

Das Energiewende-Kraftwerk in Kiel – Küstenkraftwerk K.I.E.L. (...ein Gasmotorenkraftwerk)

Roger Mayer, Bereichsleitung Erzeugung

„Die konventionellen Kraftwerke von morgen müssen ihre hohe Leistungsfähigkeit durch Flexibilität ergänzen und vorhandene Technologien sinnvoll integrieren“

Deine Energie ist hier.

- 1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick**
2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks
3. Historie
4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt
5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)
6. Aktueller Projektstand

Stadtwerke Kiel

Anteilseigner & Kennzahlen

Anteilseigner	MVV Energie AG 51%	Landeshauptstadt Kiel 49%
----------------------	-----------------------	------------------------------

Geschäftsjahr 2015/16	SKW gesamt	Strom	Gas	Wasser	Fernwärme
Umsatz	541,87 Mio. €	165 Mio. €	55,7 Mio. €	35,8 Mio. €	71,9 Mio. €
Absatz		933,7 GWh	1.077,4 GWh	17,3 Mio. m³	1.041,4 GWh
Netzlänge		3.500 km	1.831 km	1.737 km	374 km
Versorgte Wohneinheiten		147.474	43.510	81.272	ca. 73.580
Mitarbeiter	993*				

* Im Jahresdurchschnitt

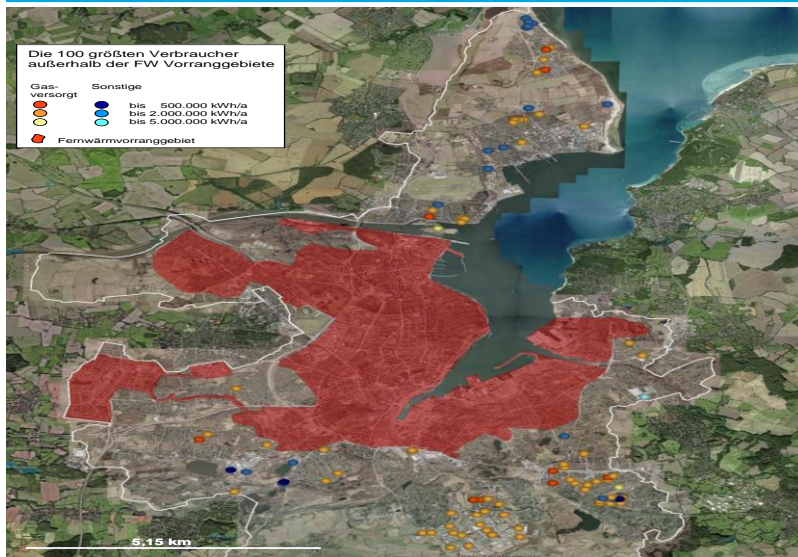
Agenda

1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick
- 2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks**
3. Historie
4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt
5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)
6. Aktueller Projektstand

Wesentliche Projektziele

Die Sicherung der Kieler Fernwärmeversorgung ist primäre Projektmotivation

Fernwärmeversorgungsgebiet Kiel

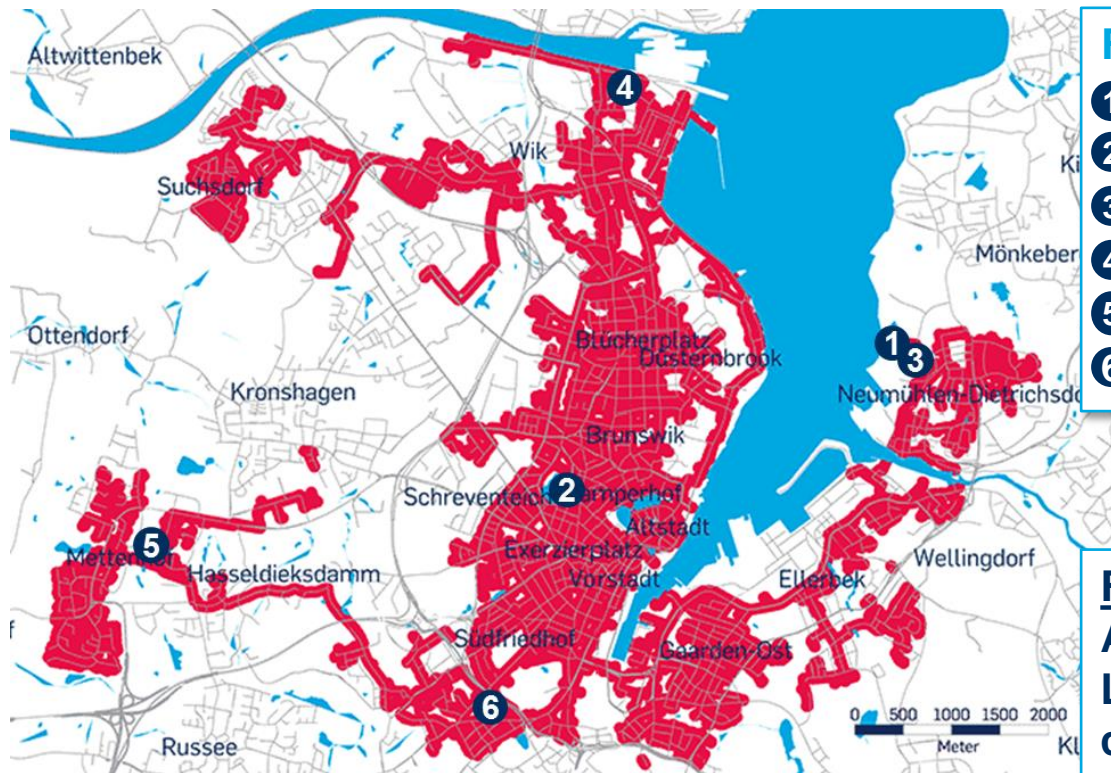


Ziele/Motivation

1. **Langfristige Sicherstellung einer umweltfreundlichen Fernwärmeversorgung in Kiel**
2. **Nachhaltige wirtschaftliche Grundlage der Fernwärme- und Stromproduktion von SWK**
3. **Beitrag zur Erreichung der Klimaziele der Landeshauptstadt Kiel**

Fernwärmeversorgung in Kiel

Versorgungsgebiet und Erzeugungsanlagen



Fernwärmeerzeugung:

- ① **Gemeinschaftskraftwerk Kiel**
- ② **Heizkraftwerk Humboldtstraße**
- ③ **Heizwerk Ost (Spitzenheizwerk)**
- ④ **Heizwerk Nord (Spitzenheizwerk)**
- ⑤ **Heizwerk West (Spitzenheizwerk)**
- ⑥ **MVK (Fremdbezug)**

Fernwärme:

Absatz: ca. 1,2 TWh
Leistung: ca. 500 MW
ca. 70.000 Haushalte

Agenda

1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick
2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks

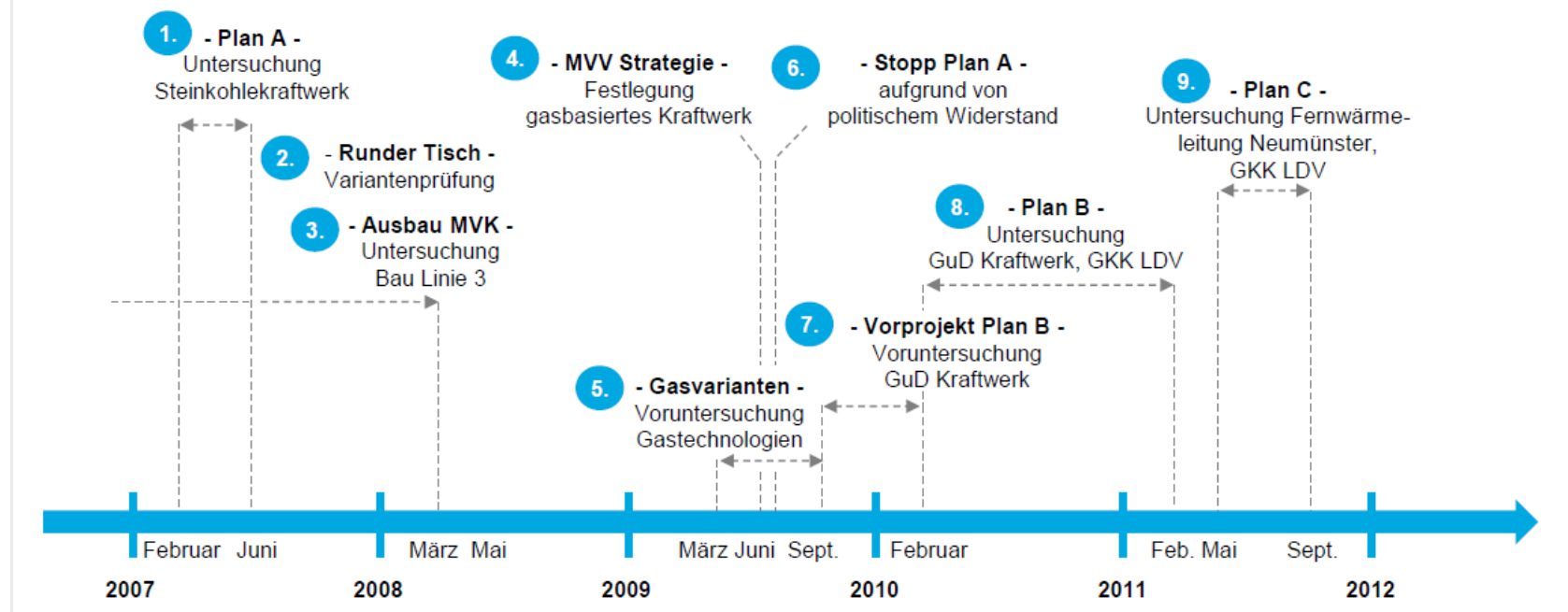
3. Historie

4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt
5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)
6. Aktueller Projektstand

Technische Alternativen (1/2)

Im Zeitraum von 2007 bis Anfang 2014 wurden 16 unterschiedliche Varianten zur Sicherung der Wärmeversorgung in Kiel untersucht

Übersicht Untersuchungen zu Alternativen als Nachfolge von GKK sowie wichtige Meilensteine

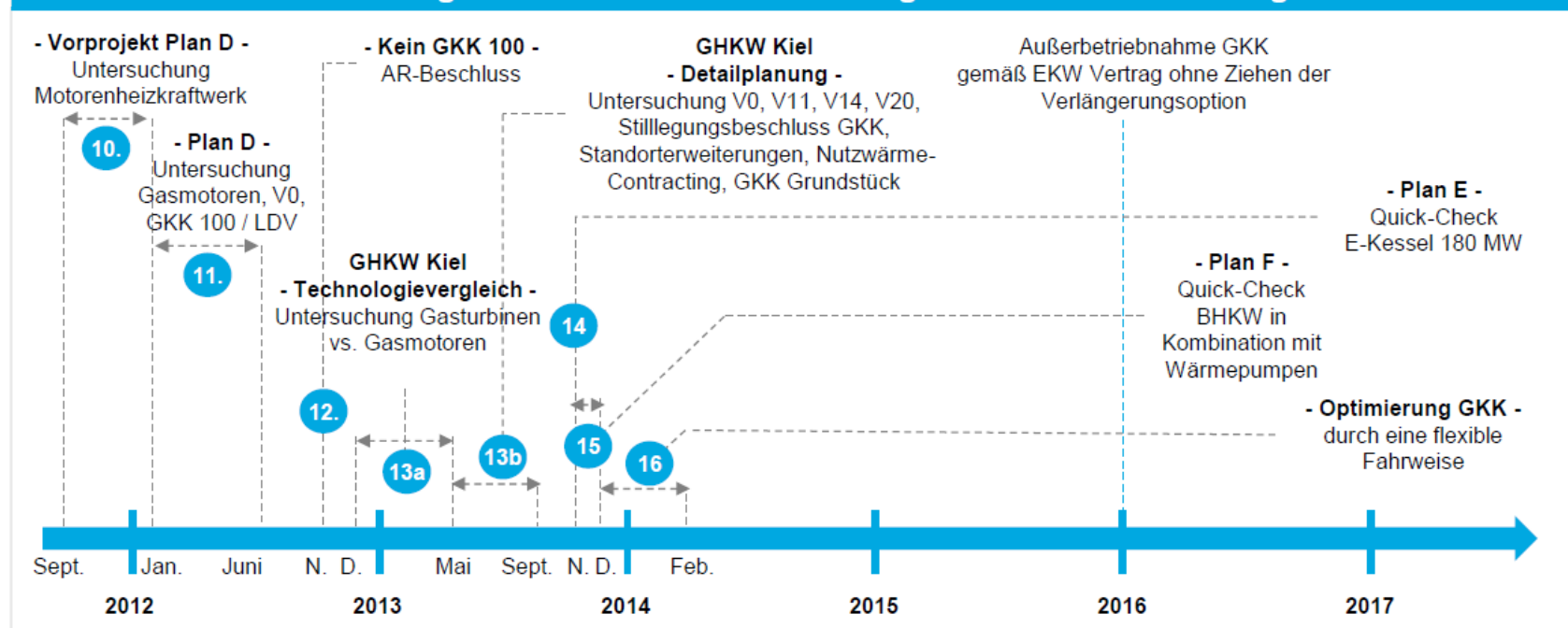


Anmerkungen: LDV = Lebensdauerverlängerung; GHKW = Gasheizkraftwerk

Technische Alternativen(2/2)

Vom Kohlekraftwerk bis hin zum Gaskraftwerk in Kombination mit Wärmepumpen wurden alle möglichen Technologien mit hohem Reifegrad untersucht

Übersicht Untersuchungen zu Alternativen als Nachfolge von GKK sowie wichtige Meilensteine



Anmerkungen: LDV = Lebensdauerverlängerung; GHKW = Gasheizkraftwerk

Agenda

1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick
2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks
3. Historie
- 4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt**
5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)
6. Aktueller Projektstand

Modulares und hochflexibles Kraftwerk

Kernstücke sind Gasmotoren, Wärmespeicher und Elektrodenkessel

Kerndaten des Küstenkraftwerks K.I.E.L.

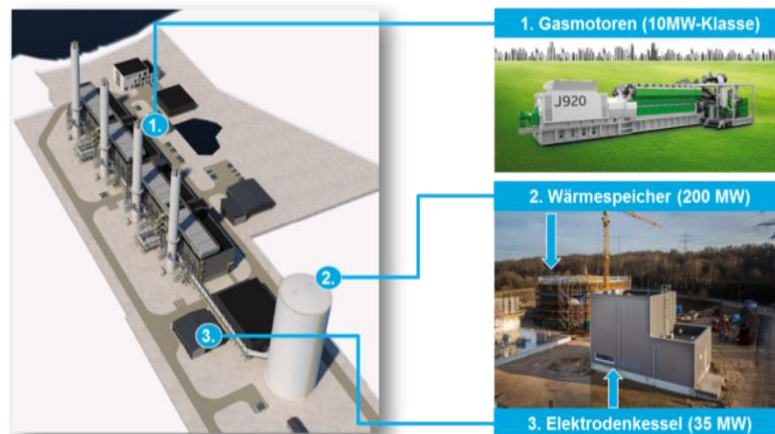
Erdgasbasierte Heizkraftwerkslösung
(70-80% weniger CO₂-Emissionen)

Modulare Bauweise mit **20 Gasmotoren**

Schnelles, flexibles Regelkraftwerk mit **Wärmespeicher**
und **Elektrodenkessel** (35 MW)

Investitionsvolumen: 290 Mio. Euro

Generalunternehmer: Kraftanlagen München (KAM)
und Jenbacher Gasmotoren von GE



Technologieentscheidung

Warum 20 Gasmotoren und nicht vier Gasturbinen?

Motoren sind flexibler und schneller bei hoher Verfügbarkeit

- Die 20 Gasmotoren können unabhängig voneinander betrieben werden
- Schnellstartfähigkeit (<5 Minuten)
- Hohe Verfügbarkeit von über 95 Prozent (ganzjährig 19 Motoren)
- Vielstartfähigkeit (rd. 800 Starts pro Jahr bzw. mehrere Starts am Tag)
- Möglichkeit der modularen Erweiterung



Durch die modulare Bauweise können die einzelnen Motorenblöcke sehr flexibel auf den aktuellen Energiebedarf ausgerichtet werden.

Technische Daten

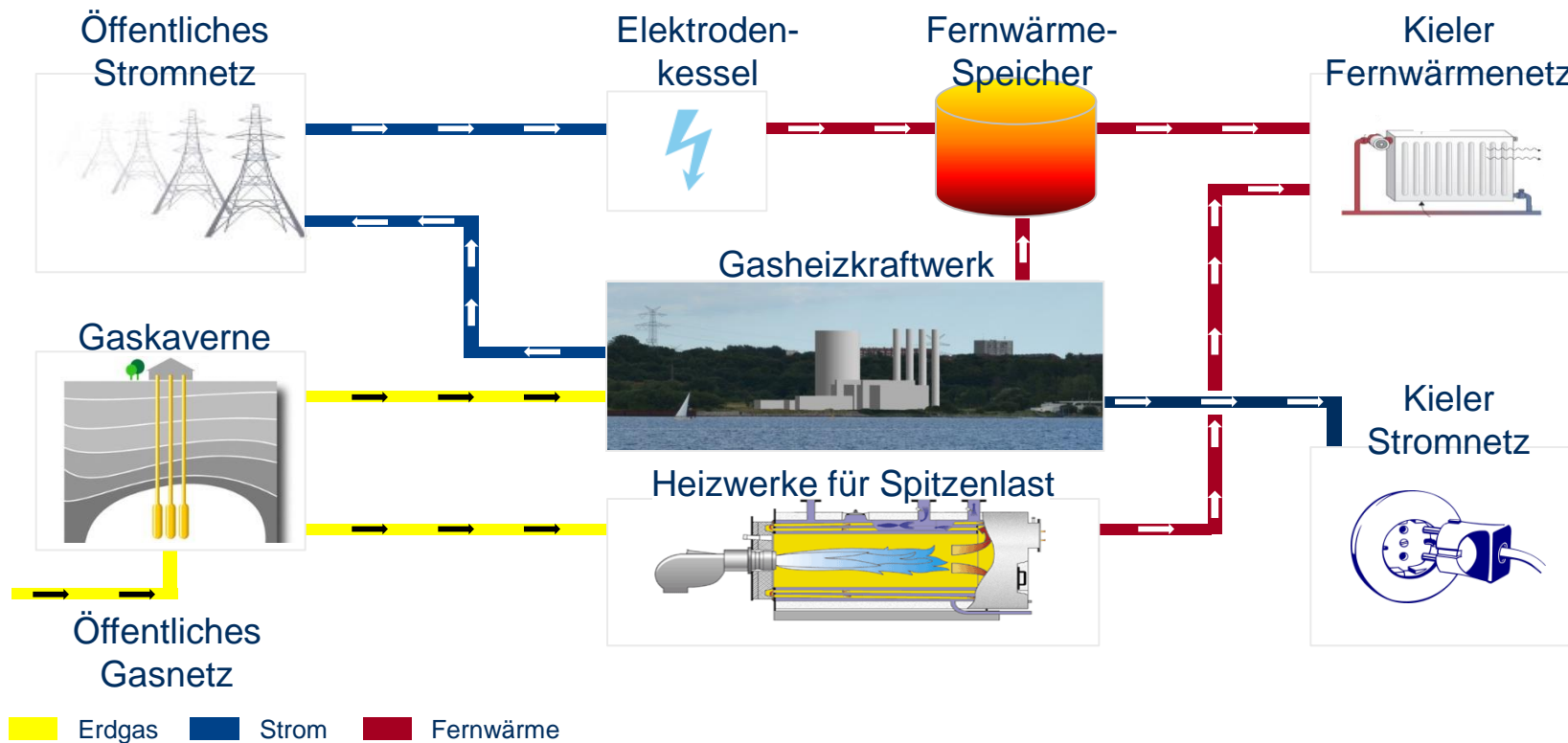
Etwa 92 % Gesamt-Bruttowirkungsgrad; elektrische und thermische Leistung
von jeweils ca. 190 MW

Kategorie	Beschreibung	
Kraftwerk	Anzahl Motoren <small>(Jenbacher Gasmotoren der 10-MW-Klasse)</small>	20 Stück
	Gesamtleistung	Thermisch: ca. 192 MW _{Brutto} Elektrisch: ca. 190 MW _{Netto}
	Bruttowirkungsgrade	Thermisch: ca. 46 % Elektrisch: ca. 45 %
	Verfügbarkeit	≥ 95 % (ganzjährig 19 Motoren)
	Schnellstartfähigkeit	≤ 280 Sekunden
Elektrodenkessel	Thermische Leistung	35 MW
Wärmespeicher	Wasservolumen / Nutzvolumen	ca. 42.000 m ³ / 30.000 m ³
	Thermische Leistung (Ein-/Ausspeisung)	200 MW

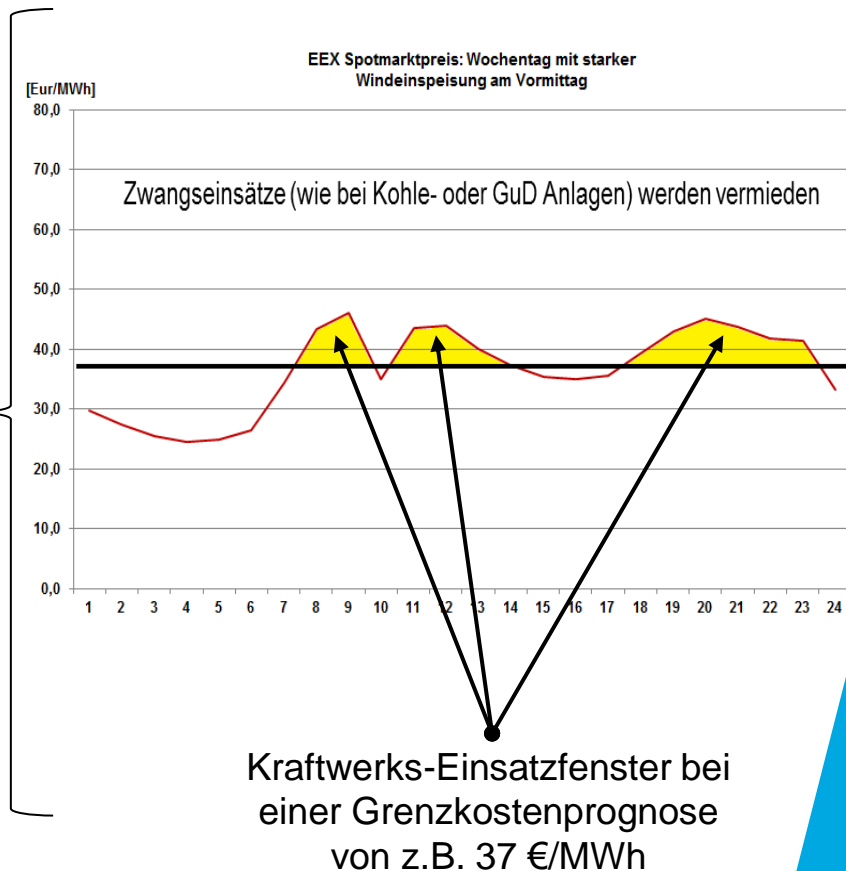
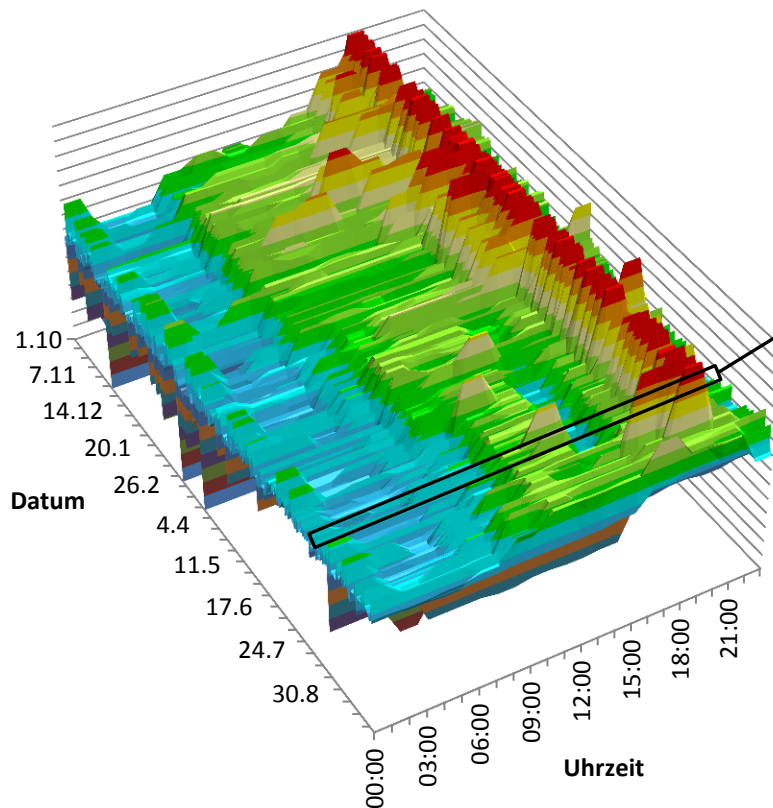
Funktionsprinzip GHKW

Das System bietet eine hohe Flexibilität

Schematischer Systemaufbau

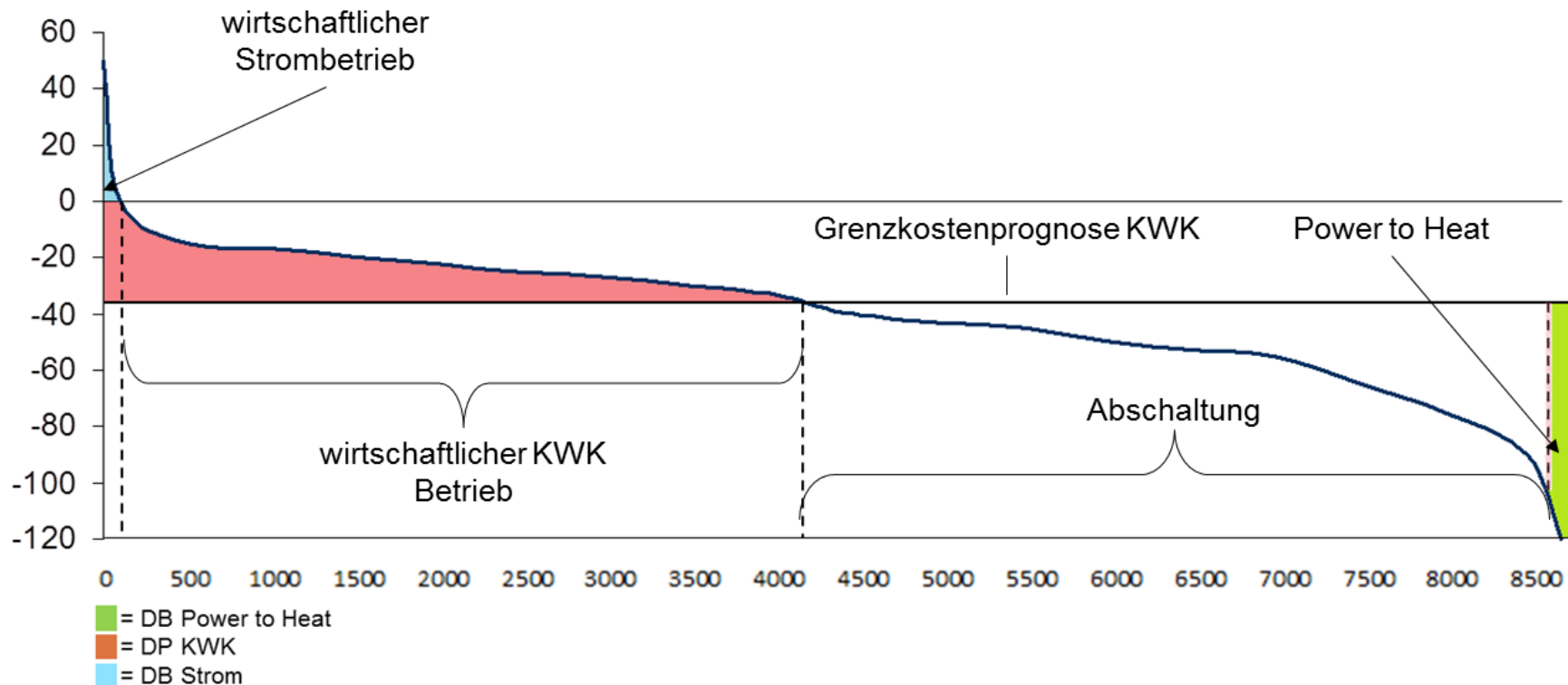


Einsatzchancen im prognostizierten Strommarkt

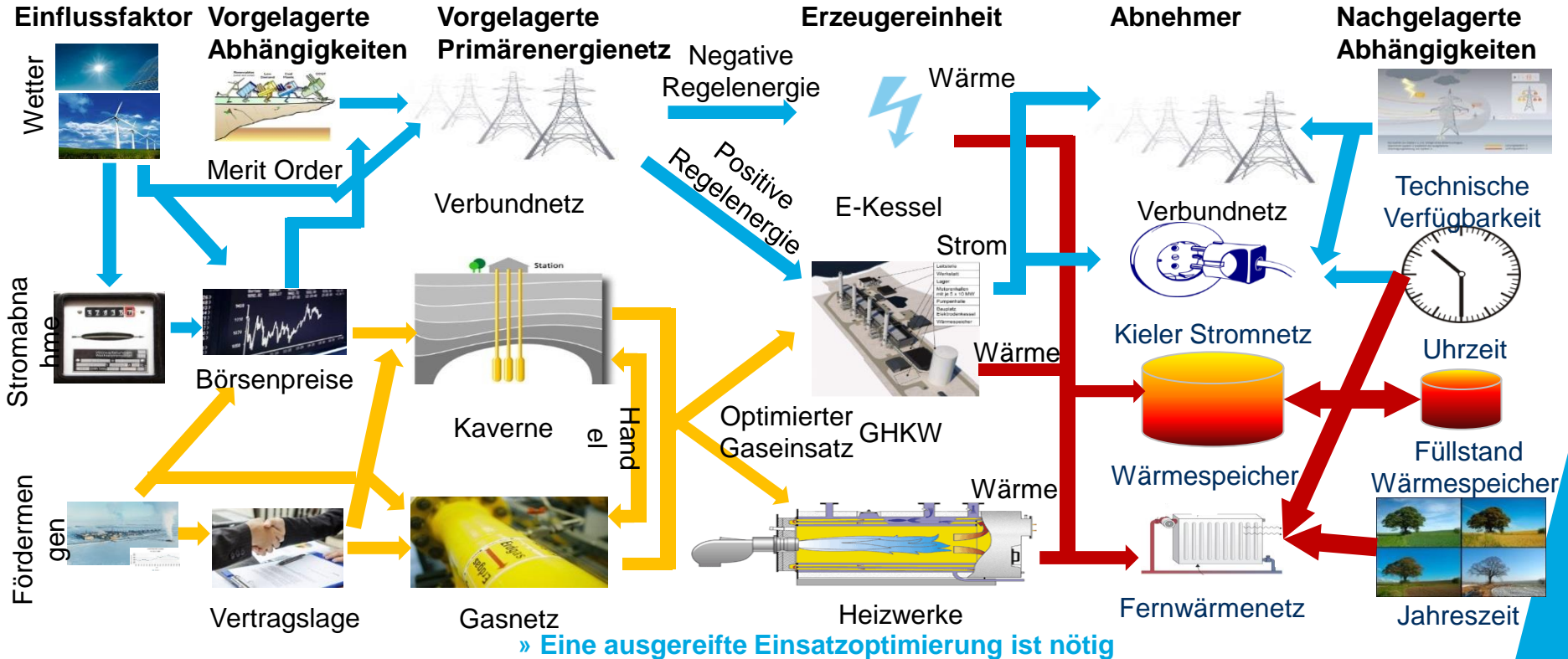


Wirtschaftliche Betriebsbereiche

Die geordnete Jahresdauerlinie des CSS zeigt den wirtschaftlichen Einsatzbereich



Komplexität des Systems



Vorteile auf einen Blick

Das Küstenkraftwerk ist als „Energiewendekraftwerk“ am zukünftigen Energiemarkt optimal aufgestellt

1. Wirtschaftlichkeit

- Niedrige Fixkosten bei höheren variablen Kosten machen K³ in Verbindung mit der KWK-Förderung sehr attraktiv
- Zusätzliche Erlöse aus der Vermarktung von Regelernergie

2. Marktanforderungen

- Zukünftig ist Flexibilität am Markt von großer Bedeutung
- Zeiten mit Preisspitzen werden am Markt zunehmen
- GHKW erfüllt alle Anforderungen, die sich aus der Energiewende ableiten lassen: Schnellstartfähigkeit, Vielstartfähigkeit, Flexibilität, Modularität, Effizienz (KWK)

3. Versorgungssicherheit

- K³ hat geringere Ausfallrisiken für die Fernwärmeversorgung durch kleinere Blockeinheiten

4. Investitionen

- Reinvestitionen in Heizwerke werden durch K³ aufgrund kleinerer Blockgrößen dauerhaft reduziert

5. Veränderungsfähigkeit

- Kann bei sich langfristig ändernden Lastbedarfen modular angepasst werden (Zu- oder Abbau von Gasmotoren)

Agenda

1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick
2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks
3. Historie
4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt
- 5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)**
6. Aktueller Projektstand

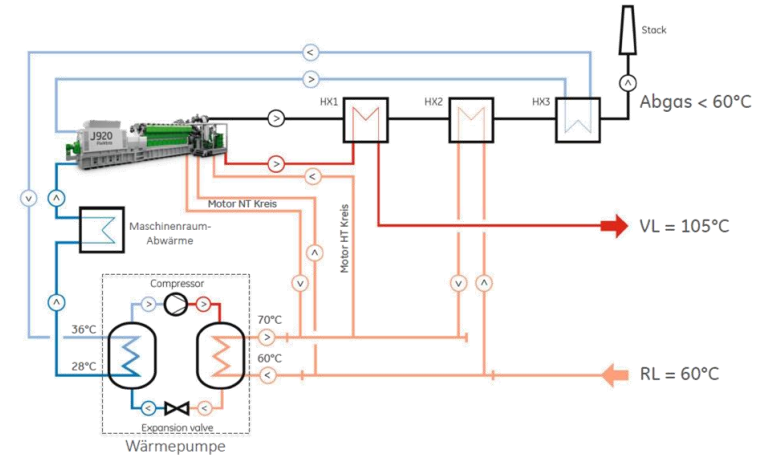
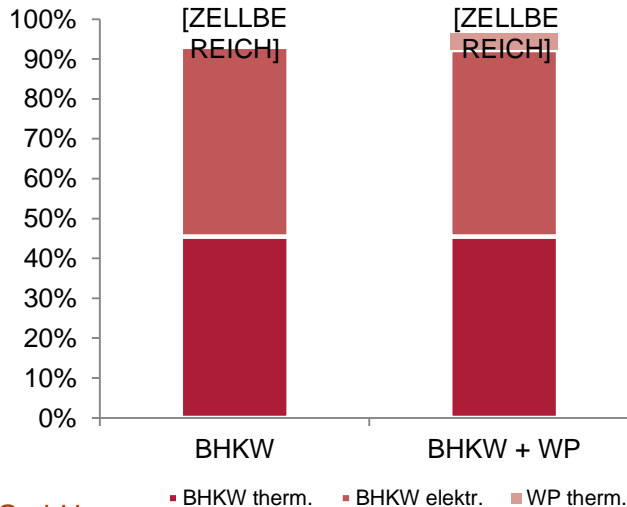
Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld – Ein hocheffizientes und hochflexibles Konzept

- Innovatives technisches Betriebskonzept durch Einsatz eines 9 MWth-BHKW in Kombination mit einer 800kWth-Wärmepumpe zur Wärmerückgewinnung => **Wirkungsgradsteigerung** von Blockheizkraftwerken auf nahezu 100 Prozent
- Zukunftsorientierte Motorentechnik, geeignet für
 - Umstellung des eingesetzten Brennstoffes auf **erneuerbare Brennstoffe** (z.B. Bioerdgas, Biogas)
 - höhere Wasserstoffgehalte im öffentlichen Gasnetz bei Einbindung von Power-to-Gas Anlagen; durch separate Steuerung jedes einzelnen Zylinders
- Einbindung als eine von mehreren Erzeugungsanlagen in das **Wärmeverbundnetz** Ost der HanseWerk Natur zu dem auch der **Multifunktionsspeicher** Karlshöhe gehört
- Bestandteil des **virtuellen Kraftwerks** der HAWN



Effizienz – Die Idee

- Verbesserung des Gesamtwirkungsgrades **auf über 96%** durch den Einsatz der Wärmepumpe => Nutzung bisheriger Abwärme konventioneller BHKW (Maschinenraumabwärme, 3. Abgaswärmetauscher, Generatorabluft)
- Dies entspricht einer **Steigerung um + 3,4%** (inkl. Strombedarf der WP) gegenüber dem Betrieb ohne Wärmepumpe



Leistung/Verbrauch

		KWK	KWK + Wärmepumpe
Erdgas	kW _{th}	19.995	19.995
el. Leistung Motor	kW _{el}	9.513	9.513
el. Leistung Wärmepumpe	kW _{el}		150
el. Leistung netto	kW_{el}	9.513	9.363
el. Wirkungsgrad	%	47,6	46,8
th. Leistung	kW _{th}	9.098	9.098
th. Leistung Wärmepumpe	kW _{th}		839
th. Leistung netto	kW_{th}	9.098	9.937
th. Wirkungsgrad	%	45,5	49,7
Stromkennzahl	-	1,05	0,96
Gesamt-Wirkungsgrad	%	93,1	96,5
Effizienzsteigerung um:	%		+3,4

Effizienz – Die Praxis auf Basis von Betriebsdaten aus dem ersten Jahr

- Leistungsdaten wurden in der Praxis noch deutlich übertroffen
- Steigerung des elektrischen Wirkungsgrades um mehr als 0,5% auf 48,15% bei einem Gesamtwirkungsgrad von über 98%
- Die Betriebsdaten aus dem ersten Jahr übertreffen deutlich die Erwartungen und liegen nur knapp unterhalb den gemessenen Leistungsdaten der Leistungsfahrt
- Der Gesamtnutzungsgrad von über 97% bei nur knapp 4.000 Betriebsstunden ist ein deutliches Alleinstellungsmerkmal gegenüber bisherigen Anlagenkonzepten

Gemessene Werte der Leistungsfahrt vor Ort

Elektrischer Wirkungsgrad	48,15 %
Thermischer Wirkungsgrad	50,55 %
Gesamtwirkungsgrad	98,70 %

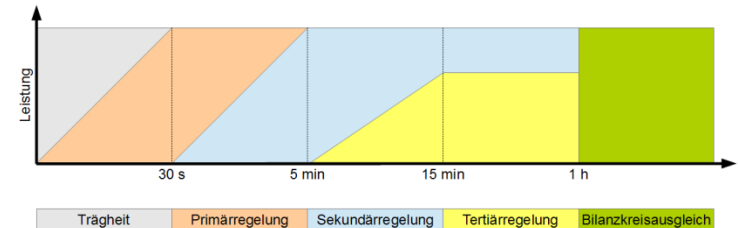
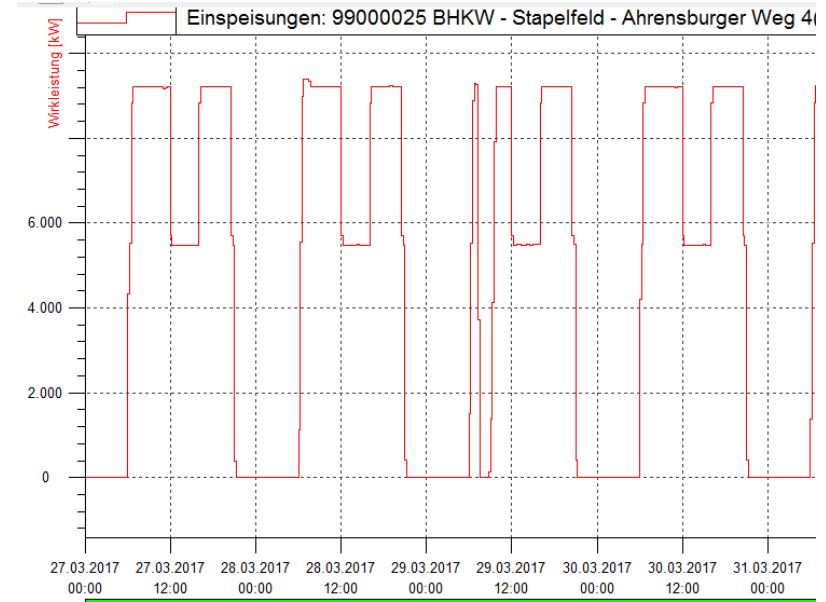
BHKW + WP

Erdgas Verbrauch	MWh_{HS}	86.690
Stromerzeugung	MWh _{el}	34.852
Stromeigenbedarf WP	MWh	- 354
Stromeinspeisung	MWh_{el}	34.498
Wärmeerzeugung BHKW	MWh _{th}	39.857
Wärmeerzeugung WP	MWh _{th}	1.837
Wärmeerzeugung Gesamt	MWh_{th}	41.695
Betriebsstunden	Bh	3.953
Nutzungsgrad Elektrisch	η_{el} %	44,09
Nutzungsgrad Thermisch	η_{th} %	53,29
Nutzungsgrad Gesamt	η_{BHKW} %	97,38

Flexibilität

BHKW-Stapelfeld wird stromgeführt gefahren

1. Vermarktung im 1h Day Ahead Strommarkt;
Vermarktung im Fahrplan hinterlegt
2. Eingebunden in das Virtuelle Kraftwerk der HAWN
 - VPP-Pool bestehend aus 68 BHKWs und 4 Elektrokessel
 - Bereitstellung von negativer Minutenreserveleistung (MRL)
 - Erfolgreiche Leistungsfahrt für die Bereitstellung positiver & negativer Regenergie in 07.2016 erfolgt
 - Warmstart innerhalb von 300 Sekunden (von 0 – 100%) => Geeignet für Sekundärregelung und Abfangen der Residuallast
 - Nutzung von Preisdifferenzen in Kurzfristmärkten (Intraday-Markt)



Agenda

1. Stadtwerke Kiel im Kurzüberblick
2. Notwendigkeit des neuen Kraftwerks
3. Historie
4. Konfiguration und Funktionsprinzip im Energiemarkt
5. Praxisbeispiel BHKW Stapelfeld (HanseWerk)
- 6. Aktueller Projektstand**

Grundstücks-Sanierung

Überraschungen waren im Untergrund



Vorprojekt Altlasten & Kampfmittel

Munitionsfunde (vom 10.12.2013 – 29.09.2014)



Elektrodenkessel: 8. Dezember 2015

Elektrodenkesselgebäude



Baustellengelände: Mai 2017

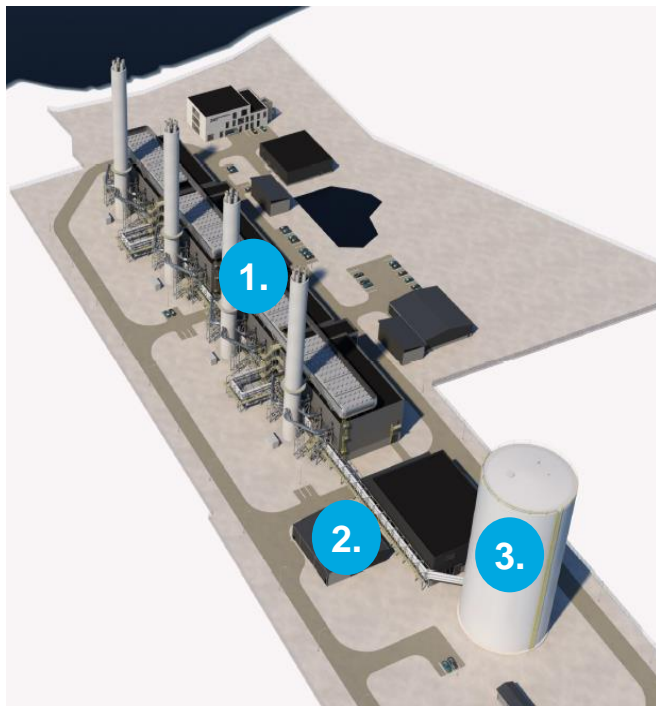


Baustellengelände: Mai 2017



Küstenkraftwerk Kiel

92 % Wirkungsgrad, 70-80 % weniger CO₂, 290 Mio. € Investitionsvolumen,
190 MW Leistung (elektrisch/thermisch); **ein Energiesystem für die Energiewende**



1. Zwanzig Gasmotoren



2. E-Kessel



3. Wärmespeicher



Küstenkraftwerk K.I.E.L.

Roger Mayer
Bereichsleitung Erzeugung

Deine Energie ist hier.