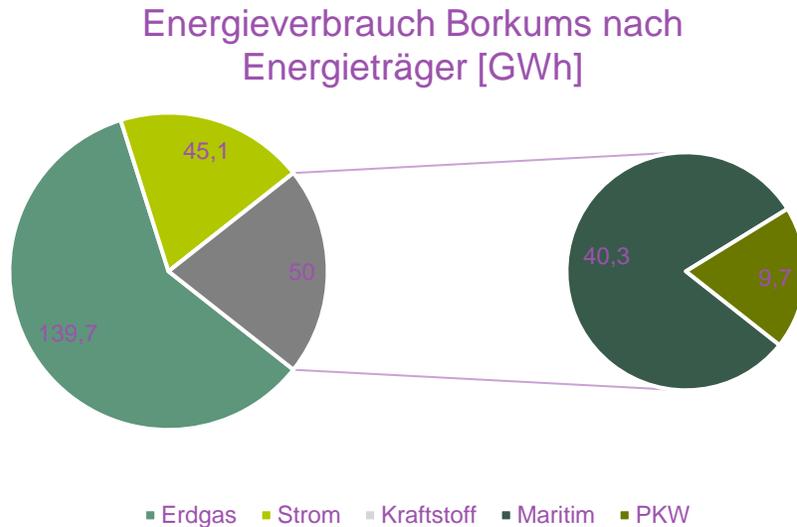
# Primärenergiefaktor und CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wärmeversorgung



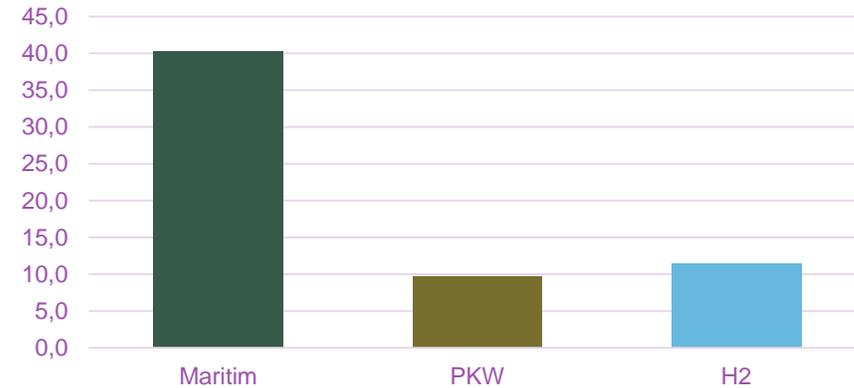
\* berechnet nach der Stromgutschrift-Methode, offizielle Methode nach EnEV/GEG und zur Zertifizierung des AGFW

\*\* berechnet nach der Carnot-Methode, offizielle Methode zur Zertifizierung des AGFW

## Variante D: Was kann der überschüssige Wasserstoff zum Verkehrssektor beitragen?



Energieverbrauch und H2 Produktion [GWh]



### CO<sub>2</sub>-Einsparungen nach Kraftstoffart

- 2.579 t CO<sub>2</sub> bei Benzin-Diesel-Mix
- 3.374 t CO<sub>2</sub> bei Schweröl

### Prozentualer Anteil von H2 an Kraftstoff

- 28,6 % an maritimer Nutzung
- 118,3 % bei PKW Nutzung

In Variante D ließe sich mit dem Überschuss des erzeugten Wasserstoffs der **gesamte Insel-Verkehr Borkums emissionsfrei** stellen.

## Einordnung der Ergebnisse

- Eine klimaneutrale und emissionsfreie Wärmeversorgung 2030 ist **technisch machbar**
- Die **Unterschiede** zwischen den verschiedenen erneuerbaren Wärmequellen (Meer, Luft, Solar) sind **eher gering**
  - Kosten zwischen 132-143 €/MWh
  - 0 g/kWh CO<sub>2</sub>-Emissionen durch Ökostromeinsatz, PPA oder Kompensation ohne relevante Mehrkosten möglich
- **Baukasten sinnvoll** – Kombination verschiedener Technologien
  - Versorgungssicherheit
  - Förderrahmen und Regulatorik dynamisch – 2021 neuer Förderrahmen für EE-Wärme erwartet
- Die **Versorgungsvarianten A-C** sind ohne Sonderförderungen (REALLABOR o.ä.) **nicht wirtschaftlich**
  - Eine Durchsetzung durch ein Anschluss- und Benutzungsgebot o.ä. würde bei hohen Mehrkosten voraussichtlich auf erheblichen Widerstand stoßen (politisch & juristisch)
  - Förderquoten von 62%-75% würden Wärmekosten auf 120€/MWh senken
  - Die Option auf ein **Reallabor** sollte daher verfolgt werden

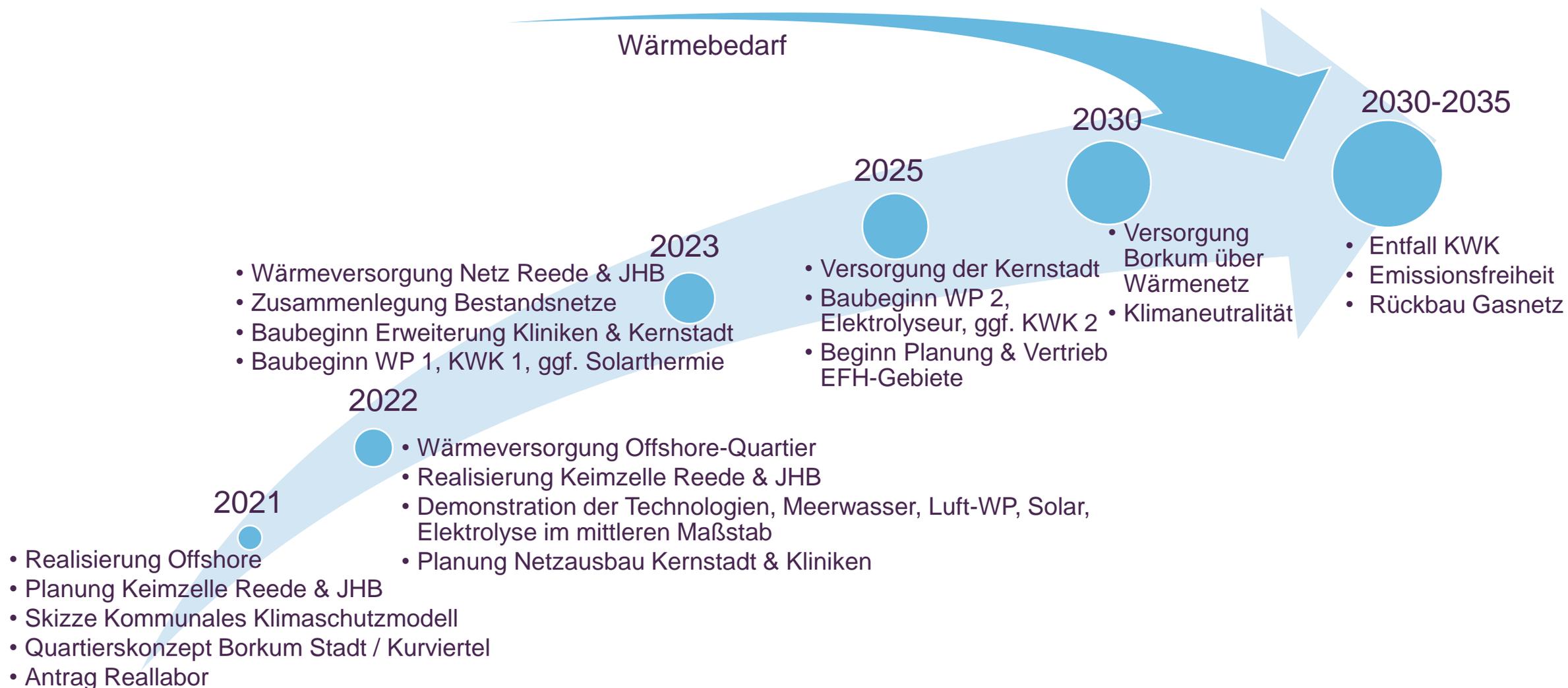
## Einordnung der Ergebnisse II

- Durch Einbeziehung von KWK sind **wirtschaftlich vertretbare Wärmepreise** für ganz Borkum erreichbar
  - Mit sehr guten Nachhaltigkeitswerten
  - Wesentliche günstigere Ergebnisse in Kerngebieten und Bestandsnetzen möglich
  - Förderdauer ca. 8-10 Jahre ab Betriebsbeginn
  - Technische Lebensdauer wesentlich höher (Backup / Redundanz) – H<sub>2</sub>-ready
- **Sukzessiver Ausbau** der Netze und Erzeugungsanlagen in **flexiblem System**
  - Jeweils anstehende Investitionsentscheidungen in Abhängigkeit der Förder- und Marktbedingungen
- Wesentliche **Reduktion** (ca. 2/3) der direkten **Emissionen** gegenüber Status-quo in Variante D
  - Emissionsfreiheit ab 2030 möglich durch H<sub>2</sub>-ready Anlagentechnik
- Einbeziehung des **Verkehrssektors** durch **H<sub>2</sub>-Produktion** und **E-Mobilität**
- **Sanierung** der Gebäude und Bedarfsreduktion können bis Ende KWK-Förderung **Ersatz obsolet** machen

## Strategie

- **Borkum „klimaneutral und emissionsfrei“ als Prozess begreifen**
  - Ausbau & Zusammenschluss bestehender Netze
  - Schrittweise Ausbau um Ankerkunden
  - Stufenweiser Ausbau der Erzeugungskapazitäten
  - Jeweils einzelne Investitionsentscheidungen unter den dann gültigen Bedingungen
    - Dynamische energiewirtschaftliche und Förderlandschaft
- **Erweiterung des „Labors“ Offshore-Quartier auf die „Keimzelle“ Reede & Jugendherberge**
  - Erfahrung sammeln mit verschiedenen Technologien in begrenztem aber relevantem Maßstab
  - Vertrauen schaffen
- **Verfolgung von verschiedenen Förderoptionen für**
  - Konzepte (KfW 432)
  - Planungen (WN 4.0, Modul 1)
  - Investitionen (WN 4.0, Modul 2, REALLABOR)
  - Ggf. zukünftig auch Betrieb (Solarthermie, Wärmepumpen, Elektrolyse)
- **Kopplung mit Städtebaulicher Sanierung und Breitbandausbau**

# Zeitschiene für Klimaneutralität & Emissionsfreiheit – ambitioniert, aber machbar



## Nächste Schritte

- **Entwicklung der Keimzelle Reede**
  - Errichtung Wärmeversorgung Offshore-Quartier
  - Vorbereitung Antragsskizze „Kommunales Klimaschutzmodellprojekt“ (bis 10 Mio. / 80% Förderung)
  - Sicherung JHB als Kunden, weiterer Vertriebschwerpunkt in Reede
  - Wärmenetze 4.0 Modul 1 – Förderung bis Genehmigungsplanung
- **Beantragung von Fördermitteln bei der KfW für Quartierskonzept „Borkum Stadt / Kurviertel“**
  - **Schwerpunkte:**
    - Bedarfsreduktion bis 2030
    - Verkehrskonzept
    - Konkretes Wärmekonzept für erste Ausbaustufe
    - Ggf. Nutzung des Budgets zur Erarbeitung der Skizze Reallabor
  - **Mögliche Begleitung durch Sanierungsmanagement**
    - Aufbau eigenes Personal mit Kompetenz vor Ort
    - Bis zu fünf Jahre Laufzeit
    - Budget für Fachplanungsleistungen förderfähig

## Fazit: Ergebnisse und Empfehlungen in der Übersicht

- Empfohlene **Kombination von Technologien** ermöglicht kurzfristigen und wirtschaftlichen Eintritt in die Umstellung der Wärmeversorgung
  - Innovative, klimafreundliche und emissionsarme Technologien
  - **Klimaneutralität ist bis 2030 möglich**, Emissionsfreiheit ggf. etwas später
- **Baukastenprinzip** ermöglicht optimale Entscheidungen zeitnah zur Realisierung
  - Energiewirtschaftliche Umfeld entwickelt sich dynamisch
- **Umsetzbarkeit hängt nicht von einzelnen Potenzialen** und/oder Genehmigungen ab
- Vielzahl von Optionen für **höhere als die angenommenen Standard-Förderungen**
  - Kommunales Klimaschutzmodellprojekt Reede (80% bis 10 Mio.)
  - Reallabor (5 Jahre inkl. Abschreibung)
  - Einzelne Forschungs- und Demonstrationsvorhaben (bis 100%)