

# TRANS- FORMATIONS- PLAN



## Inhaltsverzeichnis

<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>3</b>
<b>1..... Rahmenbedingungen und Vorgehen</b> .....	<b>4</b>
<b>2..... Bestandsanalyse des Fernwärmesystems</b> .....	<b>6</b>
2.1..... Fernwärmenetz.....	6
2.2..... Fernwärmeabsatz.....	7
2.3..... Fernwärmeerzeugung und -speicherung.....	7
<b>3..... Potenzialanalyse</b> .....	<b>10</b>
<b>4..... Entwicklung des Fernwärmebedarfs</b> .....	<b>10</b>
<b>5..... Pfad zur Treibhausgasneutralität</b> .....	<b>12</b>
5.1..... Maßnahmen der ersten Phase des Transformationsplans.....	12
5.1.1..... Großwärmepumpe Fördewasser.....	12
5.1.2..... Wärmepumpe „Hafen Ost“.....	13
5.1.3..... Solarthermie 1.....	13
5.1.4..... Netzmaßnahmen 1.....	14
5.1.4.1..... Baulich.....	14
5.1.4.2..... Digitalisierung.....	14
5.2..... Maßnahmen der zweiten Phase des Transformationsplans.....	15
5.2.1..... Großwärmepumpe Fördewasser 2.....	15
5.2.2..... Wärmepumpe Klärwerk.....	15
5.2.3..... Solarthermie 2.....	16
5.2.4..... H <sub>2</sub> -Beimischung.....	16
5.2.5..... Netzmaßnahmen 2.....	16
5.2.5.1..... Baulich.....	16
5.3..... Maßnahmen der dritten Phase des Transformationsplans.....	17
5.3.1..... Biomassekessel.....	17
5.3.2..... Hochtemperatur-Großwärmepumpe.....	17
5.3.3..... Verbrennung 100 Prozent H <sub>2</sub> .....	18
5.3.4..... Wärmespeicher 3.....	18
5.4..... Maßnahmen der vierten Phase des Transformationsplans.....	20
<b>6..... Kostenrahmen und Finanzierung</b> .....	<b>20</b>
<b>7..... Anreizsystem</b> .....	<b>21</b>
<b>8..... Zielpfad der CO<sub>2</sub>e-Einsparung</b> .....	<b>22</b>

## Tabellenverzeichnis

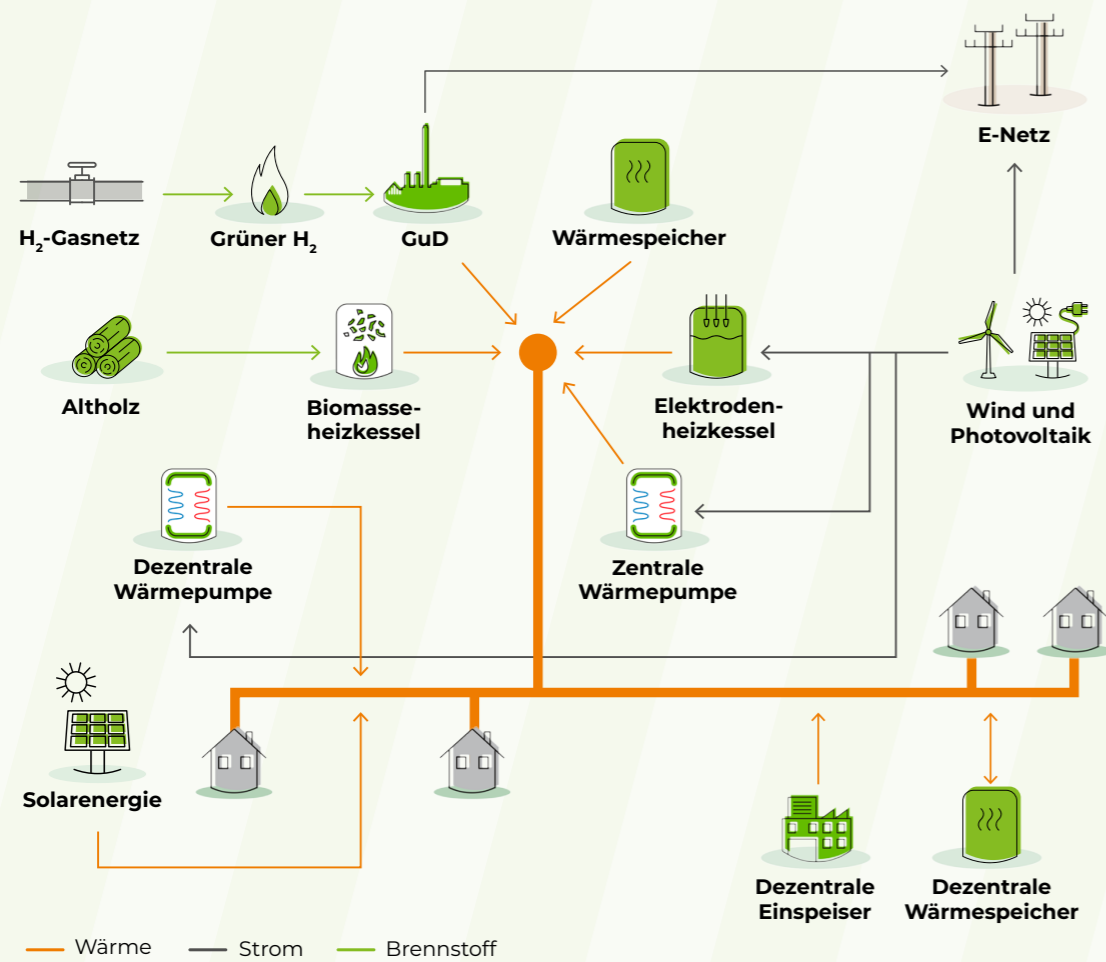
<b>Tabelle 1:</b> Fernwärmeabsatz (2020–2022).....	<b>7</b>
<b>Tabelle 2:</b> Überblick Erzeugungsanlagen.....	<b>8</b>
<b>Tabelle 3:</b> Zusammenfassung Potenzialanalyse.....	<b>10</b>
<b>Tabelle 4:</b> Übersicht Erzeugungsanlagen nach der dritten Phase.....	<b>19</b>
<b>Tabelle 5:</b> Kostenrahmen des Transformationspfades.....	<b>20</b>

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abbildung 1:</b> Energiesystem der Zukunft.....	<b>4</b>
<b>Abbildung 2:</b> Zielpfad der Stadtwerke Flensburg.....	<b>5</b>
<b>Abbildung 3:</b> Zusammenfassung Transformation des Fernwärmesystems.....	<b>5</b>
<b>Abbildung 4:</b> Übersichtsplan Fernwärmenetz SWFL.....	<b>6</b>
<b>Abbildung 5:</b> Erzeugerstandorte SWFL.....	<b>8</b>
<b>Abbildung 6:</b> Schema der Erzeugungsanlagen – Status Quo.....	<b>9</b>
<b>Abbildung 7:</b> Vereinfachte Anlagenfahrweise – Status Quo.....	<b>9</b>
<b>Abbildung 8:</b> Ausschnitt Wärmetlas Flensburg 2035.....	<b>11</b>
<b>Abbildung 9:</b> Übersicht der Phasen des Transformationsplans.....	<b>12</b>
<b>Abbildung 10:</b> Funktionsschema Großwärmepumpe.....	<b>13</b>
<b>Abbildung 11:</b> Schema der Erzeugungsanlagen – 1. Phase.....	<b>14</b>
<b>Abbildung 12:</b> Vereinfachte Anlagenfahrweise – 1. Phase.....	<b>15</b>
<b>Abbildung 13:</b> Schema der Erzeugungsanlagen – 2. Phase.....	<b>16</b>
<b>Abbildung 14:</b> Vereinfachte Anlagenfahrweise – 2. Phase.....	<b>17</b>
<b>Abbildung 15:</b> Schema der Erzeugungsanlagen – 3. Phase.....	<b>18</b>
<b>Abbildung 16:</b> Vereinfachte Anlagenfahrweise – 3. Phase.....	<b>19</b>
<b>Abbildung 17:</b> CO <sub>2</sub> -neutrale Erzeugerstandorte SWFL.....	<b>20</b>
<b>Abbildung 18:</b> Entwicklung der CO <sub>2</sub> e-Emissionen.....	<b>22</b>

## Abkürzungsverzeichnis

<b>BEW</b> .....	Bundesförderung effiziente Wärmenetze
<b>CO<sub>2</sub>e-Emissionen</b> .....	Maßeinheit zur Vereinheitlichung der Klimawirkung unterschiedlicher Treibhausgase
<b>EHK</b> .....	Elektrodenheizkessel
<b>FW</b> .....	Fernwärme
<b>GuD-Anlage</b> .....	Gas- und Dampfturbinenanlage
<b>GWP</b> .....	Großwärmepumpe
<b>H<sub>2</sub></b> .....	Wasserstoff
<b>HEL</b> .....	Heizöl extra leicht
<b>HT-GWP</b> .....	Hochtemperatur-Großwärmepumpe
<b>HKW</b> .....	Heizkraftwerk
<b>K5</b> .....	Kessel 5
<b>K9</b> .....	Kessel 9
<b>K11</b> .....	Kessel 11
<b>K12</b> .....	Kessel 12
<b>K13</b> .....	Kessel 13
<b>RHW</b> .....	Reserveheizwerk
<b>SWFL</b> .....	Stadtwerke Flensburg
<b>WP</b> .....	Wärmepumpe
<b>WSP</b> .....	Wärmespeicher

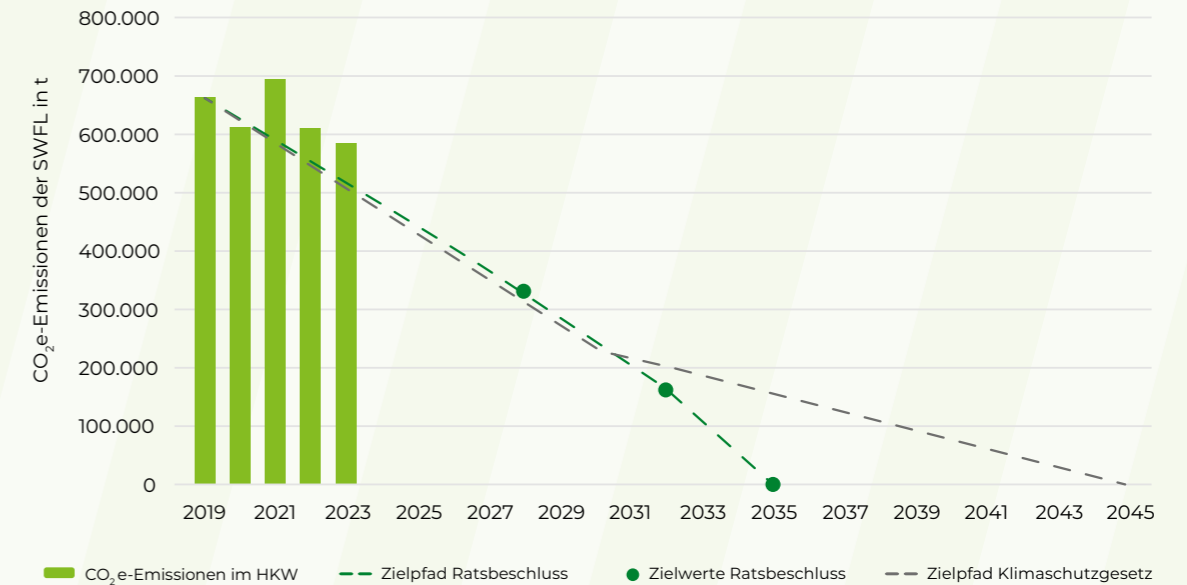


**Abbildung 1:**  
Energiesystem der Zukunft

## 1.....Rahmenbedingungen und Vorgehen

Alle müssen daran arbeiten, den CO<sub>2</sub>-Ausstoß und den anderer Klimarelevanter Gase deutlich zu reduzieren, um weitreichende Auswirkungen des Klimawandels zu vermeiden. Einer der Hauptverursacher des Klimawandels und der CO<sub>2</sub>-Emissionen ist der Einsatz fossiler Brennstoffe zur Energieerzeugung. Während in der Vergangenheit der Fokus in Deutschland vor allem auf einer Reduktion der CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsektor lag, müssen nun auch die CO<sub>2</sub>-Emissionen bei der Wärmeerzeugung reduziert werden. Die Stadtwerke Flensburg GmbH (SWFL) ist sich ihrer gesellschaftlichen Verantwortung insbesondere zukünftigen Generationen gegenüber bewusst und hat einen umfassenden Transformationsplan zur Dekarbonisierung der Fernwärmeversorgung, also den Ersatz fossiler Brennstoffe durch erneuerbare Energiequellen, aufgestellt.

In diesem Plan, welcher den Pfad zur Treibhausgasneutralität der Fernwärme im Wärmenetz der SWFL abbildet, haben die SWFL die politischen Rahmenbedingungen in konkrete technische und kaufmännische Maßnahmen umgesetzt. Der Zielpfad der SWFL zur Reduktion der CO<sub>2</sub>e-Emissionen setzt sich dabei aus den Vorgaben des Klimaschutzgesetzes zusammen, welches die Klimaneutralität bis 2045 gegenüber 1990 vorsieht, und dem Ratsbeschluss der Stadt Flensburg vom 01.12.2022, welcher die Klimaneutralität der SWFL im Jahr 2035 vorschreibt, sofern es die Rahmenbedingungen zulassen. Aus der Kombination beider Vorgaben ergibt sich der Zielpfad für die SWFL zur Klimaneutralität:



**Abbildung 2:**  
Zielpfad der Stadtwerke Flensburg

Der Transformationsplan umfasst alle Aspekte des Fernwärmesystems der Zukunft und reicht von der Erzeugung über das Netz bis hin zum Kunden (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3:**  
Zusammenfassung Transformation des Fernwärmesystems

Für die Erstellung des Transformationsplans haben die SWFL umfangreiche Analysen, Berechnungen und Auswertungen durchgeführt. Beginnend mit einer Bestandsaufnahme der aktuellen Erzeugungsanlagen, des Fernwärmenetzes und der Verbrauchersituation. Auf dieser Basis haben die SWFL unterschiedlichste Varianten erneuerbarer Wärmeerzeugungsmöglichkeiten für das Flensburger Fernwärmesystem analysiert und deren Potenziale bewertet. Dazu zählen unter anderem Analysen des Potenzials solarthermischer, geothermischer oder Biomasseanlagen. Zusätzlich haben die SWFL die Einsatzmöglichkeiten und Potenziale von „Power-to-Heat“ Technologien oder die Anwendbarkeit von Langfrist- oder Kurzfristwärmespeichern untersucht. Alle Ergebnisse dieser Analysen sind in die Entwicklung des Transformationsplans eingeflossen und

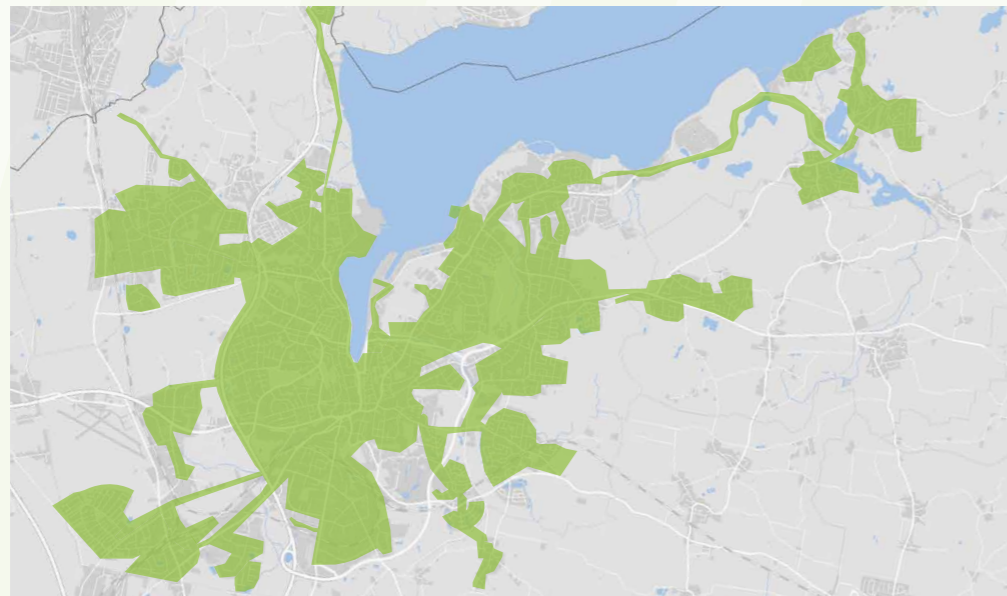
bilden die Basis für die Transformation zu einer CO<sub>2</sub>-neutralen Wärmeversorgung in der Region Flensburg. Dieser Bericht bildet eine Zusammenfassung des Transformationsplan und der damit verbundenen Analysen.

## 2..... Bestandsanalyse des Fernwärmesystems

Das Fernwärme-Versorgungsgebiet der SWFL umfasst das gesamte Flensburger Stadtgebiet und große Teile der benachbarten Stadt Glücksburg sowie der Gemeinden Harrislee, Wees und Weding (Handewitt). Dieser Bereich ist zu über 90 Prozent mit Fernwärme erschlossen. Darüber hinaus wird auch die dänische Gemeinde Padborg mit Fernwärme versorgt.

### 2.1..... Fernwärmenetz

Das Fernwärmenetz erstreckt sich über eine Länge von rund 700 km und teilt sich in ein Primärnetz und 95 Sekundärnetze auf.



**Abbildung 4:**  
Die Abbildung zeigt die Ausdehnung des Fernwärmenetzes, welche die Wärme im Stadtgebiet verteilt.

Das Primärnetz, quasi die Netz-Autobahn des Fernwärmenetzes, verteilt die Fernwärme mit hohen Drücken und hohen Temperaturen auf das Stadtgebiet und versorgt die Sekundärnetze mittels SWFL-eigener Übergabestationen. Das heiße Wasser der Sekundärnetze kommt so direkt in der Heizungsanlage zum Einsatz, während die hohen Temperaturen und Drücke im Primärnetz einen Wärmetauscher benötigen.

Das Primärnetz teilt sich in drei Hauptstränge auf, welche untereinander verbunden sind. Die Vorlauftemperatur also die Temperatur, mit der das Wasser aus dem Kraftwerk in die Netze geschickt wird, liegt im Winter mit bis zu 127°C deutlich über den Temperaturen im Sommer mit durchschnittlich 80°C. Beeinflusst wird die Vorlauftemperatur u. a. durch die Außentemperatur, die Windstärke, die Windrichtung oder die Niederschlagsmenge. Die Rücklauftemperatur, mit der das Wasser wieder zu den Stadtwerken zurückfließt, weist geringere Schwankungen auf und liegt zwischen 57°C im Winter und 66°C im Sommer.

Der Druck im Wärme-Netz wird über Netzumwälzpumpen im zentralen Heizkraftwerk (HKW) der SWFL und in zwölf weiteren Druckerhöhungsstationen im Fernwärmenetz geregelt. Die Reserveheizwerke (RHW) der Stadtwerke sollen bei einer Störung die Wärmeversorgung weiter gewährleisten. Die Sekundärnetze werden mit niedrigeren Temperaturen von maximal 90°C im Winter und zirka 73°C im Sommer betrieben. Der Druck ist ebenfalls niedriger als im Primärnetz.

### 2.2..... Fernwärmeabsatz

Die Tabelle zeigt den Fernwärmeabsatz der Jahre 2020 bis 2022:

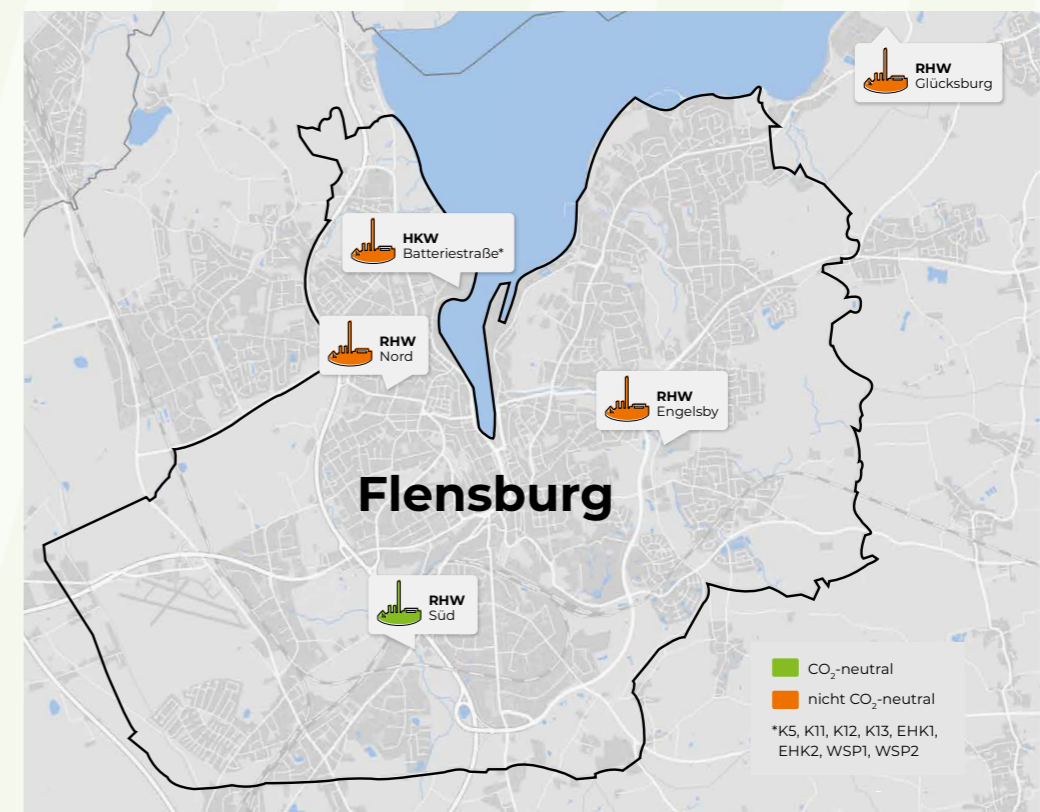
	2020	2021	2022
<b>Wärmeabsatz</b>	898 GWh/a	983 GWh/a	870 GWh/a

**Tabelle 1:** Fernwärmeabsatz (2020–2022)

### 2.3..... Fernwärmeerzeugung und –speicherung

Die Fernwärmeversorgung der Region erfolgt hauptsächlich über das zentrale HKW der SWFL. Dieses verfügt im Jahr 2024 über sechs Erzeugungsanlagen und zwei große Wärmespeicher, die heißes Wasser zwischenspeichern können, bis es benötigt wird. Zusätzlich betreiben die SWFL vier RHW. Sie dienen in erster Linie als Reserve für einen Schadensfall im HKW. Sie können aber auch als dezentrale Spitzenlastheizwerke zur Unterstützung der Versorgung an besonders kalten Tagen eingesetzt werden. Alle Erzeugungsanlagen speisen in das Primärnetz ein. Abbildung 5 und Tabelle 2 zeigen die Erzeugungsstandorte und die wichtigsten Informationen.

**Abbildung 5:**  
Erzeugerstandorte SWFL

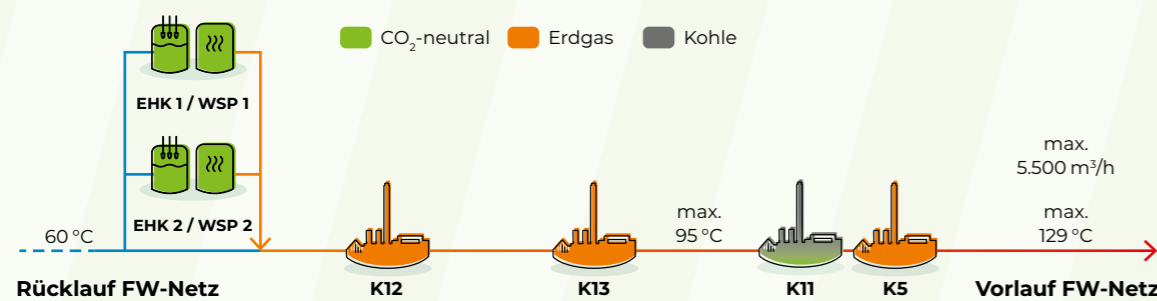


■ CO<sub>2</sub>-neutral  
 ■ nicht CO<sub>2</sub>-neutral  
 \*K5, K11, K12, K13, EHK1, EHK2, WSP1, WSP2

Erzeugungsanlage	Thermische Leistung	Brennstoff
Kessel 5 (K5)	60 MW <sub>th</sub>	Erdgas/Heizöl
Kessel 11 (K11)	70 MW <sub>th</sub>	Kohle, Ersatzbrennstoff, Altholz, Holzhackschnitzel
Kessel 12 (K12)	80 MW <sub>th</sub>	Erdgas
Kessel 13 (K13)	100 MW <sub>th</sub>	Erdgas
Elektrodenheizkessel 1 (EHK 1)	30 MW <sub>th</sub>	Strom
Elektrodenheizkessel 2 (EHK 2)	40 MW <sub>th</sub>	Strom
<b>Summe Betriebsleistung HKW</b>	<b>380 MW<sub>th</sub></b>	–
RHW Nord	80 MW <sub>th</sub>	Heizöl
RHW Engelsby	80 MW <sub>th</sub>	Heizöl
RHW Süd (EHK)	10 MW <sub>th</sub>	Strom
RHW Glücksburg	30 MW <sub>th</sub>	Heizöl
<b>Summe Reserveleistung</b>	<b>200 MW<sub>th</sub></b>	–

**Tabelle 2:** Überblick Erzeugungsanlagen

Die Erzeugungsanlagen im HKW der SWFL sind in Reihe hintereinander geschaltet. Je nach Wärmebedarf beziehungsweise erforderlicher Vorlauftemperatur werden eine oder mehrere Anlagen betrieben. Ziel ist ein möglichst effektiver Betrieb. Die nachfolgende Abbildung bildet eine vereinfachte Darstellung der Schaltung der Erzeugungsanlagen ab.



**Abbildung 6:** Schema der Erzeugungsanlagen – Status Quo

Den Einsatz der Anlagen in den verschiedenen Monaten des Jahres zeigt die nachfolgende Abbildung. Dort ist zu erkennen, dass die beiden erdgasbetriebenen GuD-Anlagen K12 und K13 in der Grund- und Mittellast eingesetzt werden.

Die Grundlast ist der Wärmebedarf, der in der jeweiligen Jahreszeit immer benötigt wird. K5 findet Verwendung als Anlage zur Deckung der Mittellast und K11 soll die Spitzen des Wärmebedarfs abdecken, wenn es kälter wird.



**Abbildung 7:** Vereinfachte Anlagenfahrweise – Status Quo

Die maximale Spitzenlast im Mittel der letzten 15 Jahre wurde im Februar 2012 mit 367 MW<sub>th</sub> erreicht. Auf diese Spitzenlast wird die Fernwärmeerzeugung der Zukunft ausgelegt.

### 3.....Potenzialanalyse

Um aus dem Status Quo der aktuellen Energieerzeugung das Fernwärmesystem der Zukunft zu entwickeln, haben die SWFL das Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Energien und der Abwärme umfangreich analysiert. Die Ergebnisse dieser Analysen zeigt die nachfolgende Tabelle:

Untersuchtes Potenzial	Bewertung des Potenzials
Elektrodenheizkessel	vorhanden
Elektrolyse	nicht vorhanden
Oberflächennahe Geothermie	nicht vorhanden
Hydrothermale tiefe Geothermie	nicht vorhanden
Solarthermie	vorhanden
Biomethan / Biogas	nicht vorhanden
Flüssige Bioenergieträger	vorhanden
Feste Biomasse	vorhanden
Abwärme	vorhanden
Großwärmepumpen Fördewasser	vorhanden
Einsatz von Wasserstoff in bestehenden KWK-Anlagen	vorhanden
Kurzfristige Wärmespeicherung	vorhanden
Saisonale Wärmespeicherung	nicht vorhanden

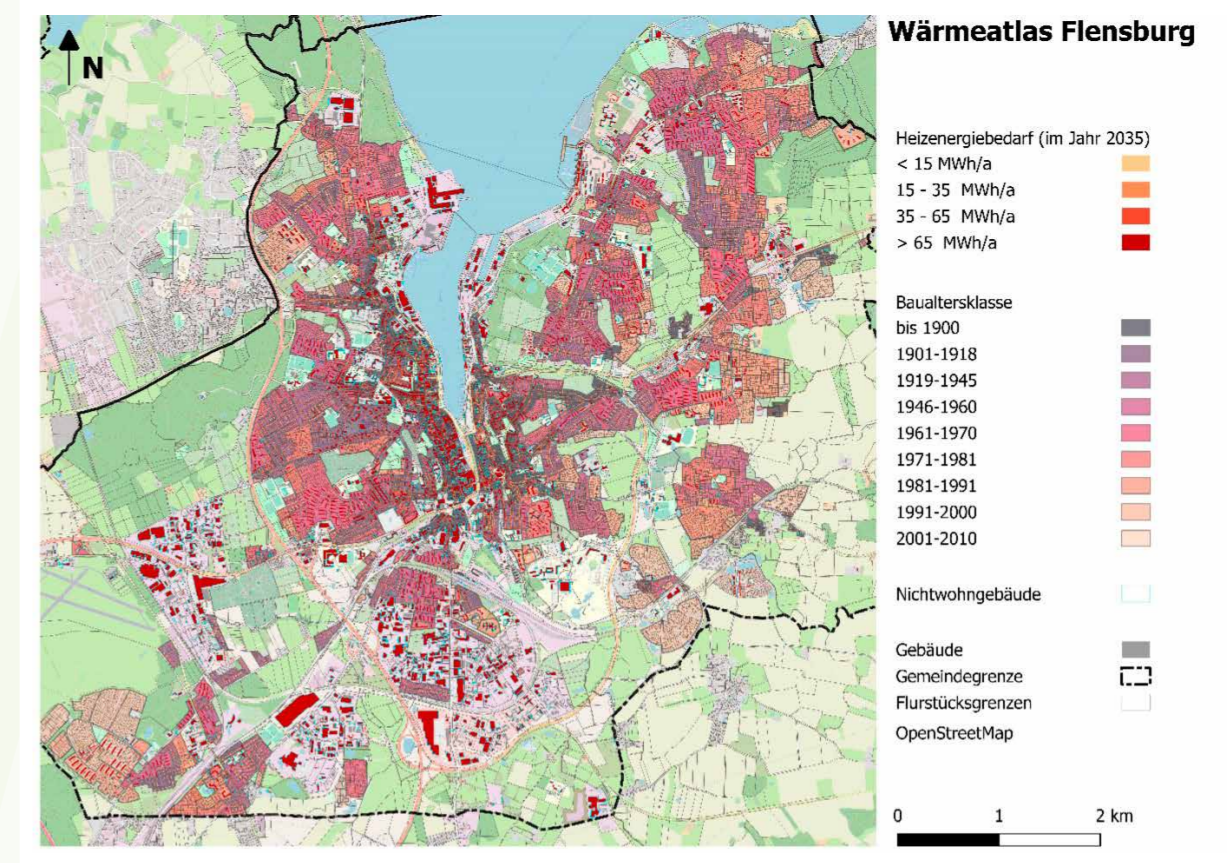
**Tabelle 3:** Zusammenfassung Potenzialanalyse

Die Potenzialermittlung wird in den nächsten Jahren kontinuierlich fortgesetzt. Zum einen, um potenzielle neue Technologien (z. B. Geothermie oder Wärmespeicherung) zu untersuchen und zu bewerten, und zum anderen, um eine Neubewertung einzelner Technologien bei einer Veränderung der energiewirtschaftlichen Rahmenbedingungen zu ermöglichen.

### 4.....Entwicklung des Fernwärmebedarfs

In die Entwicklung des zukünftigen Fernwärmesystems ist auch die Entwicklung des Fernwärmebedarfs eingeflossen. Dieser ist von Faktoren wie der Bevölkerungsentwicklung, der Zusammensetzung der Haushalte, dem energetischen Zustand des Gebäudebestands, der Wirtschaftsentwicklung, der Energiepreisentwicklung und der Klimaänderung abhängig. Um den Fernwärmebedarf der Zukunft einschätzen zu können, haben die SWFL zum einen das Einsparpotenzial und zum anderen das Potenzial für neue Fernwärmeabnehmer im Versorgungsgebiet der SWFL untersucht.

Zur Darstellung der Einsparpotenziale haben die SWFL für die Jahre bis 2045 einen Wärmeatlas auf Basis des Alters der Gebäude, der Gebäudetypen und -nutzungen, der spezifischen Wärmeverbräuche und der Gebäudeflächen erstellt. Bis ins Jahr 2045 ist im Standardszenario mit einer Einsparung des Heizenergiebedarfs von rund 13 Prozent zu rechnen. Die nachfolgende Abbildung stellt einen Ausschnitt des Wärmeatlases für das Jahr 2035 dar:



**Abbildung 8:** Ausschnitt Wärmeatlas Flensburg 2035

Parallel haben die SWFL das Potenzial für den Anschluss jener Gebäude an die Fernwärme ermittelt, die bisher nicht an die Fernwärmeversorgung angeschlossen sind, obwohl sie im Fernwärmenetzgebiet der SWFL liegen. Daraus ergab sich ein sogenanntes theoretisches Nachverdichtungspotenzial von rund 44 MW<sub>th</sub> Anschlussleistung. Eine Erfassung der bestehenden Wärmeerzeugungsanlagen in den Gebäuden ohne Fernwärmeanschluss und eine wirtschaftliche Betrachtung konnte noch nicht erfolgen.

Bei den ermittelten Einspar- und Nachverdichtungspotenzialen handelt es sich um zwei gegenläufige Effekte, die den Fernwärmebedarf beeinflussen. Unter der Annahme, dass die Nachverdichtungspotenziale erschlossen werden können, wird vereinfachend von einer gegenseitigen Kompensation der Entwicklungen bis zum Jahr 2035 und somit von einem in Summe gleichbleibenden Fernwärmebedarf ausgegangen.

### 5.....Pfad zur Treibhausgasneutralität

Auf Basis des bestehenden Energiesystems und der ermittelten Potenziale ergibt sich der Transformationspfad der SWFL. Zur besseren Strukturierung ist er in vier Phasen mit einer Dauer von je vier Jahren unterteilt. Die erste Phase der Transformation beginnt im Jahr 2024 und reicht bis in das Jahr 2027, die zweite von 2027 bis 2031. In der dritten Phase unterteilt sich der Transformationsplan in zwei Varianten auf – eine Biomasse- und eine Hochtemperatur-Großwärmepumpe-Variante. Beide Varianten ergeben sich aus der Tatsache, dass eine Festlegung auf eine bestimmte Technologie oder einen Energieträger mit um so größeren Unsicherheiten beziehungsweise Ungenauigkeiten verbunden ist, je weiter der geplante Einsatz dieser Technologie in der Zukunft liegt. Technologischer Fortschritt oder sich verändernde Rahmenbedingungen können zu Gunsten der einen oder anderen Technologie ausfallen. Mit Fortschreiten des Transformationsplans erfolgt eine Festlegung auf eine der beiden Varianten, sobald die Bewertungskriterien sicher prognostiziert beziehungsweise bestimmt werden können. Die Abbildung 9 gibt einen ersten Überblick über die möglichen Transformationspfade und die vier Phasen.

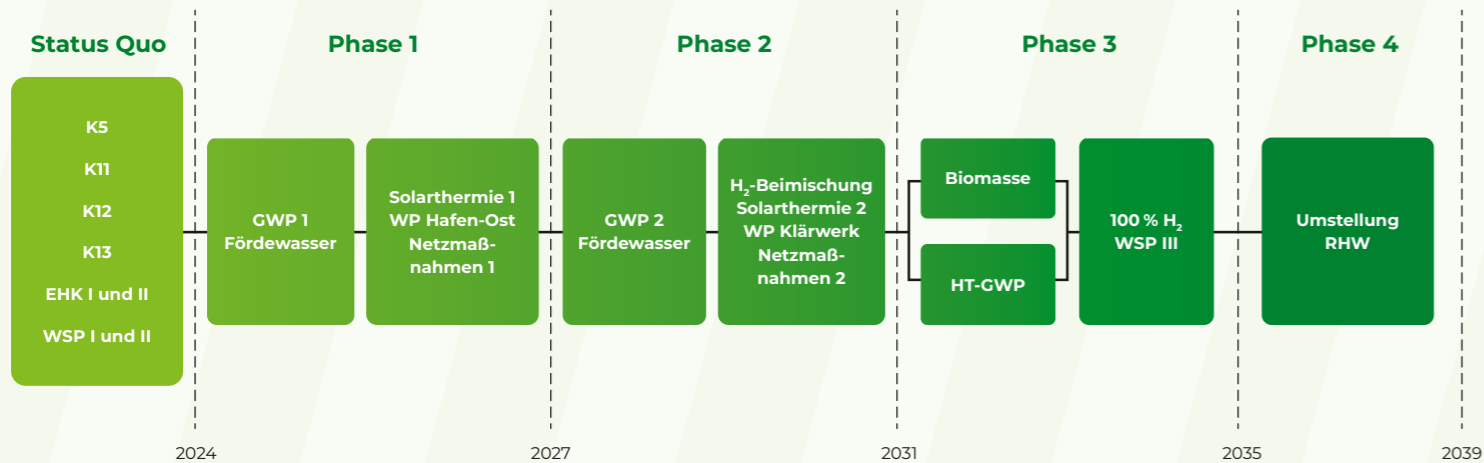


Abbildung 9: Übersicht der Phasen des Transformationsplans

#### 5.1.....Maßnahmen der ersten Phase des Transformationsplans

In der ersten Phase des Transformationsplans im Zeitraum von 2024 bis 2027 planen die SWFL sowohl Maßnahmen an den Erzeugungsanlagen als auch im Fernwärmenetz wie im Folgenden beschrieben:

##### 5.1.1.....Großwärmepumpe Fördewasser

Die umfangreichste Maßnahme der ersten Phase ist der Bau einer Fördewasser-Großwärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 60 MW<sub>th</sub> am Standort des zentralen HKW an der Flensburger Förde. Bei einer Wärmepumpe handelt es sich um eine technische Anlage, welche Umgebungswärme geringer Temperatur aus dem Wasser oder der Luft entnimmt und mit Hilfe von Strom in einem umgekehrten Wärme-Kraft-Prozess auf ein höheres und erst damit für die Fernwärme nutzbares Temperaturniveau bringt. In dem geschlossenen Prozess wird ein Kältemittel verwendet, das für den Wärmeübergang verdampft und anschließend wieder kondensiert wird. Als Wärmequelle der ersten Großwärmepumpe im HKW dient Flensburger Fördewasser. Dieses wird aus einem bestehenden Kühlwasserkanal am Kraftwerk, über Wärmetauscher geführt und wieder in die Förde eingeleitet. Dabei wird es um zirka vier K, das entspricht 4 °C, abgekühlt. Diese Wärme wird für die Wärmeproduktion genutzt. Den Prozess zeigt die folgende Abbildung:

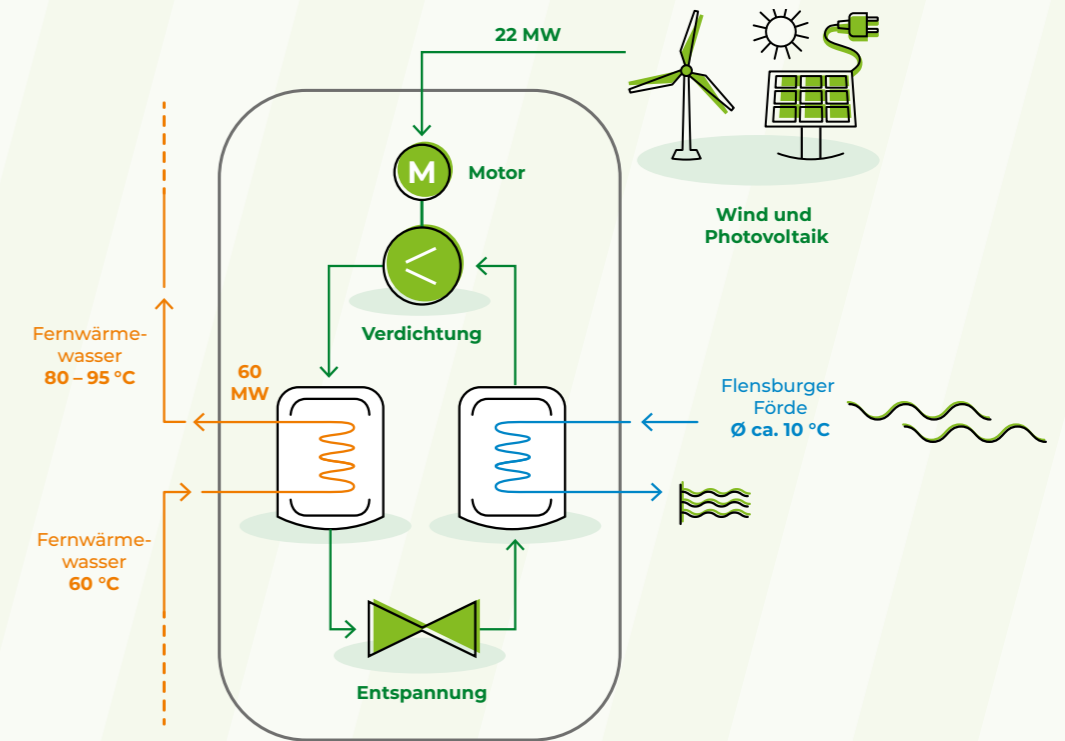


Abbildung 10: Funktionsschema Großwärmepumpe

Zusammen mit dem Bau der Großwärmepumpe ist auch der Umbau der bestehenden Wärmespeicher-Steuerung vorgesehen, um die Versorgung der Wärmepumpen mit möglichst geringen Temperaturen im Rücklauf sicherzustellen und so die Effizienz des gesamten HKWs zu steigern.

##### 5.1.2.....Wärmepumpe „Hafen Ost“

Als dezentrale Erzeugungsanlage ist eine weitere Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 1,5 MW<sub>th</sub> am Flensburger Klärwerk vorgesehen. Sie dient der Versorgung des neu zu errichtenden Quartiers „Hafen Ost“. Zusätzlich zur Wärmepumpe soll ein Niedertemperatur-Fernwärmenetz errichtet werden. Als Wärmequelle der Wärmepumpe dient das Abwasser des Klärwerks, welches nach dem Reinigungsprozess wieder in die Flensburger Förde eingeleitet wird. Dieses Abwasser hat ganzjährig eine konstante Temperatur von durchschnittlich 16 °C.

##### 5.1.3.....Solarthermie 1

Der Ausbau der dezentralen Wärmeversorgung wird zusätzlich durch den Bau einer ersten Solarthermieanlage am Rand des Flensburger Stadtteils „Gartenstadt“ vorangetrieben. Die dort erzeugte Wärme wird in das Sekundärnetz eingespeist, um den Wärmebedarf im Sommer abzudecken. Er wird von zirka Mai bis September hauptsächlich durch den Warmwasserbedarf der Haushalte bestimmt, da in dieser Phase eher nicht geheizt wird. In dieser Zeit kann die Sonnenstrahlung einen Großteil des Fernwärme- bzw. Warmwasserbedarfs decken.

**5.1.4..... Netzmaßnahmen 1**

Neben der Wärmeerzeugung ist auch das Fernwärmenetz anzupassen und zu optimieren. Um die regenerative Wärme aus der Großwärmepumpe möglichst effizient in das Fernwärmesystem einbinden zu können, wäre es optimal, die maximale Vorlauftemperatur im Fernwärmenetz auf 95°C zu begrenzen. Um die Wärmeversorgung weiter sicherzustellen, müssen parallel die Volumenströme, also die Wassermengen, im Fernwärmenetz erhöht werden. Die Reduktion der Vorlauftemperaturen auf 95°C ist für die Transformation der Erzeugung von zentraler Bedeutung, da jede zusätzliche Erwärmung darüber hinaus weiterhin konventionell durch Kessel- oder KWK-Anlagen erbracht werden muss, da die Großwärmepumpe diese hohen Temperaturen nicht liefert. In Zukunft kann dies mit Strom oder durch regenerative Kesselanlagen erfolgen.

Das Ziel für das Fernwärmenetz in der ersten Phase des Transformationsplans liegt bei einem maximalen Volumenstrom von 5.500 m<sup>3</sup>/h Fernwärmewasser und einer maximalen Vorlauftemperatur von 122°C. So wird der Anteil der benötigten Wärmemenge mit einer Temperatur von über 95°C von rund neun Prozent auf rund drei Prozent in einem durchschnittlichen Jahr reduziert. Umgesetzt wird dies wie folgt:

**5.1.4.1 Baulich**

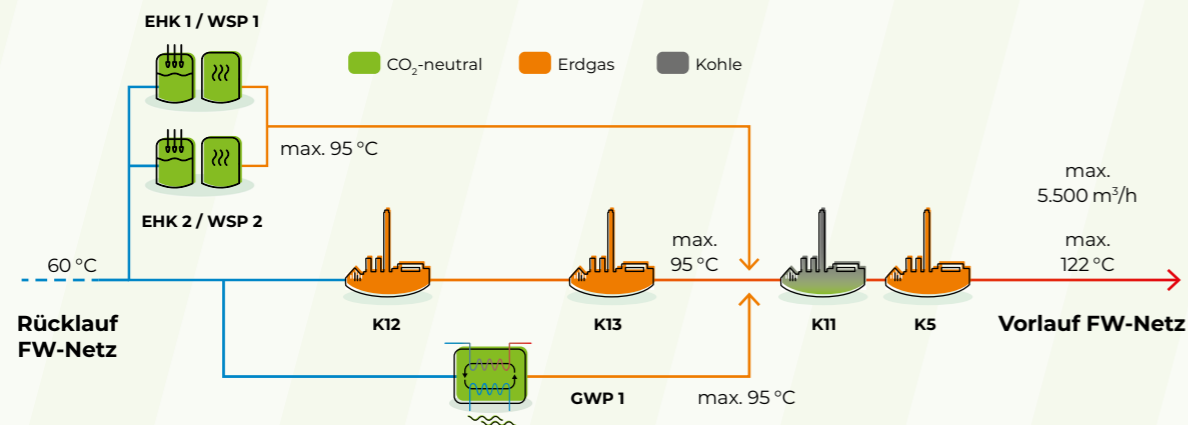
- Vergrößerung und Optimierung der Dimensionen verschiedener Abschnitte des Fernwärmenetzes
- Anpassung der Pumpstationen auf höhere Volumenströme
- Energetische Sanierung einiger Pumpstationen
- Reduzierung der Rücklauftemperaturen an den Kundenanlagen
- Steigerung der Auskühlung an den Sekundärnetzstationen durch optimierte Wartung und Austausch von Wärmetauschern

**5.1.4.2 Digitalisierung**

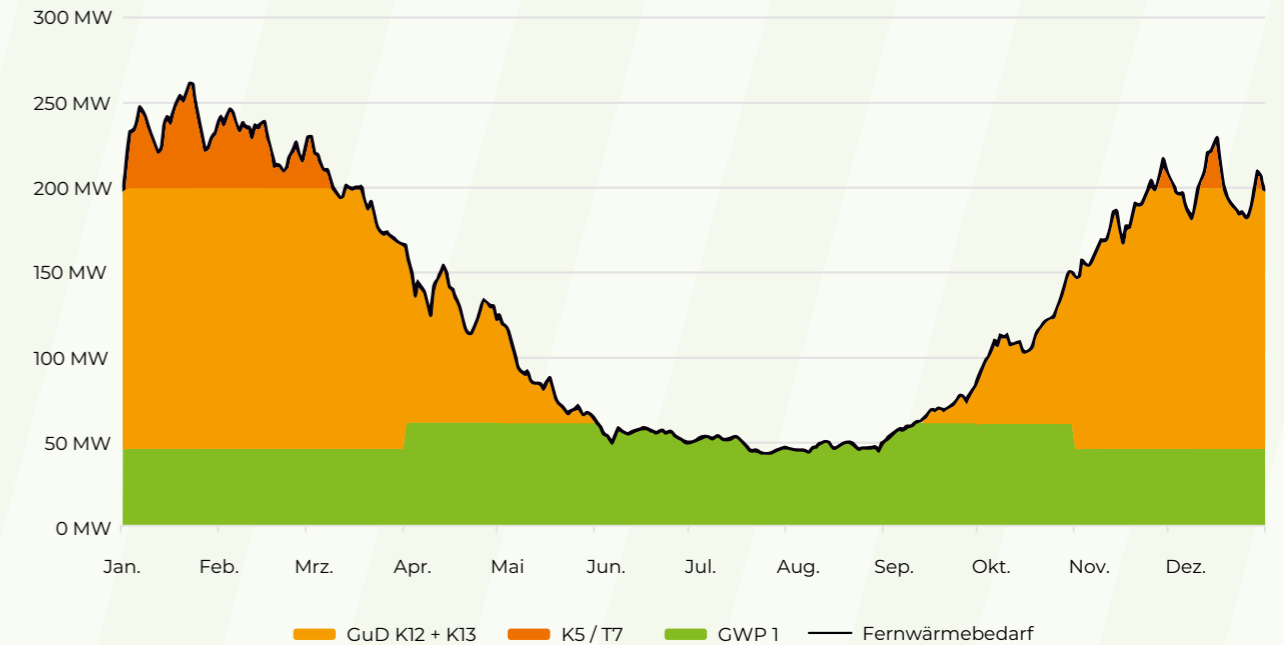
- Digitalisierung der Steuerung des Fernwärmesystems
- Ausbau fernauslesbarer Fernwärmehähler
- Automatisierung von Prüfungs- und Optimierungsvorgängen

Dadurch verändert sich auch die Fahrweise bzw. der Einsatz der einzelnen Erzeugungsanlagen im HKW. Die nachfolgende Abbildung stellt eine vereinfachte Darstellung dieser Veränderung dar. Neben den wie vorher in Reihe geschalteten Anlagen können nun auch parallel betriebene Wärmeerzeuger gemeinsam eine Vorlauftemperatur von 95°C bereitstellen. K11 und K5 dienen dann der Bereitstellung.

**Abbildung 11:**  
Schema der Erzeugungsanlagen – 1. Phase



Den Einsatz der Anlagen verdeutlicht die nachfolgend vereinfacht dargestellte Anlagenfahrweise: Die Großwärmepumpe wird in der Grundlast eingesetzt, während K12 und K13 die Erzeugung der Mittellast übernehmen. Zuletzt dient K5 zur Deckung der Spitzenlast und K11 wird als Reserve vorgehalten.



**Abbildung 12:**  
Vereinfachte Anlagenfahrweise – 1. Phase

**5.2..... Maßnahmen der zweiten Phase des Transformationsplans**

Auch in der zweiten Phase des Transformationsplans von 2027 bis 2031 werden ebenfalls Maßnahmen an den Erzeugungsanlagen und im Fernwärmenetz durchgeführt. Die einzelnen Maßnahmen sind:

**5.2.1..... Großwärmepumpe Fördewasser 2**

Die zweite Fördewasser-Großwärmepumpe wird ebenfalls über eine thermische Leistung von 60 MW<sub>th</sub> verfügen. Die aus dem ersten Bauabschnitt gewonnenen Erkenntnisse und Verbesserungsmöglichkeiten werden bei der Errichtung der zweiten Fördewasser-GWP berücksichtigt.

**5.2.2..... Wärmepumpe Klärwerk**

Neben der zweiten Großwärmepumpe ist die Erweiterung der Wärmepumpenkapazität am Flensburger Klärwerk vorgesehen. Am Klärwerk ist genügend Wärmepotenzial im Reinwasser-Ablauf der Kläranlage für die Installation einer weiteren Wärmepumpe vorhanden. Abzüglich der thermischen Leistung der ersten dezentralen Wärmepumpe „Hafen Ost“ von 1,5 MW<sub>th</sub> ergibt sich dort ein zusätzliches Abwärmepotenzial von 6,5 MW<sub>th</sub>, das anteilig zur Fernwärme-Versorgung des Sekundärnetzes in Sonwik genutzt werden kann.



**5.2.3 Solarthermie 2**

Der Bau einer weiteren dezentralen Solarthermieanlage ist vorgesehen. Der Standort dieser Anlage muss noch im weiteren Transformationsprozess konkretisiert werden. Genau wie bei der ersten Solarthermieanlage ist diese Anlage zur Deckung des Verbrauchs im Sommer des Sekundärnetzes einzusetzen.

**5.2.4 ... H<sub>2</sub>-Beimischung**

Die bestehenden GuD-Anlagen K12 und K13 sollen bis zur CO<sub>2</sub>-Neutralität weiter betrieben werden. Dies wird durch den sukzessiv steigenden Anteil von H<sub>2</sub> im Brennstoff der beiden Anlagen erreicht. Zunächst ist eine Beimischung von 15 Vol.-Prozent H<sub>2</sub> vorgesehen. Die SWFL verfügen über eine Gasübergabestation in Ellund, über die bereits Erdgas als Brennstoff bezogen wird. Da die beiden durch Schleswig-Holstein verlaufenden Erdgas-Transportleitungen nicht mehr vollständig ausgelastet sind, plant die Gasunie Deutschland Transport Services GmbH, eine Leitung auf den Transport von H<sub>2</sub> umzustellen. Zusätzlich ist die Anbindung der SWFL an die H<sub>2</sub>-Transportleitung an Dänemark vorgesehen. Damit haben die SWFL die Möglichkeit der Beimischung von Wasserstoff in ihrer Anschlussleitung.

**5.2.5 ... Netzmaßnahmen 2**

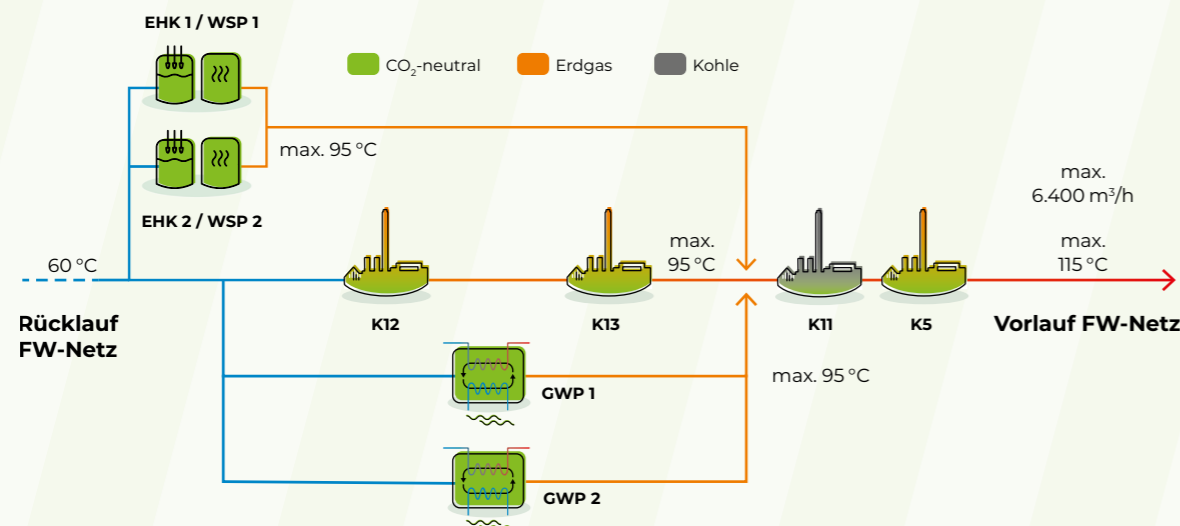
Die Optimierung des Fernwärmenetzes wird in der zweiten Phase fortgesetzt. Die Zielwerte für den Netzbetrieb liegen hier bei einem maximalen Volumenstrom von 6.400 m<sup>3</sup>/h und einer maximalen Vorlauftemperatur von 115°C. So wird der Anteil der benötigten Wärmemenge mit einer Temperatur von über 95°C weiter auf rund ein Prozent in einem durchschnittlichen Jahr reduziert. Die Maßnahmen:

**5.2.5.1 Baulich**

- weitere Vergrößerung und Optimierung der Dimensionen verschiedener Netzabschnitte
- Optimierung der Pumpstation für die Fernwärmeleitung nach Padborg
- Optimierung der Fernwärmeleitung im zentralen HKW auf 6.400 m<sup>3</sup>/h durch Verstärkungs- und Umbaumaßnahmen
- Fortsetzung der Steigerung der Auskühlung an den Sekundärnetzstationen

Der Einfluss der neuen Anlagen und Brennstoffzusammensetzung auf die Fahrweise im HKW zeigt die Abbildung 13.

Abbildung 13: Schema der Erzeugungsanlagen – 2. Phase



Der Einsatz der Anlagen wird in der folgenden vereinfacht dargestellten Anlagenfahrweise verdeutlicht. Klar zu sehen: Der Anteil der Wärme aus Großwärmepumpen zur Deckung der Grund- und Mittellast steigt deutlich an.

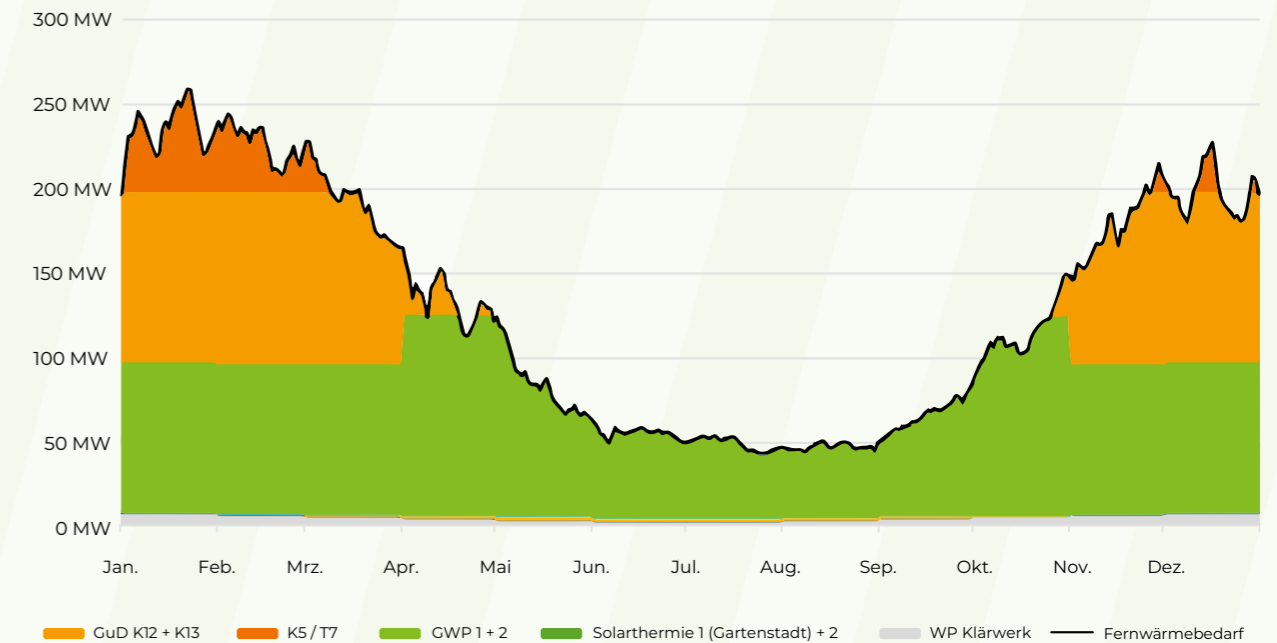


Abbildung 14: Vereinfachte Anlagenfahrweise – 2. Phase

**5.3 ... Maßnahmen der dritten Phase des Transformationsplans**

In der dritten Phase von 2031 bis 2035 wollen die SWFL die nachfolgenden Maßnahmen an den Erzeugungsanlagen durchführen. Der Fokus liegt hierbei auf der Produktion von Wärme mit Temperaturen über 95°C, die noch benötigt wird.

**5.3.1 ... Biomassekessel**

Eine Option zur Bereitstellung der hohen Temperaturen ab 95°C und der Bedarfsdeckung in extrem kalten Jahren stellt ein mit Altholz befeuerter Biomassekessel dar. Dieser kann zusätzlich die Versorgungssicherheit gewährleisten, wenn die Fördewassertemperatur unter 4°C fällt und ein Betrieb der GWP nicht mehr möglich ist.

**5.3.2 ... Hochtemperatur-Großwärmepumpe**

Die Hochtemperatur-Großwärmepumpe stellt eine Alternative zum Biomassekessel dar, um als Booster hohe Vorlauftemperaturen über 95°C zu erzeugen. Diese Technologie befindet sich aktuell noch in der Entwicklungsphase und wird weiter untersucht. Als Wärmequelle dient dabei ebenfalls Flensburger Fördewasser.

Eine Festlegung auf eine der beiden Technologien kann aufgrund der weiter oben aufgeführten Argumente noch nicht erfolgen. Daher werden zunächst beide Varianten im Transformationsplan betrachtet.

Falls zum aktuellen Stand nicht absehbare Rahmenbedingungen eine unmittelbare Umstellung auf 100 Prozent H<sub>2</sub> verhindern, ist auch eine Umsetzung in Zwischen-

schritten von 50 Vol.-Prozent und 75 Vol.-Prozent denkbar.

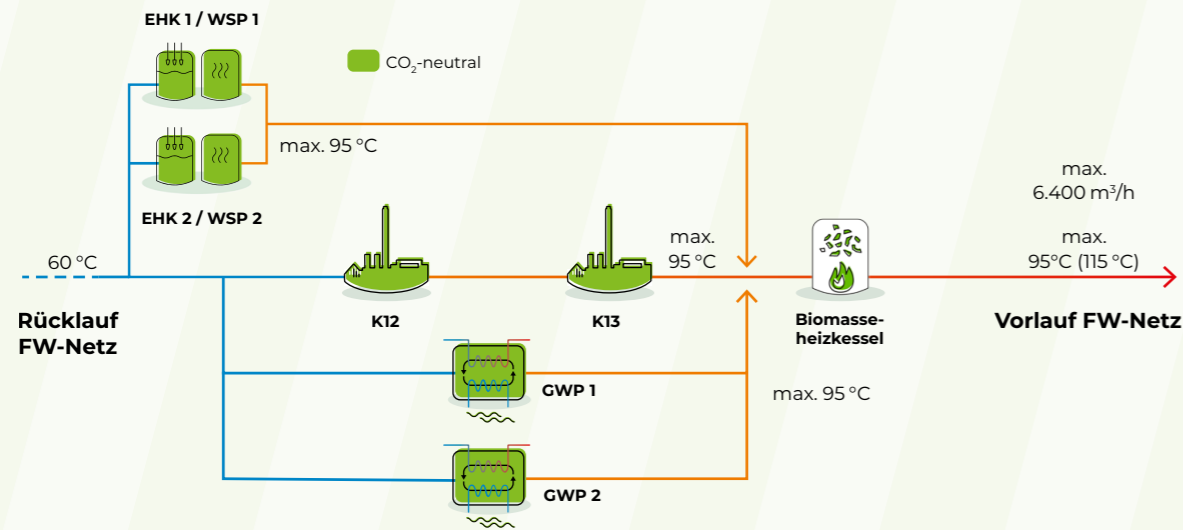
**5.3.3.... Verbrennung 100 Prozent H<sub>2</sub>**

Sofern ausreichend H<sub>2</sub>-Kapazitäten aus Deutschland und Dänemark vorliegen, ist in der dritten Phase der Einsatz von 100 Prozent H<sub>2</sub> in den bestehenden GuD-Anlagen K12 und K13 geplant. Der Brennstoff kann weiter über die Gasübergabestation in Ellund bezogen werden. Die Umrüstung der Gasturbinen ist nach Angaben des Herstellers Siemens grundsätzlich möglich. Der Umfang der Anpassung ist während des weiteren Transformationsprozesses im Detail zu erarbeiten.

**5.3.4.... Wärmespeicher 3**

Zusätzlich zu den Erzeugungsanlagen ist in der dritten Phase ein dritter Wärmespeicher im Kraftwerk in Planung. Er ergänzt die bereits existierenden Wärmespeicher 1 und 2. Da am zentralen HKW aber nicht mehr genügend Platz vorhanden ist, kommt für den dritten Wärmespeicher ein dezentraler Standort am RHW Süd in Frage.

Mit Umsetzung der dritten Phase wird die Energieerzeugung im HKW vollständig dekarbonisiert, das heißt, es kommen keine fossilen Brennstoffe mehr zum Einsatz. Die Fahrweise der einzelnen Erzeugungsanlagen der finalen Struktur ist in der folgenden Abbildung 15 vereinfacht dargestellt. Tabelle 4 zeigt eine Zusammenfassung aller Anlagen nach Abschluss der dritten Phase.

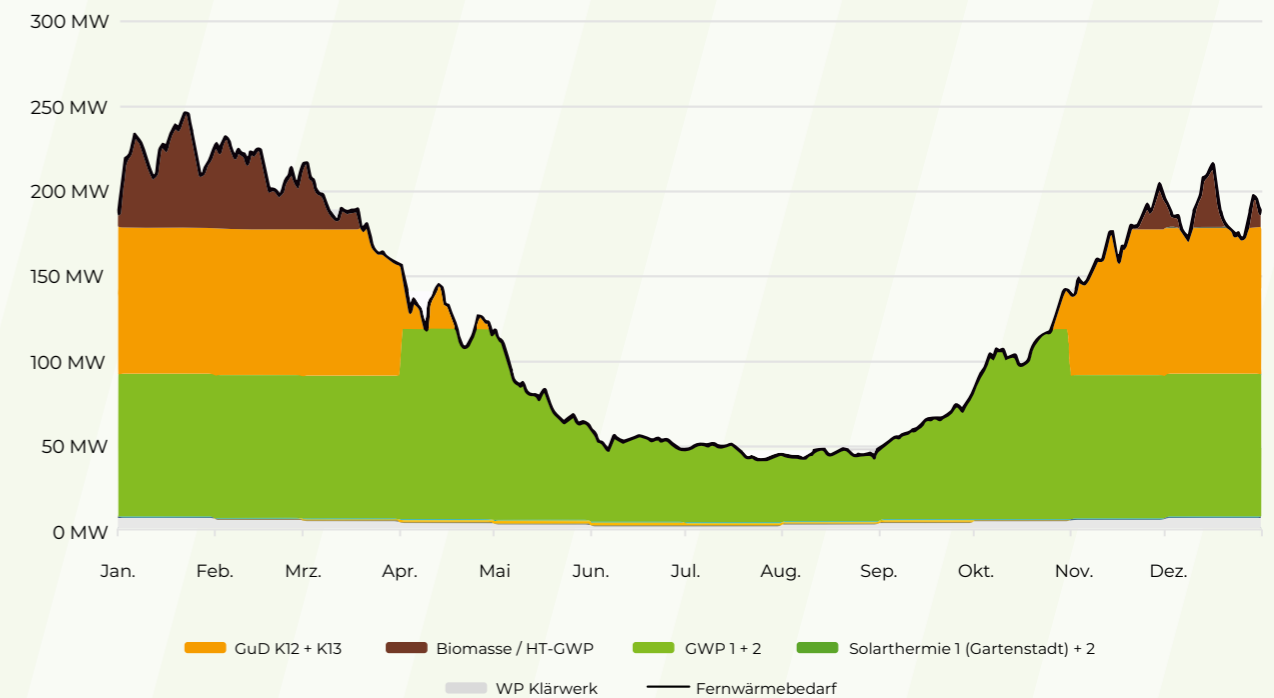


**Abbildung 15:**  
Schema der Erzeugungsanlagen –  
3. Phase

Erzeugungsanlage	Thermische Leistung	Brennstoff
GWP 1	60 MW <sub>th</sub>	Strom
GWP 2	60 MW <sub>th</sub>	Strom
Biomassekessel/HT-GWP 3	70 MW <sub>th</sub>	Altholz bzw. Restholz, Strom
Kessel 12 (K12)	42 MW <sub>th</sub>	Wasserstoff
Kessel 13 (K13)	46 MW <sub>th</sub>	Wasserstoff
Elektrodenheizkessel 1 (EHK 1)	30 MW <sub>th</sub>	Strom
Elektrodenheizkessel 2 (EHK 2)	40 MW <sub>th</sub>	Strom
<b>Summe Betriebsleistung HKW</b>	<b>348 MW<sub>th</sub></b>	-
RHW Nord	80 MW <sub>th</sub>	Heizöl
RHW Engelsby	80 MW <sub>th</sub>	Heizöl
RHW Süd (EHK)	10 MW <sub>th</sub>	Strom
RHW Glücksburg	30 MW <sub>th</sub>	Heizöl
<b>Summe Reserveleistung</b>	<b>200 MW<sub>th</sub></b>	-

**Tabelle 4:** Übersicht Erzeugungsanlagen nach der 3. Phase

Den Einsatz der Anlagen verdeutlicht die vereinfacht dargestellte Anlagenfahrweise:



**Abbildung 16:**  
Vereinfachte Anlagenfahrweise –  
3. Phase

#### 5.4..... Maßnahmen der vierten Phase des Transformationsplans

Die vierte Phase der Transformation wird ab 2035 und somit nach Erreichen der Treibhausgasneutralität in der regulären Energieerzeugung der Stadtwerke umgesetzt. In diesem Zeitraum erfolgt die Umstellung der Reserveheizwerke auf einen CO<sub>2</sub>-neutralen Betrieb. Für die Versorgungssicherheit mit Fernwärme muss der Ausfall der größten Erzeugungsanlage mit Reserveanlagen kompensiert werden können und die Versorgungssicherheit muss auch bei einem größeren Fehler im Leitungsnetz gewährleistet sein. Aus diesem Grund sind auch die RHW der SWFL zu dekarbonisieren.

Nach Abschluss der vierten Phase ist die Dekarbonisierung der Fernwärme der SWFL komplett abgeschlossen. Die folgende Abbildung stellt die Erzeugerstandorte dieses Zielzustandes dar.

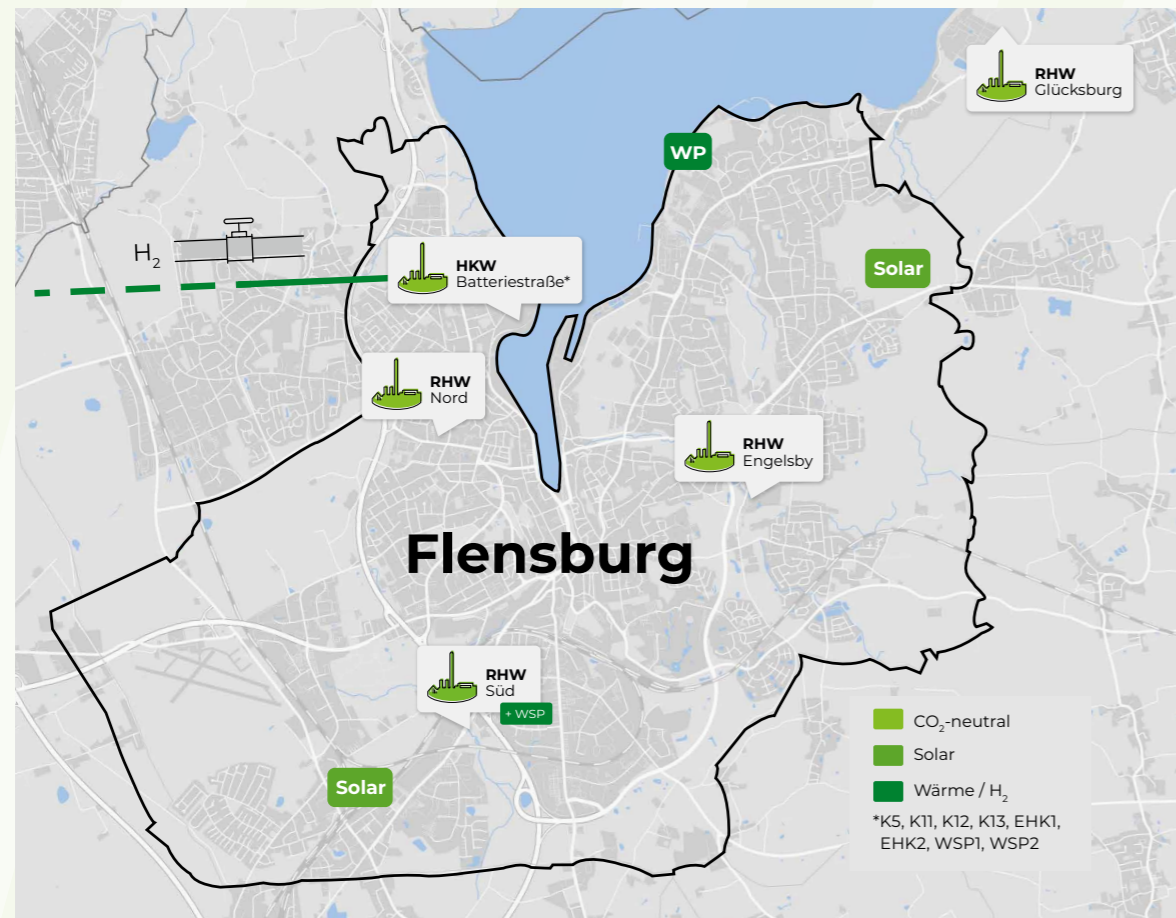


Abbildung 17: CO<sub>2</sub>-neutrale Erzeugerstandorte SWFL

## 6..... Kostenrahmen und Finanzierung

Die Gesamtinvestition des Transformationsplans beläuft sich auf rund 400 Mio. € (siehe Tabelle 5).

Phasen des Transformationsplans	Investitionskosten
1. Phase	128 Mio. €
2. Phase	140 Mio. €
3. Phase	126 Mio. €
4. Phase	11 Mio. €
<b>Summe</b>	<b>rund 400 Mio. €</b>

Tabelle 5: Kostenrahmen des Transformationspfades

Das Finanzierungskonzept der Transformation beruht auf drei Pfeilern: Fördermittel, Eigenkapital und Kredite. 40 Prozent der förderfähigen Ausgaben sollen durch den BEW-Investitionskostenzuschuss finanziert werden. Den Restbetrag decken die SWFL aus Eigenmitteln. Die Finanzierung der Eigenmittel wird aus dem Cashflow des Unternehmens und der Aufnahme von Krediten erfolgen. Mit Berücksichtigung der BEW-Förderung wird nach Abschluss der ersten Phase mit einer Steigerung des FW-Mischpreises von zirka vier Prozent gegenüber einem fiktiven Weiterbetrieb der fossilen Anlagen gerechnet.

Grundsätzlich kalkulieren die SWFL ihre Fernwärmepreise auf Basis der jeweiligen Kostenstruktur und der jeweils geltenden Preisänderungsklausel.

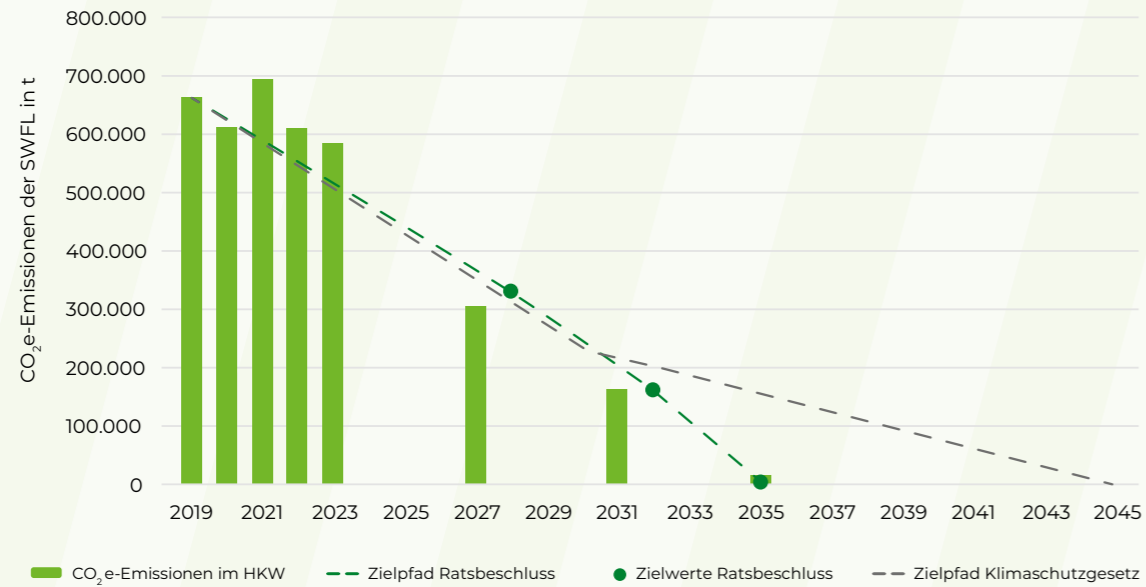
Auf diese Weise entsprechen sie nicht nur dem brancheneinheitlichen Vorgehen, sondern auch der jeweils aktuellen Gesetzeslage. Die Preisänderungsklausel muss analog zur Änderung des Anlagenparks und damit der Kostenstruktur der SWFL angepasst werden.

## 7..... Anreizsystem

Für die Fernwärmekunden wird im Rahmen des Transformationsplans eine Ergänzung des Fernwärme-Tarifmodells geplant. Mit dem Ziel, die Fernwärme-Kunden zu einem Verhalten zu motivieren, das für eine möglichst hohe Ausnutzung der zur Verfügung gestellten Wärme und damit eine niedrigere Rücklauftemperatur sorgt. Um für die Kunden einen angemessenen Anreiz für die Absenkung der Rücklauftemperaturen zu schaffen, soll ein Motivationstarifs eingeführt werden. Um der Strategie der SWFL bezüglich fairer Preise und Transparenz zu genügen und allen Kunden gleichberechtigt die Chance auf Kosteneinsparungen zu ermöglichen, ist eine Kombination aus verschiedenen Maßnahmen vorgesehen. Durch den Einbau fernauslesbarer Zähler schaffen die SWFL bis 2026 die technische Voraussetzung für die Umsetzung neuer Tarifmodelle.

## 8 ..... Zielpfad der CO<sub>2</sub>e-Einsparung

Durch alle Maßnahmen und das Zusammenspiel von Erzeugung, Netz und Kunde kann und wird der Zielpfad zur Reduktion der CO<sub>2</sub>e-Emissionen eingehalten. Die Abbildung 18 zeigt neben den historischen Emissionen jeweils die Emissionen zum Ende jeder Phase des Transformationsplans.



**Abbildung 18:**  
Entwicklung der  
CO<sub>2</sub>e-Emissionen

Die SWFL betrachten bei Ihrem Zielpfad die sogenannten CO<sub>2</sub>-Äquivalente (CO<sub>2</sub>e). Diese berücksichtigen neben den reinen CO<sub>2</sub>-Emissionen auch andere Treibhausgase wie z. B. Methan und Distickstoffmonoxid (Lachgas), welche in die äquivalente Menge an CO<sub>2</sub> umgerechnet werden. Vorteil bei dieser Betrachtungsweise ist die transparentere Darstellung durch die Erfassung aller Auswirkungen auf das Klima.

Da Wasserstoff und Biomasse in dieser Betrachtungsweise noch nicht als vollständig CO<sub>2</sub>-neutral bewertet werden, sinken die Emissionen im Jahr 2035 nicht komplett auf null. Grundsätzlich wird der Zielpfad aber eingehalten.



Finanziert von der  
Europäischen Union  
NextGenerationEU

Gefördert durch:



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages

