

Evaluierungsplan für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) im Rahmen der beihilferechtlichen Notifizierung nach KUEBLL

Freiburg, 10. Juni 2022

Autorinnen und Autoren

Sabine Gores, Dr. Matthias Koch, Alexander Zerrahn, Benjamin Köhler, Dr. Veit Bürger
Öko-Institut e.V.

Max Fette, Karen Janßen
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte
Materialforschung IFAM

Kontakt

info@oeko.de

www.oeko.de

Geschäftsstelle Freiburg

Postfach 17 71
79017 Freiburg

Hausadresse

Merzhauser Straße 173
79100 Freiburg
Telefon +49 761 45295-0

Büro Berlin

Borkumstraße 2
13189 Berlin
Telefon +49 30 405085-0

Büro Darmstadt

Rheinstraße 95
64295 Darmstadt
Telefon +49 6151 8191-0

**Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte
Materialforschung IFAM**

Wiener Str. 12

28359 Bremen

Telefon +49 421 2246-0

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	4
Abkürzungsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
2 Interventionslogik	7
3 Evaluierungsfragen und Ergebnisindikatoren	10
4 Datenverfügbarkeit und -erhebung	21
4.1 Zuständige Behörde (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA))	21
4.1.1 BEW	21
4.1.2 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG): Wärmenetze und Speicher	22
4.2 Statistisches Bundesamt, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) und BMWK Energiedaten	22
4.3 Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW)	24
4.4 Bundesweites Wärmenetzregister und weitere mögliche Datenquellen	25
5 Zeitliche Planung der Evaluierung	26
6 Methodik zur Messung der Auswirkungen der BEW	27
6.1 Kausaler Effekt an der BEW-Förderung für Neuanlagen	28
6.1.1 Grundsätzliches Vorgehen	28
6.1.2 Auswirkung der BEW-Förderung auf die erneuerbare Wärmeerzeugungsleistung (Evaluierungsfrage 1.2)	29
6.1.3 Weitere kausale Evaluierungsfragen	36
6.1.4 Numerische Modellierung	39
6.2 Methodisches Vorgehen zur deskriptiven Analyse ausgewählte Evaluierungsfragen	40
6.2.1 Untersuchung des Verlustanteils für die Fernwärmeerzeugung	40
6.2.2 Untersuchung des Energieträgermixes für die Fernwärmeerzeugung	40
6.2.3 Untersuchung des spezifischen CO ₂ -Emissionsfaktors sowie des Primärenergiefaktors (PEF) für die Fernwärmeerzeugung	40

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 6-1: Beispielgrafik deskriptive Statistiken	30
Abbildung 6-2: Schematische Darstellung einer <i>Difference-in-Differences</i> -Analyse	34

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2-1: Wirkungskette für die BEW	7
Tabelle 3-1: Evaluierungsfragen und Ergebnisindikatoren	10

Abkürzungsverzeichnis

AGEE-Stat	Statistisches Bundesamt, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik
AGFW	Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V.
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BEW	Bundesförderung für effiziente Wärmenetze
BHKW	Blockheizkraftwerk
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BMWK	Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
CIE	Counterfactual Impact Evaluation
DBFZ	Deutsches Biomasseforschungszentrum
DID	Difference-in-Differences
EE	Erneuerbare Energien
GEG	Gebäudeenergiegesetz
HHI	Herfindahl-Hirschman-Index
KWKG	Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz
PEF	Primärenergiefaktoren
RDA	Regression Discontinuity Analysis
RED	Renewable Energy Directive
StBA	Statistisches Bundesamt
UBA	Umweltbundesamt

1 Einleitung

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, dass Deutschland spätestens bis zum Jahr 2045 Netto-Treibhausgasneutralität erreicht. Damit leistet Deutschland einen wichtigen Beitrag zum EU-Ziel der Klimaneutralität bis 2050. Entscheidend dafür ist, die Energie- und Wärmeversorgung Deutschlands bis zum Jahr 2045 treibhausgasneutral zu gestalten. Dafür wurde auch schon im ersten Nationalen Energie- und Klimaplan der Bundesrepublik Deutschland die Zielsetzung für einen verstärkten Ausbau erneuerbarer Energien und Abwärme in den Wärme- und Kältenetzen festgeschrieben: Bis 2025 wird ein Anteil von 25 % angestrebt; bis zum Jahr 2030 ein Anteil von 30 %. Der Koalitionsvertrag der aktuellen Bundesregierung setzt für den Wärmesektor noch deutlich ambitioniertere Ziele. Für 2030 wird ein Anteil erneuerbarer Energien und Abwärme in Wärmenetzen von 50 % angestrebt.

Die Richtlinie für die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) soll dazu einen wichtigen Beitrag leisten. Mit dieser Förderung soll ein Anreiz für Investitionen geschaffen werden, mit denen der Anteil erneuerbarer Energien (EE) und Abwärme in Wärmenetzen in Deutschland gesteigert und damit der Ausstoß von Treibhausgasemissionen verringert wird. Dazu sollen der Neubau von Wärmenetzen mit hohen Anteilen erneuerbarer Energien und Abwärme sowie der Ausbau und die Transformation bestehender Netze mit dem Ziel Klimaneutralität 2045 gefördert werden.

Die BEW-Förderung verfolgt dabei einen systemischen Ansatz, der das Wärmenetz als Ganzes in den Blick nimmt und darauf zielt, die zeitaufwändige Umstellung bestehender Netze auf erneuerbare Energien und Abwärme und den Neubau vorwiegend erneuerbar gespeister Netze auf der Basis von Transformationsplänen planbar und zuverlässig zu unterstützen. Dieser systemische Ansatz wird an geeigneter Stelle durch Einzelmaßnahmen ergänzt. Die Förderung verfolgt hinsichtlich Netzgröße einen umfassenden Ansatz, der sowohl kleine und mittelgroße als auch große Wärmenetze berücksichtigt.

Das hier vorliegende Dokument dient zur Planung der parallelen, sorgfältigen Evaluierung der Richtlinie, um zu ermitteln, ob und inwieweit die ursprünglichen Ziele erreicht werden und welche Auswirkungen die Regelung auf die Märkte und den Wettbewerb hatte.

Im ersten Schritt wird eine schematische Darstellung der Interventionslogik vorgestellt, um den Wirkmechanismus der Richtlinie zu veranschaulichen. Anschließend werden die Evaluierungsfragen aufgeführt, die in direkte und indirekte Auswirkungen sowie Angemessenheit und Geeignetheit unterteilt sind. Die Evaluierungsfragen haben Identifikationsnummern und bestehen teilweise aus Blöcken mehrerer Fragen, die alle einen bestimmten Aspekt der BEW behandeln. In einem ersten Schritt werden in jeder Evaluierungsfrage Informationen gesammelt und beschrieben. Soweit anwendbar wird in einem weiteren Schritt der kausale Effekt der BEW behandelt. In der tabellarischen Darstellung werden jeweils parallel die dazugehörigen Ergebnisindikatoren, Datenquellen, ihre Frequenz und Ebene sowie die Evaluierungsmethode aufgeführt.

In den folgenden Abschnitten werden die für die Evaluierung zu nutzenden Datenquellen und die zeitliche Planung vorgestellt. Außerdem wird die der Evaluierung zugrunde liegende Methodik detailliert erläutert, wobei die Möglichkeiten zur Identifizierung der Kausaleffekte beleuchtet und weitere methodische Vorgehensweisen zu bestimmten Fragestellungen diskutiert werden.

Weitere Informationen zur Planung der Evaluierung sind dem Fragebogen zu entnehmen.

2 Interventionslogik

Um den Wirkmechanismus der BEW und dessen Folgen zu überblicken, wird in der nachfolgenden **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** die Wirkungskette der BEW vom Input bis zum Impact aufgeschlüsselt. Die BEW-Förderung bezieht sich auf Netze, an die mehr als 16 Gebäude oder mehr als 100 Wohneinheiten angeschlossen sind. Das Haushaltsgesetz 2022 ist wegen der Bundestagswahl 2021 noch nicht in Kraft. Die ressortabgestimmte Fassung der Förderrichtlinie geht davon aus, dass bei Fortschreibung der Haushaltsansätze 2021 und des 1. Regierungsentwurfs 2022 einschließlich Finanzplanung ein Finanzvolumen von insgesamt 3,1 Mrd. Euro für die BEW zur Verfügung steht. Mit diesen Mitteln wären die in Tabelle 2-1 2 genannten Wirkungen zu erzielen. Die Bundesregierung schlägt dem Parlament mit dem 2. Regierungsentwurf 2022 ein Finanzvolumen vor, das bis 2025 auf ca. 790 Mio. € p.a. aufwächst (und entsprechend größere Wirkungen auslösen könnte). Die Förderung steht aber grundsätzlich unter dem Vorbehalt der Verfügbarkeit der Haushaltsmittel.

Tabelle 2-1: Wirkungskette für die BEW

Input	Spezifizierung der Intervention(en)	Output/Produkt	Outcome/Ergebnis	Impact/Wirkung
<ul style="list-style-type: none"> Zuschüsse zur Erstellung von Transformationsplänen (Bestandsnetze) und Machbarkeitsstudien (neue Netze) sowie Planungsleistungen (Modul 1). 	<ul style="list-style-type: none"> Förderung von Transformationsplänen und Machbarkeitsstudien mit 50 % der förderfähigen Kosten (max. 600.000 € je Studie) 	<ul style="list-style-type: none"> Transformationspläne und Machbarkeitsstudien 	<ul style="list-style-type: none"> Pläne, die Ziel und Pfad für den Umbau von Bestandsnetzen beschreiben, als Grundlage von Investitionsmaßnahmen Studien, die Machbarkeit, Ziele und Zielpfad für neue Netze mit hohem EE- und Abwärmeanteil beschreiben, als Grundlage für Investitionsmaßnahmen 	<p>Direkte Wirkungen bzgl.: <u>Erhöhung der erneuerbaren Fernwärmeerzeugung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Verbreitung der EE-Technologien und deren Kombination Steigerung des Anteils von EE in Wärmenetzen (Beitrag zur Zielerreichung für EE-Anteile nach RED) Flexibilisierung des Betriebs durch Wärmespeicher
<ul style="list-style-type: none"> Investitionskostenzuschüsse im Rahmen systemischer Förderung (Modul 2). Investitionskostenzuschüsse für 	<ul style="list-style-type: none"> Systemische Förderung für Neubaunetze (bei mind. 75 % erneuerbarer Energie und Abwärme sowie Einhaltung von weiteren Kriterien (4.1.2) und 	<ul style="list-style-type: none"> Ausgelöste Investitionen in Wärmenetze und Wärmeerzeuger (Eigenanteil und Zuschuss) 	<ul style="list-style-type: none"> Aus- und Neubau von Wärmenetzen Errichtung und Einbindung von EE-Erzeugungsanlagen und Abwärme in Wärmenetzen (Ziel: bis zu 400 MW) 	<ul style="list-style-type: none"> Reduktion des Einsatzes fossiler Energieträger, damit Verringerung der Importabhängigkeit Fokussierter Einsatz von Biomasse in Wärmenetzen (vierteljährliches Monitoring zur Einhaltung des nachhaltig

Input	Spezifizierung der Intervention(en)	Output/Produkt	Outcome/Ergebnis	Impact/Wirkung
<p>Einzelmaßnahmen (Modul 3).</p>	<p>Vorliegen einer Machbarkeitsstudie) und Bestandsnetze (bei Vorliegen eines Transformationsplans) jeweils nach Wirtschaftlichkeitslückenberechnung mit max. 40 % der förderfähigen Ausgaben für Investition in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur (max. 100 Mio. € pro Antrag).</p> <ul style="list-style-type: none"> Förderung von Einzelmaßnahmen mit max. 40 % der förderfähigen Ausgaben für Investition in Erzeugungsanlagen und Infrastruktur (max. 100 Mio. € pro Antrag). 	<ul style="list-style-type: none"> Ziel: 690 Mio. € pro Jahr in Wärmenetze versch. Größenklassen 	<p>erneuerbarer Wärmeenergieleistung pro Jahr bis 2030)</p> <ul style="list-style-type: none"> Umbau der Wärmenetze für Einbindung von EE (Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und Temperaturabsenkung der Netze) Erhöhung der Flexibilität im Energiesystem durch Wärmespeicher und Wärmepumpen 	<p>verfügbaren Potenzials und der zulässigen Volllaststunden geplant)</p> <p><u>Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Erlöse aus der erzeugten Wärme Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit der Fernwärme bei steigendem EE- und Abwärmeanteil Fernwärmepreise für Endnutzende bleiben konkurrenzfähig Verstärkte Wärmeversorgung von Gebäuden und Prozessen über Wärmenetze Neubau von Wärmenetzen Ausbau von Bestandsnetzen <p>Indirekte Wirkungen:</p> <p><u>Dekarbonisierung der Wärmeenergieerzeugung</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Verringerung des CO₂-Emissionsfaktors (Beitrag zur Zielerreichung für CO₂-Reduzierung) <ul style="list-style-type: none"> Investitionsanreize und Aufmerksamkeit für EE-Erzeugungssysteme und Wärmenetze <p><u>Steigerung der Effizienz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Einsparung fossiler Primärenergie durch Energieträgerwechsel zu EE und Abwärme Reduzierung der Netzverluste Geringere EE-Abregelungen im Stromsystem durch Strom-Einbindung in Wärmeenergieerzeugung + Wärmespeicher
<ul style="list-style-type: none"> Betriebskostenzuschuss für Solarthermie und Wärmepumpen, die in Wärmenetze einspeisen, sowohl in Neubau- wie in Bestandsnetze. 	<ul style="list-style-type: none"> Betriebskostenförderung für die Erzeugung aus Solarthermieanlagen (1 Ct/kWh_{th}) und Wärmepumpen mit SCOP von mind. 2,5 (max. 9,2 ct/kWh_{Umgebungswärme} (Netzstrom) bzw. 3 ct/kWh_{th} (Direktverbindung EE-Strom), abhängig vom SCOP) (bei Einspeisung in Wärmenetze); begrenzt 	<ul style="list-style-type: none"> EE-Wärmeerzeugung aus Solarthermie und Wärmepumpen 	<ul style="list-style-type: none"> Höherer EE-Anteil in Wärmenetzen 	<ul style="list-style-type: none"> Investitionsanreize und Aufmerksamkeit für EE-Erzeugungssysteme und Wärmenetze <p><u>Steigerung der Effizienz</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Einsparung fossiler Primärenergie durch Energieträgerwechsel zu EE und Abwärme Reduzierung der Netzverluste Geringere EE-Abregelungen im Stromsystem durch Strom-Einbindung in Wärmeenergieerzeugung + Wärmespeicher

Input	Spezifizierung der Intervention(en)	Output/Produkt	Outcome/Ergebnis	Impact/Wirkung
	auf die Wirtschaftlichkeitslücke (jährlicher Nachweis erforderlich)			<u>Sonstige Wirkungen</u> <ul style="list-style-type: none"> • Beschäftigungseffekte durch Bau, Installation und Wartung der Erzeugungsanlagen sowie der Wärmenetze • Versorgung über Wärmenetze wird attraktiver im Neubaubereich durch sinkende Primärenergiefaktoren (PEF) und damit TPEF der Gebäude, damit Erfüllung gesetzlicher Vorgaben (GEG) • Verstärkte Nachfrage nach Handwerkerleistungen verlängert Umbauprozesse und erhöht Kosten • Öffentlicher Unmut durch erhebliche Straßenbaumaßnahmen (Rohrleitungsbau)

Quelle: Eigene Darstellung

3 Evaluierungsfragen und Ergebnisindikatoren

Tabelle 3-1: Evaluierungsfragen und Ergebnisindikatoren

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
Direkte Auswirkungen					
1.1 <ul style="list-style-type: none"> Wie hat sich der Anteil der EE und Abwärme in Wärmenetzen in Deutschland entwickelt? Ist zu erwarten, dass der Anstieg um mindestens 1 Prozentpunkt jährlich bis 2030, entsprechend RED Artikel 24(4), erzielt wird? Wie hat sich der Anteil der EE und Abwärme in geförderten Wärmenetzen entwickelt? Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die Entwicklung des Anteils der EE und Abwärme in Wärmenetzen in Deutschland? 	<ul style="list-style-type: none"> Durchschnittlicher EE-Anteil in Wärmenetzen in Deutschland Anstieg des durchschnittlichen EE-Anteils in Prozentpunkt/Jahr EE-Anteil in geförderten und ungeförderten Wärmenetzen 	<ul style="list-style-type: none"> BMWK-EE in Zahlen (Tabelle 2) 066+064 des StBA ergänzt durch BHKW-Umfrage des Öko-Instituts und AGEE-Stat BAFA: Verwendungsnachweis und Sachstandsbericht Wärmenetzregister 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund Wärmenetz 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik Vergleichende Analysen Modellunterstützte Ex-ante-Betrachtung Ökonometrische Analyse
1.2 <ul style="list-style-type: none"> Wie hat sich die erneuerbare Wärmeerzeugungsleistung in Wärmenetzen in Deutschland entwickelt? Wie viel erneuerbare Wärmeerzeugungsleistung wurde pro Jahr gefördert? Entspricht dies dem Ziel von durchschnittlich 400 MW pro Jahr? Wie viel wurde außerhalb der Förderung zugebaut? 	<ul style="list-style-type: none"> Erneuerbare Wärmeerzeugungsleistung in Wärmenetzen Geförderter Zubau erneuerbarer Wärmeerzeugungsleistung in MW_{th} pro Jahr Ungeförderter Zubau erneuerbarer Wärmeerzeugungsleistung in MW_{th} pro Jahr 	<ul style="list-style-type: none"> 066+064 (Tab 1.1) des StBA BAFA: Förderanträge Wärmenetzregister 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik Ökonometrische Analyse

	Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
	<ul style="list-style-type: none"> Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf erneuerbare Wärmeenergieerzeugungsleistungen in Deutschland? 	<ul style="list-style-type: none"> Anteil des geförderten Zubaus erneuerbarer Wärmeenergieerzeugungsleistung am Gesamtzubau von erneuerbarer Wärmeenergieerzeugungsleistung 				
1.3	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch sind die mit der Förderung ausgelösten Investitionen? Entsprechen sie den geplanten durchschnittlich rund 690 Mio. Euro? Welche Investitionen erfolgten außerhalb der Förderung in Wärmenetze? 	<ul style="list-style-type: none"> Erfolgte BEW-Förderung und ausgelöste Investitionsmenge in Euro pro Jahr (s. Frage 1.11) Investitionen in Wärmenetze außerhalb der BEW-Förderung in Euro pro Jahr Anteil der von der BEW ausgelösten Investitionsmenge an der Gesamtinvestition in Wärmenetze 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderanträge und Verwendungsnachweise Recherche zu Datenquellen für ungeförderde oder durch andere Förderprogramme geförderte Investitionen (KWKG, Landesförderprogramme und Wärmenetzregister) 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik
1.4	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch war die CO₂-Einsparung pro Jahr bisher? Wird die geplante Einsparung von 2,4 Mio. Tonnen CO₂ pro Jahr im Jahr 2030 erreicht? 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂-Einsparung durch umgesetzte Maßnahme pro Jahr 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Verwendungsnachweise und Zwischennachweise Quantitative und qualitative Diskussion Ex-post-Statistik Ex-ante-Modellierung 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analysen bottom-up über kontrafaktische Fälle Ex-ante-numerische top-down Analyse durch Modellierung
1.5	<ul style="list-style-type: none"> Wie viele Akteure wurden erreicht, wie viele sind das im Vergleich zur Gesamtmenge? 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl der Akteure, die Förderung erhalten 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik, ggf. Klassifizierung (Unternehmen, 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode	
	<ul style="list-style-type: none"> Alle Akteure im Bereich von förderfähigen Wärmenetzen Anzahl der Akteure, die Förderung erhalten, an allen Akteuren im Bereich von förderfähigen Wärmenetzen 	<ul style="list-style-type: none"> Genossenschaften, Kommunen) AGFW-Daten StBA 064+066 				
1.6	<ul style="list-style-type: none"> Wurden Wärmenetze in allen Größenklassen adressiert? Wie ist das Verhältnis der Größen unterstützter Systeme zu den Durchschnittsgrößen von Fernwärmesystemen/ungeförderten Systemen? Wie hoch ist die Förderung im Verhältnis zur Größe der Wärmenetze? 	<ul style="list-style-type: none"> Förderfälle/Größenklasse der Wärmenetze Förderung in Euro/Größenklasse der Netze Spezifische Förderung in Euro/Größenklasse der Netze und Trassenlänge 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik, Klassifikation der Trassenlänge nach kleinen, mittleren, großen Netzen (bis 20, 20 bis 50, über 50, über 100 km) Abgleich mit 064 des StBA, Tab 1.3 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik
1.7	<ul style="list-style-type: none"> Erfolgten die geförderten Maßnahmen gleichverteilt über die Bundesrepublik? Ist das Ziel der bundesweiten Integration von erneuerbarer Wärme in bestehende und neu errichtete Wärmenetze realisiert worden? 	<ul style="list-style-type: none"> Geförderte Maßnahmen pro Bundesland 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderanträge (Ort der Investition, Klassifikation nach Bundesland, Größenklasse der Gemeinde) 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bundesländer 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik
1.8	<ul style="list-style-type: none"> Sind die Wärmeerzeugung und der Netzbetrieb wirtschaftlich und preislich wettbewerbsfähig ggü. anderen Optionen der Versorgung mit nachhaltig bzw. erneuerbar erzeugter Wärme? 	<ul style="list-style-type: none"> Wärmegestehungskosten 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA-Förderanträge/Verwendungsnachweise und Wirtschaftlichkeitslückenberechnung (Wärmegestehungskosten nach Angabe der 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Empirische Analyse der BAFA-Informationen Abgleich mit allgemeiner

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
		Antragsteller), siehe Fragen 3.2 und 3.3 • Energiewirtschaftliche Betrachtung			energiewirtschaftlicher Betrachtung
1.9 • Wurde die Kombination unterschiedlicher EE-Erzeugungstechnologien und die Integration von Abwärme in neuen und bestehenden Wärmenetzen angestoßen? • Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die Diversität der Wärmequellen in Wärmenetzen in Deutschland?	• Anzahl der Erzeugertechnologien pro Wärmenetz für geförderte und ungeförderte Wärmenetze	• BAFA-Förderanträge • Allgemeine Analyse der Struktur von Wärmenetzen zur Differenzierung der geförderten/ungeförderten Wärmenetze auf Basis des Wärmenetzregisters	• Zeitpunkt der Gesamtevaluierung	• Bund	• Empirische Analyse der BAFA-Informationen • Abgleich durch Recherche/Umfragen bei Betreibern und Verbänden • Ökonometrische Analyse
1.10 • Wie haben sich die Anzahl, die Länge und das Temperaturniveau von Wärmenetzen entwickelt? • Welche Trassenlängen wurden durch die BEW gefördert? • Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die Entwicklungen der Trassenlängen und Temperaturniveaus in Deutschland?	• Entwicklung der Anzahl und der Länge von Wärmenetzen, differenziert nach Bestands- und Neubau-netzen • Geförderte Trassenlänge für Bestands- und Neubau-netze • Entwicklung des Temperaturniveaus von geförderten und ungeförderten Wärmenetzen	• 064 des StBA, Tab 1.3 • BAFA: Förderanträge und Verwendungsnachweise • Analyse der Wirtschaftlichkeitslückenberechnung für Investitionen • Wärmenetzregister	• Jährlich	• Bund	• Deskriptive Statistik • Ökonometrische Analyse
1.11 • Wie viele Transformationspläne und Machbarkeitsstudien wurden gefördert?	• Anzahl der Transformationspläne, Machbarkeitsstudien und Höhe der Planungsleistungen	• BAFA: Förderstatistik • StBA: 064 Tab 1.5 Wärmespeicher nach Leistung und Anzahl	• Jährlich	• Bund	• Deskriptive Statistik

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
<ul style="list-style-type: none"> • Wie viele systemische Förderungen und Einzelmaßnahmen erfolgten (Art, Umfang, Durchführungsstand)? • Was sind die jeweilig bewilligten Fördersummen und damit verbundenen ausgelösten Investitionen pro Jahr? • Wie hoch sind die ungeförderten Wärmenetz-Investitionen? 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der systemischen Förderungen nach Art • Anzahl der geförderten Einzelmaßnahmen nach Art • Bewilligte Förderung pro Jahr nach Art • Ausgelöste Investitionen pro Jahr nach Art 	<ul style="list-style-type: none"> • Recherche zu Datenquellen für ungeförderte oder durch andere Förderprogramme geförderte Investitionen (KWKG, Landesförderprogramme und Wärmenetzregister) 			
<p>1.12</p> <ul style="list-style-type: none"> • Wie viele Anträge auf Betriebskostenförderung wurden gestellt, wie viele jeweils für Solarthermie und Wärmepumpen (Strom aus Netz/ohne Durchleitung) bewilligt? In welcher Höhe wurde die Förderung bewilligt, wie änderte sich die Förderung über die Jahre in Höhe und Anzahl? • Wie hoch ist die gesamte jährliche Betriebskostenförderung? • Hat die Betriebskostenförderung sich auf den Betrieb der geförderten Technologien ausgewirkt, und wenn ja, wie? 	<ul style="list-style-type: none"> • Förderung nach Technologie in ct/kWh in den verschiedenen Jahren • Gesamte Betriebskostenförderung pro Jahr in Euro und in Euro/kWh • Volllaststunden geförderter Systeme im Vergleich mit durchschnittlichen Volllaststunden je nach Technologie • Gang der Wärmeerzeugung geförderter und ungeförderter Systeme 	<ul style="list-style-type: none"> • BAFA: Jährliches Monitoring der Betriebskostenförderung und Zwischennachweise • Volllaststunden und Wärmeerzeugungsgang aus dem Wärmenetzregister, optional als Mittelwerte, oder aus Beispielsystemen von Herstellern je nach Technologie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Deskriptive Statistik • Ökonometrische Analyse
<p>1.13</p> <ul style="list-style-type: none"> • Welche externen Umstände behindern oder begünstigen die Zielerreichung? 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Aussagen zum Betrieb und zur Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen sowie zur Einbindung von erneuerbaren Energien 	<ul style="list-style-type: none"> • BAFA: Analyse der Betriebskostenförderungsanträge • Allgemeine energiewirtschaftliche Statistik 	<ul style="list-style-type: none"> • Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Aussagen, Experteninterviews, belegt durch quantitative Analysen

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
1.14 • Werden die nachhaltig verfügbaren Potentialgrenzen von Biomasse eingehalten? • Ist zu erwarten, dass der Anteil an Biomasse an der jährlich geförderten Anlagenleistung von 25 % im dritten Jahr nach Inkrafttreten der Richtlinie nicht überschritten wird?	• Eingesetzte Biomasse-Mengen in geförderten Wärmenetzen • Eingesetzte Biomasse-Mengen in allen Wärmenetzen	• Branchenfachliteratur und Experteninterviews • BAFA-Förderanträge • Umweltbundesamt (UBA) • Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ)	• Vierteljährlich	• Bund	• Analyse der BAFA-Informationen und anderer Datenquellen • Abgleich mit aktuellen Potenzialempfehlungen
Indirekte Auswirkungen					
2.1 • Wie hat sich der Wärmeverlustanteil in Wärmenetzen entwickelt? • Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die beobachteten Änderungen von Wärmeverlusten in Deutschland?	• Wärmeverlustanteil (Wärmeerzeugung minus Wärmeabgabe durch Wärmeerzeugung) auf nationaler Ebene • Wärmeverlustanteil für geförderte und ungeforderte Wärmenetze	• BMWi-Energiedaten Tabelle 25 „Aufkommen und Verwendung von Fernwärme“ • AGFW-Hauptbericht • Wärmenetzregister	• Jährlich	• Bund	• Deskriptive Statistik • Ökonometrische Analyse
2.2 • Wie hat sich der Energieträgermix in Wärmenetzen entwickelt?	• Energieträgermix auf nationaler Ebene (absolut und relativ) für Braunkohle, Steinkohle, Erdgas, Strom, Solarthermie, Umweltwärme, Geothermie, Biomasse, Abwärme, ... • Energieträgermix pro Wärmenetz für geförderte und ungeforderte Wärmenetze	• BMWi-Energiedaten Tabelle 25 „Aufkommen und Verwendung von Fernwärme“ • StBA 066+064 • AG Energiebilanz für Heizwerke • AGFW-Hauptbericht • Wärmenetzregister	• Jährlich	• Bund	• Deskriptive Statistik

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
2.3 <ul style="list-style-type: none"> Wie hat sich der Primärenergiefaktor in den geförderten Netzen und im bundesweiten Durchschnitt entwickelt? Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf den Primärenergiefaktor in Wärmenetzen in Deutschland? 	<ul style="list-style-type: none"> Primärenergiefaktor in geförderten Wärmenetzen Durchschnittlicher Primärenergiefaktor in Wärmenetzen Primärenergiefaktor in geförderten Wärmenetzen im Verhältnis zum durchschnittlichen Primärenergiefaktor in Wärmenetzen 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Verwendungsnachweise und Sachstandsberichte AGFW-Hauptbericht Wärmenetzregister 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik Ökonometrische Analyse
2.4 <ul style="list-style-type: none"> Wie hat sich der CO₂-Emissionsfaktor für die Fernwärmeerzeugung entwickelt? Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die Entwicklung des CO₂-Emissionsfaktors in Wärmenetzen in Deutschland? 	<ul style="list-style-type: none"> Spezifische CO₂-Emissionen auf nationaler Ebene (g CO₂/kWh Wärme) Beschreibung und Aggregation der berichteten kontrafaktischen Fälle Spezifische CO₂-Emissionen für geförderte und ungeforderte Wärmenetze 	<ul style="list-style-type: none"> Aus 2.2 abgeleitet AGFW-Hauptbericht BAFA: Anträge und Zwischennachweise Wärmenetzregister 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik Ökonometrische Analyse
2.5 <ul style="list-style-type: none"> Was sind die spezifischen CO₂-Reduktionskosten in den Förderfällen, wie hoch ist daran der Anteil der Förderung? 	<ul style="list-style-type: none"> Euro/t reduzierte CO₂-Emissionen 	<ul style="list-style-type: none"> Aus 2.3+2.4 abgeleitet BAFA: Förderanträge 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analyse Vergleich mit kontrafaktischen Fällen
2.6 <ul style="list-style-type: none"> Wie haben sich die Investitionskosten pro m Wärmenetz (nach Durchmesser) entwickelt? 	<ul style="list-style-type: none"> Euro/m Wärmenetz (nach Durchmesser) 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analyse Stakeholderinterviews

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode	
2.7	<ul style="list-style-type: none"> Hat die BEW-Förderung Auswirkungen auf die Entwicklung der Verfügbarkeit von Erzeugungstechnologien? 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitreihe zu Investitionskosten/Erzeugungstechnologie Entwicklung der Lieferzeiten 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderanträge Experteninterviews 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitative Aussagen, belegt durch quantitative Analysen und Experteninterviews
2.8	<ul style="list-style-type: none"> Gab es negative Auswirkungen auf den Wärme- oder Strommarkt durch die BEW-Förderung? 	<ul style="list-style-type: none"> Entwicklung der Wärmebereitstellungskosten verschiedener Erzeugungstechnologien 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Zwischennachweise und Sachstandsberichte Stakeholderinterviews 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitative Aussagen, belegt durch Stakeholderinterviews
2.9	<ul style="list-style-type: none"> Hat die BEW-Förderung eine Auswirkung auf die Wettbewerbssituation im Wärme- und ggf. auch im Strommarkt? Was ist der kausale Effekt der BEW-Förderung auf die beobachtete Entwicklung der Wettbewerbssituation in Wärmenetzen? 	<ul style="list-style-type: none"> Vergleich von Konzentrationsmaßen (HHI, CR) in ausgewählten städtischen Wärme- und ggf. Stromnetzen, gefördert und ungefördert 	<ul style="list-style-type: none"> Wärmenetzregister 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Regionale Betrachtung einzelner Wärmenetze 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitative Aussagen, belegt durch quantitative Analysen Ökonometrische Analyse
2.10	<ul style="list-style-type: none"> Was ist die Auswirkung der Förderung der Wärmenetze und Speicher unter der BEW auf deren Förderung durch das KWKG? 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl und Länge geförderter Wärmenetze unter BEW und KWKG 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analyse Stakeholderinterviews

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode	
Angemessenheit und Geeignetheit						
3.1	<ul style="list-style-type: none"> • War die Investitionsförderung der Wärmenetze und der Erzeugungssysteme angemessen? • Wie hat sich die Wirtschaftlichkeit der geförderten Wärmenetze in einem sich wandelnden Marktumfeld entwickelt? 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Wärmebereitstellungskosten nach Erzeugungsart • Entwicklung der Wärmekosten für Fernwärme-Endverbraucher 	<ul style="list-style-type: none"> • BAFA: Förderstatistik: Wirtschaftlichkeitslückenberechnung für systemische Förderung 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Analyse unter Verwendung der Antworten oben, besonders 2.5, 2.6
3.2	<ul style="list-style-type: none"> • Wurden Anträge für Betriebskostenförderung auf Basis der Wirtschaftlichkeitslückenberechnungen abgelehnt? 	<ul style="list-style-type: none"> • Anzahl abgelehnter Anträge 	<ul style="list-style-type: none"> • BAFA: Förderstatistik: Wirtschaftlichkeitslückenberechnung für Betriebskostenförderung 	<ul style="list-style-type: none"> • Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Analyse
3.3	<ul style="list-style-type: none"> • Wie hoch sind die Wirtschaftlichkeitslücken, die in den Anträgen für die systemische Förderung und die Einzelmaßnahmenförderung und in den Zwischennachweisen der Betriebskostenförderung ausgewiesen werden? • Welches sind die kontrafaktischen Fälle, die in den Anträgen und Nachweisen benannt werden? 	<ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftlichkeitslücken in ct/kWh_{th} • Beschreibung und Aggregation der berichteten kontrafaktischen Fälle 	<ul style="list-style-type: none"> • BAFA: Anträge und Zwischennachweise 	<ul style="list-style-type: none"> • Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Quantitative Analyse
3.4	<ul style="list-style-type: none"> • Ist eine Erreichung der Ziele der BEW mit dem aktuellen Förderdesign zu erwarten? 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung der Zielparame-ter (siehe oben) 	<ul style="list-style-type: none"> • Ergebnisse von 1.1 (EE-Anteile), 1.2 (EE-Wärmeleistung), 1.3 (Investitionen), 1.4 (CO₂-Einsparung) und 1.13 (allgemeine Einflussfaktoren) 	<ul style="list-style-type: none"> • Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> • Bund 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative Analyse auf Basis quantitativer Ergebnisse

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode	
3.5	<ul style="list-style-type: none"> Erfolgt die Entwicklung der Wärmenetze entlang der Transformationspläne oder wurden Abweichungen vom Zielpfad gemeldet? Was sind die Begründungen der Abweichungen? Werden Erstattungen der Förderung in Kauf genommen? 	<ul style="list-style-type: none"> Meldungen von Abweichungen 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik/jährliche Bestätigung bei neuen Netzen, dass die Kriterien eingehalten werden. 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Deskriptive Statistik
3.6	<ul style="list-style-type: none"> Wie hoch sind die Realisierungsraten und -zeiten der jeweiligen geförderten Maßnahmen? 	<ul style="list-style-type: none"> Realisierungsraten je Fördersegment Nichtrealisierung bezuschlagter Mengen Realisierungszeiten je Fördersegment 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: Förderstatistik 	<ul style="list-style-type: none"> Jährlich 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analyse aus Differenz zwischen Bewilligung und IBN
3.7	<ul style="list-style-type: none"> Waren die Investitions- und Betriebskostenförderung der beste Förderansatz? Wären mit anderen Förderansätzen (bspw. Steuern, Ausschreibungen, andere Instrumente) effizientere Ergebnisse möglich gewesen? 	<ul style="list-style-type: none"> Theoretische Überlegungen zum Vergleich mit weiteren möglichen Förderinstrumenten 	<ul style="list-style-type: none"> Bewertungsmatrix Experteneinschätzung Betrachtung der Wärmenetz-Förderung in ausgewählten anderen MS 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Qualitative Aussagen, belegt durch quantitative Analysen
3.8	<ul style="list-style-type: none"> Sollte der Mindestanteil für erneuerbare Energien und Abwärme beim Neubau von Wärmenetzen als Förderkriterium erhöht werden bzw. sind die weiteren Förderkriterien (Abschnitt 4.2.1) für neue Wärmenetze anzupassen? 	<ul style="list-style-type: none"> Anzahl und Länge von neuen Wärmenetzen gefördert durch BEW und ungefördert/durch KWKG gefördert EE-Anteil und weitere Eigenschaften von neuen geförderten und ungeförderten Netzen 	<ul style="list-style-type: none"> BAFA: BEW- und KWKG-Förderstatistik Wärmenetzregister/Recherche nach neuen Wärmenetzen 	<ul style="list-style-type: none"> Zeitpunkt der Gesamtevaluierung 	<ul style="list-style-type: none"> Bund 	<ul style="list-style-type: none"> Quantitative Analyse

Evaluierungsfragen	Ergebnisindikatoren	Datenquelle	Frequenz	Ebene	Evaluierungsmethode
3.9 • Sollte in der zweiten Phase ein Effizienzkriterium für die gesamte systemische Förderung auf Basis der Erfahrungen aus der ersten Förderungsphase angelegt werden?	• EE-Anteil und weitere Eigenschaften von Bestandsnetzen (gefördert und ungefördert)	• BAFA: BEW- und KWKG-Förderstatistik • Wärmenetzregister/ Recherche nach neuen Wärmenetzen	• Zeitpunkt der Gesamtevaluierung	• Bund • Wärmenetzwerk	• Qualitative Analyse auf Basis deskriptiver Statistik
3.10 • Ist die Betriebskostenförderung angemessen oder sollte sie abgesenkt werden, um ggf. mehr Wärmenetze fördern zu können? • Wie hat sich die Wirtschaftlichkeit der geförderten Anlagen in einem sich wandelnden Marktumfeld entwickelt?	• Wirtschaftlichkeitsbetrachtung kontrafaktischer Fallkonstruktionen (bzw. typisierte Wärmeerzeugertechnologien) durch LCOE-Analyse • Diskussion der Alternativoptionen und deren Kosten	• BAFA: Zwischennachweise • Allgemeine energiewirtschaftliche Statistik • Annahmen zur Entwicklung von Parametern des Strom- und Wärmemarktes	• Jährlich	• Bund • typisierte Anlagen	• Qualitative Aussagen, belegt durch quantitative Analysen (Parameteranalyse)
3.11 • Sollte in der zweiten Phase eine Betriebskostenförderung für tiefe Geothermie auf Basis der Erfahrungen aus der ersten Förderungsphase eingeführt werden?	• Förderungslückenanalyse zur Bewertung des potenziellen Bedarfs an Betriebskostenförderung • Diskussion der Alternativoptionen und deren Kosten	• BAFA: Technische Parameter geförderter geothermaler Systeme • Allgemeine energiewirtschaftliche Statistik • Annahmen zur Entwicklung von Parametern des Strom- und Wärmemarktes	• Jährlich	• Bund • typisierte Anlagen	• Qualitative Aussagen, belegt durch quantitative Analysen (Parameteranalyse)
3.12 • Wie haben sich die realisierten Jahresarbeitszahlen der geförderten Wärmepumpen im Vergleich zu denen ungeförderter Wärmepumpen entwickelt?	• Realisierte Jahresarbeitszahlen von geförderten Wärmepumpen und im bundesweiten Durchschnitt	• BAFA: Zwischennachweise/Sachstandsberichte • Allgemeine energiewirtschaftliche Daten	• Jährlich	• Bund	• Quantitative Analyse

Quelle: Eigene Darstellung

4 Datenverfügbarkeit und -erhebung

4.1 Zuständige Behörde (Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (BAFA))

4.1.1 BEW

Die Datenerhebung zu allen förderrelevanten Informationen für die BEW wird beim BAFA sichergestellt. Dazu wird eine geeignete Förderstatistik erstellt, die öffentlich verfügbar gemacht wird. Für die Zwecke der Evaluierung werden tiefergehende Informationen elektronisch erfasst und unter Wahrung der Vertraulichkeitsanforderungen den ggf. beauftragten Institutionen zur Verfügung gestellt.

Aus den folgenden Quellen sind die für die Evaluierung erforderlichen Informationen verfügbar zu machen:

- **Transformationspläne und Machbarkeitsstudien:** Vorzulegen 12 (+12) Monate nach Bewilligung.
- **Förderanträge:** Vorzulegen vor Vorhabenbeginn. Zahlreiche evaluationsrelevante Inhalte, vor allem auch Wirtschaftlichkeitslückenberechnung mit plausiblen kontrafaktischen Fällen für systemische Förderung und Betriebskostenförderung.
- **Verwendungsnachweis:** Vorzulegen nach vollständiger Inbetriebnahme des Vorhabens, jedoch spätestens drei Monate nach Ablauf des Bewilligungszeitraums bei der Bewilligungsbehörde einzureichen. Bewilligungszeitraum Modul 1: s.o.; Modul 2: 48 (+24) Monate, Modul 3: 24 (+12) Monate.
- **Jährliche Bestätigung:** Jährliche Berichterstattung bei neu errichteten Netzen, dass die geförderte Anlage entsprechend der Mindestanforderung an förderfähige Netze betrieben wird
- **Zwischennachweis:** Jährliche Berichterstattung für Betriebskostenförderung
- **Sachstandsbericht:** 10 Jahre nach Inbetriebnahme
- **Jährliches Monitoring der Höhe der Betriebskostenförderung durch das BAFA**
- **Vierteljährliches Monitoring der Förderung im Bereich der Biomasseanlagen** mit Datenaustausch zwischen BAFA, Umweltbundesamt (UBA) und Deutschem Biomasseforschungszentrum (DBFZ) im Hinblick auf die Einhaltung der EU-rechtlichen Vorgaben der NEC-Richtlinie

Die Datenerfassung sollte auf der Ebene der Wärmenetze erfolgen.

Die Förderstatistik sollte regelmäßig aktualisiert werden und eine öffentliche Zusammenstellung von Informationen zu Anträgen, Bewilligungen, Verwendungsnachweisen, Zwischennachweisen und Sachstandsberichten beinhalten.

Die Ergebnisse des jährlichen Monitorings der Betriebskostenförderung und des vierteljährlichen Monitorings der Förderung im Bereich der Biomasseanlagen durch das BAFA sollten zumindest für die Evaluierung zur Verfügung gestellt werden.

4.1.2 Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz (KWKG): Wärmenetze und Speicher

Durch das KWKG werden Wärme- und Kältenetze sowie Wärme- und Kältespeicher seit dem Jahr 2012 gefördert. Folgende Daten liegen dem BAFA vor und können zu Evaluierungszwecken verwendet werden:

- **Standort des Wärmenetzes (Stadt)**
- **Inbetriebnahmedatum**
- **Förderzuschlag**
- **Für Wärmenetze (für die Summe der Wärmenetze, die Förderung erhalten haben, aggregiert nach Postleitzahl der an das Netz angebotenen CHP-Anlage):**
 - Trassenlänge
 - Mittlerer DN-Wert
 - Maßnahmenart (Neubau / Ausbau / Netzzusammenschluss, Verstärkung, Anbindung, Umstellung)
 - Wärme / Kältenetz
 - Wärmequote
- **Für Wärmespeicher (nach einzelnen Wärmespeichern, die eine Förderung erhalten haben)**
 - Ort (Postleitzahl und Stadt)
 - Speichervolumen
 - Druckspeicherfaktor
 - Mittlerer Wärmeverlust
 - Nutzungsart (Raumheizung / Klimatisierung, Warmwasserbereitung, Prozesswärme/-kälte)
 - Typ (Heizung/Kühlung)

4.2 Statistisches Bundesamt, Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (A-GEE-Stat) und BMWK Energiedaten

Das Statistische Bundesamt (StBA) erhebt und dokumentiert bereits zahlreiche Kennzahlen und Parameter, mit deren Hilfe der aktuelle Bestand von Wärmenetzen in aggregierter Form beschrieben werden kann. Die Aggregation bezieht sich in räumlicher Hinsicht auf Deutschland, häufig liegen die Daten jedoch auch auf Ebene der Bundesländer vor. In zeitlicher Hinsicht werden Jahreswerte für ein Kalenderjahr ausgewiesen. Der Zeitverzug beträgt üblicherweise ein bis zwei Jahre.

Wichtige Statistiken für diesen Kontext sind:

- Jahreserhebung über Erzeugung und Verwendung von Wärme sowie über den Betrieb von Wärmenetzen (064)

- Tabelle 1.1+2.1: Anzahl, Nettonennleistung, Wärmeerzeugung, Energieträgereinsatz und -bestand der Heizwerke nach Bundesländern, Standort des Unternehmenssitzes und der Anlage. Aggregationsebene: Länder.
- Tabelle 1.2+2.2: Wärme- und Elektrizitätserzeugung, Energieträgereinsatz und -bestand der wärmegeführten Blockheizkraftwerke mit einer elektrischen Nettonennleistung unter 1 MW elektrisch nach Bundesländern, Standort des Unternehmenssitzes und Standort der Anlage. Aggregationsebene: Länder.
- Tabelle 1.3: Anzahl und Infrastruktur der Wärmenetze nach vorwiegend verwendeten Wärmeträgern. Aggregationsebene: Länder. Die Temperaturniveaus werden in sechs Kategorien für Heißwasser und fünf Kategorien für verschiedene Dampftemperaturen differenziert.
- Tabelle 1.4: Wärmebilanz. Aggregationsebene: Länder.
- Tabelle 1.5: Speicherkapazität der Speicheranlagen. Aggregationsebene: Länder.
- Monatserhebung über die Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung zur allgemeinen Versorgung (066). Aggregationsebene: Länder.
 - Tabelle 3.2: Nettonennleistung der Kraftwerke nach Hauptenergieträgern
 - Tabelle 4: Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung nach Energieträgern (insgesamt)
 - Tabelle 5: Brennstoffeinsatz für Elektrizitäts- und Wärmeerzeugung nach Energieträgern (insgesamt)
 - Tabelle 11: Abgabe von Wärme nach Abnehmergruppen
- Gewinnung, Verwendung und Abgabe von Klärgas (073). Aggregationsebene: Länder.
- Wärme- und Elektrizitätserzeugung aus Geothermie (062). Aggregationsebene: Länder.
- AGEE-Stat: Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik. Aggregationsebene: Bund.
 - Tabelle 2: Anteile der erneuerbaren Energien 1990 bis 2020
 - Tabelle 5.1: Erneuerbare Energien in der Fernwärmeerzeugung 2003 bis 2020
- BMWK: Zahlen und Fakten: Energiedaten. Aggregationsebene: Bund.
 - Tabelle 25 Aufkommen und Verwendung von Fernwärme

Für eine vollständige Übersicht über die Fernwärmeerzeugung sind die Statistiken 064, 073, 062 und 066 zusammenzubringen. Letztere wird für die Einbindung der in KWK erzeugten Wärme benötigt. Weitere Quellen sind für eine vollständige Übersicht zu ergänzen, wie z.B. für die Anlagen unter 1 MW und biogene Anlagen, die oftmals nicht vollständig in den Daten des StBA erfasst sind. Diese Daten können analog zum Vorgehen bei der Erfassung der KWK-Erzeugung ergänzt werden mit Informationen aus der BHKW-Umfrage des Öko-Instituts und der AGEE-Stat.

Mit Hilfe von Zeitreihen kann ex-post die Entwicklung der Wärmenetze unter anderem für folgende Parameter dargestellt werden:

- Fernwärmeerzeugung nach Energieträgern nach Anzahl der Anlagen und Energiemenge
- EE-Anteil an der Fernwärmeerzeugung
- Anteil pro Energieträger an der Fernwärmeerzeugung
- CO₂-Emissionen der Fernwärmeerzeugung
- Netzverluste
- Anzahl und Länge der Wärmenetze pro Temperaturniveau
- Zu- und Rückbau der Wärmenetze
- Anzahl und installierte Speicherkapazität für Wärmespeicher
- Anzahl der Anlagen und installierte elektrische und thermische Leistung zur Fernwärmeerzeugung

Die Veröffentlichungen des Statistischen Bundesamtes basieren auf Daten, die von den betroffenen Unternehmen berichtet werden. Diese Daten sind auf der Unternehmensebene vertraulich und werden nicht veröffentlicht. Erst wenn mit zunehmender Aggregation und Fallzahl der einzelnen Anlagen nicht mehr auf einzelne Unternehmen rückgerechnet werden kann, werden die Daten veröffentlicht. So sind auf Bundesebene die aggregierten Daten verfügbar, für Evaluierungszwecke werden detailliertere Daten auf Nachfrage zur Verfügung gestellt. Mit einem Forschungsauftrag können auch zusätzliche Informationen eingesehen werden (vgl. Abschnitt **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Die Daten der AGEE-Stat¹ werden jährlich veröffentlicht und ergänzen die Daten des Statistischen Bundesamtes stellenweise. Die Energiedaten des BMWK² sind ebenfalls öffentlich und werden jährlich mehrmals aktualisiert. Sie stellen eine Zusammenfassung der verfügbaren öffentlichen Statistiken dar.

4.3 Energieeffizienzverband für Wärme, Kälte und KWK e.V. (AGFW)

Im jährlich erscheinenden AGFW Hauptbericht, der ab der Ausgabe 2022 mit einer überarbeiteten Methodik und mit neuen Inhalten erscheinen wird, wird es eine Reihe von Daten für den Gesamtmarkt der Fernwärmeerzeugung geben (im Gegensatz zu den bisherigen Ausgaben, in denen nur Daten der Mitgliedsunternehmen verwendet wurden, die sich an der umfangreichen jährlichen Umfrage beteiligt haben).

Die derzeit noch geringen Leistungen und Wärmemengen aus erneuerbaren Energien und Abwärme führen dazu, dass die Daten vom Statistischen Bundesamt nur aggregiert zur Verfügung gestellt werden dürfen (Fallzahl bzw. Dominanzkriterium siehe Abschnitt 4.2). Mit steigenden Anteilen der einzelnen Kategorien ist damit zu rechnen, dass in der Zukunft mehr Wärmeerzeugungsmethoden

¹ https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Navigation/DE/Service/Erneuerbare_Energien_in_Zahlen/erneuerbare_energien_in_zahlen.html

² <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Artikel/Energie/energiedaten-gesamtausgabe.html>

ohne Aggregation veröffentlicht werden dürfen, welche dann im AGFW-Hauptbericht differenziert dargestellt werden können.

Die neue Ausgabe des AGFW-Hauptberichtes wird ebenfalls einen durchschnittlichen Primärenergiefaktor (PEF) sowie einen durchschnittlichen CO₂-Faktor veröffentlichen. Diese Faktoren werden vom Statistischen Landesamt Bremen berechnet, wobei alle Brennstoffe, Wärmemengen und die in KWK-Prozessen miterzeugten Strommengen (inkl. aller Teilmengen, die nicht veröffentlicht werden dürfen) in die Berechnung einfließen. Für die Berechnung des Brennstoffbedarfs der Wärme aus KWK-Prozessen wird dabei die Aufteilung nach der "Stromgutschriftmethode" verwendet, da es diese Methode erlaubt, die Faktoren in Summe für alle gleichartigen Prozesse zu berechnen (ohne z.B. Temperaturniveaus zu berücksichtigen, die durch die Statistik nicht erhoben werden).

4.4 Bundesweites Wärmenetzregister und weitere mögliche Datenquellen

Viele Daten der Energiestatistik können aus Geheimhaltungsgründen (Dominanz und Fallzahl) von den statistischen Ämtern nur in aggregierter Form zur Verfügung gestellt werden. Für Anfragen aus Forschungsprojekten können auch detailliertere Daten freigegeben werden (mit entsprechenden Geheimhaltungsvereinbarungen). Es wird geprüft, ob die Gesetzeslage so geändert werden kann, dass die in den statistischen Ämtern vorliegenden Daten einem weiteren Interessentenkreis zugänglich gemacht werden können, um sie im Rahmen von Evaluierungen von Förderprogrammen nutzen zu können. Um innerhalb der jetzigen Bedingungen auf alle Daten der Energiestatistik zugreifen zu können, wäre es gegebenenfalls denkbar, die Evaluation als Forschungsprojekt zu definieren.

Auch den statistischen Landesämtern liegen allerdings keine Daten auf Wärmenetzebene vor. Deshalb wird angestrebt, ein bundesweites Wärmenetzregister einzuführen. Diese Datenbank soll zudem die Hauptquelle für die ökonometrischen Kausalanalysen sein (siehe Abschnitt 6.1). Das Register soll alle Wärmeerzeugungsanlagen und vorzugsweise die tatsächliche Wärme- und Stromerzeugung für alle Netze umfassen. Idealerweise werden in der Datenbank noch weitere netzspezifische Informationen erfasst, wie die Länge, das Temperaturniveau, die Kapazität der Wärmespeicher, der jährliche Wärmebedarf und die Wärmeerzeugung pro Energieträger, der jährliche Brennstoffverbrauch, die Anzahl der Kunden (darunter Daten zu deren Struktur, etwa hauptsächlich Haushalte oder Industriekunden), Wärmepriese und Förderungszahlungen durch die BEW und aus anderen Quellen. Die Netzbetreiber sollten verpflichtet werden, die Informationen jährlich zu aktualisieren. Wenn eine solche Datensammlung nicht möglich ist, wäre die Alternative ein Register auf Firmen- oder Anlagenebene ohne die netzspezifischen Daten. Die Detailtiefe dieses Registers entscheidet über die Möglichkeit, die unten beschriebenen ökonometrischen kausalen Analysen durchzuführen.

5 Zeitliche Planung der Evaluierung

In der Richtlinie ist bereits ein regelmäßiges Monitoring angelegt:

- *Vierteljährliches Monitoring der Förderung im Bereich der Biomasseanlagen. Der Anteil Biomasse an der jährlich geförderten Anlagenleistung von 25 % soll im dritten Jahr nach Inkrafttreten der Richtlinie nicht überschritten werden.*
- *Jährliches Monitoring der Betriebskostenförderung*
- *Im Rahmen einer vertieften Evaluierung wird das Förderprogramm spätestens kurz vor Ablauf der Geltungsdauer 2026/27 überarbeitet und dem jeweiligen aktuellen Bedarf angepasst.*
- *Laufzeit: Geltungsdauer von sechs Jahren*

Neben dem genannten vierteljährlichen und jährlichen Monitoring wird folgender Zeitplan vorgeschlagen:

- **Zwischenbericht** der Evaluierung nach drei Jahren Laufzeit (Annahme: Inkrafttreten der BEW August 2022 => Zwischenbericht im August 2025).
 - Information zum Stand der Förderung über Beantwortung der Evaluierungsfragen, die auf jährlicher Datenverfügbarkeit basieren
 - Ermittlung des Anteils an Biomasse im dritten Jahr nach Inkrafttreten der Richtlinie
- **Gesamtevaluierung** ein halbes Jahr vor Ablauf der Geltungsdauer (Annahme: Inkrafttreten der BEW August 2022 => Endbericht im Dezember 2027)
 - Information zum Stand der Förderung über Beantwortung der Evaluierungsfragen
 - Insbesondere Diskussion der Fragen zur Fortführung der BEW wie in Abschnitt 8.5 aufgeführt

6 Methodik zur Messung der Auswirkungen der BEW

Die Evaluierung der BEW basiert grundsätzlich auf der Idee der theoriebasierten Evaluation, die auf der Rekonstruktion und Plausibilitätsprüfung der Wirkannahmen beruht. Die Wirkungskette wird in Abschnitt 2 dargestellt. Sie listet die Produkte (Outputs), Ergebnisse (Outcomes) und die Wirkungen (Impacts) auf, zu denen die relevanten Indikatoren in den Evaluierungsfragen aufgestellt wurden. Die theoriebasierte Evaluation ist generell offen für unterschiedliche Fragestellungen und die Anwendung sowohl qualitativer als auch quantitativer Methoden und ermöglicht damit die Betrachtung unterschiedlicher Evaluationskriterien. Die Rekonstruktion von Wirkungsmodellen gibt Hinweise auf mögliche Risiken und Herausforderungen bei der Erzielung gewünschter Wirkungen und beim Entstehen möglicher unerwarteter Nebenwirkungen.

Zur Messung der direkten und indirekten Auswirkungen der BEW sollen idealerweise kontrafaktische Methoden angewendet werden, um kausale Effekte der Förderung zu ermitteln (siehe auch SWD (2014) 179). Die Evaluierung der BEW soll daher, wo möglich, durch solche kontrafaktischen Evaluationen (*counterfactual impact evaluation*, CIE) ergänzt werden, um die Kausalität der BEW-Förderung auf die betrachteten Outcomes zu quantifizieren. Diese basieren auf Regressionsanalysen empirischer Daten und vergleichen grundsätzlich eine *Treatment*-Gruppe geförderter Merkmalsträger mit einer Kontrollgruppe ungeförderter Merkmalsträger. Diese Kontrollgruppe sollte möglichst ähnlich zur *Treatment*-Gruppe sein.

Die grundsätzliche Möglichkeit und die Tiefe der Anwendung kausaler Methoden hängt entscheidend von der Datenverfügbarkeit ab. Dies gilt insbesondere für die Kontrollgruppe ungeförderter Merkmalsträger. Während davon ausgegangen werden kann, dass die BEW zu einer Förderung (*Treatment*) einer hinreichend großen Zahl von Netzen führen wird, ist die Zahl an ohne Förderung in Betrieb gehenden Anlagen und Netzen noch nicht abzusehen. Weil für die Kausalanalyse Mikrodaten verwendet werden, hängt ihre Anwendung zudem von einer hinreichend tiefen und breiten Datenbasis auf Ebene der Netze ab.

Es wird angestrebt, ein bundesweites Wärmenetzregister einzurichten, das Informationen zu den zentralen Kennwerten von Wärmenetzen enthält, darunter u. a. die Kapazität und die Erzeugung aller Wärmeerzeugungstechnologien in allen Netzen. Weitere Informationen hierzu sind in Abschnitt 4.4 zu finden. Diese Datenbank soll als Hauptdatenquelle für die Anwendung kausaler Methoden dienen. Für den Fall, dass die Datenbank des Wärmenetzregisters zum Zeitpunkt der Zwischen- oder endgültigen Evaluation unzureichend ist, werden Ausweichoptionen als Alternativen angegeben.

Der folgende Abschnitt 6.1.1 beschreibt die generelle Methodik zur Bestimmung der kausalen Effekte der BEW-Förderung. In einem zweiten Schritt (Abschnitt 6.1.2) wird der geplante Ansatz, den kausalen Effekt der BEW-Förderung auf erneuerbare Wärmeerzeugungsleistungen zu quantifizieren, detailliert erläutert. Dies korrespondiert zu Evaluierungsfrage 1.2. Anschließend (Abschnitt 6.1.3) wird dargelegt, wie diese Methodik auf andere Evaluierungsfragen im Zusammenhang mit der Quantifizierung kausaler Effekte angewendet werden kann. Dies betrifft die Identifikation einer geeigneten Kontrollgruppe, aber auch mögliche alternative Ansätze für den Fall, dass die Datenverfügbarkeit unzureichend ist. Abschließend (Abschnitt 6.1.4) wird die Möglichkeit diskutiert, quantitative Ergebnisse für kausale Effekte durch numerische Modellierung zu erreichen. Der zweite Abschnitt 6.2 behandelt methodische Ansätze für die deskriptive Analyse ausgewählter Evaluierungsfragen.

6.1 Kausaler Effekt an der BEW-Förderung für Neuanlagen

6.1.1 Grundsätzliches Vorgehen

Der Kausaleffekt ist der Unterschied zwischen dem Ergebnis mit und ohne BEW-Förderung. Hierfür wird das Ergebnis in einer *Treatment*-Gruppe, die Förderung nach der BEW erhalten hat, mit dem Ergebnis in einer Kontrollgruppe, die keine Förderung nach der BEW erhalten hat, verglichen. Der Unterschied im Ergebnis kann als kausaler Effekt angesehen werden, sofern hinreichend plausibel angenommen werden kann, dass die beiden Gruppen sich nicht systematisch unterscheiden, abgesehen davon, ob sie eine Förderung erhalten haben oder nicht.

Idealerweise findet hierzu ein kontrolliertes Experiment statt, in dem die Förderung zufällig unter den Merkmalsträgern, etwa den Fernwärmenetzen, verteilt wird. Bei einer ausreichenden Zahl an Beobachtungen sind aufgrund der Zufälligkeit der Zuordnung zu den Gruppen keine systematischen Unterschiede zu erwarten. Die statistische Inferenz findet mittels einer Regressionsrechnung statt:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 C + U$$

Hierbei erfasst Y als abhängige Variable den Vektor des *Outcomes* von Interesse, etwa der installierten Leistung erneuerbarer Wärmeerzeuger, über alle beobachteten Merkmalsträger, etwa Wärmenetze. X erfasst als unabhängige Variable den Vektor des *Treatments*, etwa der Höhe der Förderung, die die einzelnen Merkmalsträger erhalten haben. Sie kann dabei auch binär als *Dummy* codiert sein, falls nicht die Höhe des *Treatments* bzw. der Förderung untersucht wird, sondern, ob ein Merkmalsträger ein *Treatment* bzw. eine Förderung erhalten hat oder nicht. Beobachtungen, die kein *Treatment* erhalten, sind grundsätzlich in der Kontrollgruppe. Der Parameter β_1 misst den Einfluss des *Treatments* X auf das *Outcome* Y und ist daher von zentralem Interesse in der Evaluation. Vektor U umfasst als Fehlerterm sämtliche unbeobachteten Einflüsse auf Y .

Diese unbeobachteten Einflüsse sollten sich zufällig um null herum verteilen und somit keinen systematischen Einfluss auf das *Outcome* haben. Insbesondere würde eine Korrelation des unbeobachteten Fehlerterms U mit der *Treatment*-Variablen von Interesse X dazu führen, dass der Einfluss von X auf Y , gemessen durch β_1 , systematisch durch unbeobachtete Eigenschaften der Merkmalsträger verzerrt wird. In diesem Fall liegt ein *Bias* durch Endogenität vor. In einem experimentellen Setting ist dies von geringerer Relevanz, weil durch die zufällige Zuteilung des *Treatments* solche systematischen unbeobachteten Einflüsse sehr unwahrscheinlich sind. In einer Evaluierung mittels empirischer Daten hingegen wird aus diesem Grund der Vektor der Kontrollvariablen C mit aufgenommen. Dieser umfasst weitere beobachtbare Eigenschaften der Merkmalsträger, die einen Einfluss auf das *Outcome* von Interesse haben können – im Falle von Wärmenetzen etwa die Länge des Netzes oder die Leistung verschiedener fossiler Wärmeerzeuger. Hierdurch wird dem Problem der Endogenität entgegengewirkt. Die vorliegende Gleichung wird mit den beobachteten Daten befüllt. Mittels der Methode der kleinsten Quadrate werden die Parameter β_0 , β_1 und β_2 des Modells geschätzt.

Kontrollvariablen C sind eine grundsätzliche Möglichkeit, beobachtbare Unterschiede zwischen Merkmalsträgern der *Treatment*- und der Kontrollgruppe zu erfassen. Durch sie werden beobachtete Unterschiede aus dem Einfluss des *Treatments* herausgerechnet und die beiden Gruppen statistisch besser vergleichbar gemacht. Dennoch können weiterhin systematische Unterschiede bestehen. Diese werden idealerweise in einem kontrafaktischen Evaluationsdesign adressiert. Grundsätzlich fragt dieses danach, wie sich das *Outcome* in der *Treatment*-Gruppe entwickelt hätte, wenn kein *Treatment*, also keine Förderung, stattgefunden hätte. Dieser kontrafaktische Fall ist per Konstruktion nicht beobachtbar. Daher wird der *Treatment*-Gruppe eine möglichst ähnliche Kontrollgruppe

gegenübergestellt, von der angenommen werden kann, dass sie sich so entwickelt hätte wie die *Treatment*-Gruppe, falls sie das *Treatment* nicht erhalten hätte. Zu diesem Zweck sind mehrere Verfahren möglich, wie etwa eine Regressions-Diskontinuitäts-Analyse (*regression discontinuity analysis, RDA*) und *Propensity Score Matching*. Zudem können Unterschiede zwischen Merkmals-trägern durch die Verwendung von Panel-Daten aus der statistischen Inferenz herausgerechnet werden.

Die Anwendbarkeit der hier im Grundsatz vorgestellten Methoden hängt von der spezifischen Evaluierungsfrage sowie der Verfügbarkeit von Daten ab. Im Folgenden wird für Evaluierungsfrage 1.2 zunächst eine detaillierte Darstellung geleistet. Für die weiteren Fragen können die dort beschriebenen Ansätze analog zu Evaluierungsfrage 1.2 angewandt werden, und es wird nur auf relevante Unterschiede zur Methodik und zu den Daten eingegangen.

- Frage 1.1: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf den EE-Anteil in Wärmenetzen
- Frage 1.2: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf die Leistung erneuerbarer Wärmeerzeuger
- Frage 1.9: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf die Kombination von EE-Wärmetechnologien in Wärmenetzen
- Frage 1.10: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf Anzahl, Länge und Temperaturniveau von Wärmenetzen
- Frage 1.12: Hat die Betriebskostenförderung sich auf den Betrieb geförderter Technologien ausgewirkt, und wenn ja, wie?
- Frage 2.1: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf den Verlustanteil in Wärmenetzen
- Frage 2.3: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf den Primärenergiefaktor in Wärmenetzen
- Frage 2.4: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf den CO₂-Emissionsfaktor in Wärmenetzen
- Frage 2.9: Kausaler Effekt der BEW-Förderung auf die Wettbewerbssituation in Wärmenetzen

6.1.2 Auswirkung der BEW-Förderung auf die erneuerbare Wärmeenergieerzeugung (Evaluierungsfrage 1.2)

Für die Analyse des Effekts der BEW-Förderung auf die erneuerbare Wärmeenergieerzeugung werden sowohl deskriptive Statistik als auch kausale Inferenz angewendet. Die statistischen Einheiten sind die Wärmenetze. Je breiter (Abdeckung der Netze) und tiefer (Vollständigkeit der Informationen) die Datenbasis ist, desto robuster ist die Möglichkeit, deskriptive Statistiken zu erstellen oder Kausalanalysen durchzuführen.

Deskriptive Statistiken

Zunächst sollen deskriptive Statistiken erstellt werden. Sie basieren auf Daten aus dem Wärmenetzregister (siehe Abschnitt 4.4). Wenn die Daten aus dieser Quelle unzureichend sein sollten, können die deskriptiven Statistiken auf den Daten basieren, die durch die Statistischen Ämter und die BEW-

Förderinstitutionen erfasst wurden. Insbesondere können ungefördert zugebaute erneuerbare Wärmeerzeuger als Differenz zwischen Gesamtzubauten und geförderten Zubauten abgeleitet werden.

Auf der über alle Netze aggregierten Ebene vergleicht die deskriptive Statistik die Entwicklung der BEW-Förderung mit der Entwicklung der erneuerbaren Wärmeerzeugungsleistung in Tabellen und Diagrammen. Hieraus kann eine erste Indikation abgeleitet werden, ob eine Erhöhung der Förderung mit höheren *Outcomes* korreliert. Deskriptive Statistiken von Interesse zur BEW-Förderung sind zum Beispiel:

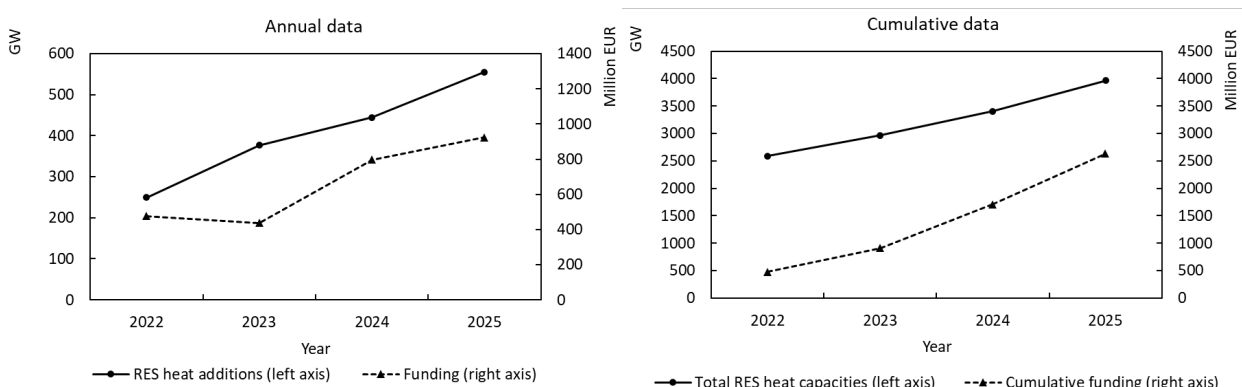
- die (kumulierten) Förderfälle,
- die (kumulierten) ausgezahlten Förderbeträge (Investitionsförderung, Betriebskostenförderung).

Deskriptive Statistiken von Interesse zur erneuerbaren Wärmeerzeugungsleistung sind zum Beispiel:

- die absolute (geförderte und ungeförderte) Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme in Wärmenetzen,
- die durchschnittliche Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme pro Förderfall.

Die Abbildungen unten zeigen zwei grafische Beispiele auf Basis fiktiver Daten für ein Ergebnis einer solchen deskriptiven Statistik für die Jahre 2022 bis 2025. Die linke Abbildung zeigt den zeitlichen Verlauf des jährlichen Zuwachses an Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme und die jährliche Förderung durch die BEW. Das rechte Bild zeigt den zeitlichen Verlauf der gesamten Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme und die kumulierte BEW-Förderung bis zum betreffenden Jahr. Auf Basis dieser fiktiven Daten legt ein Aufwärtstrend in beiden Variablen eine Korrelation zwischen der BEW-Förderung und der Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme nahe. Auf Basis der Datenverfügbarkeit kann eine analoge deskriptive Datenuntersuchung für andere Variablen oder abgeleitete Indikatoren wie die Anzahl der Förderfälle oder den Anteil der erneuerbaren Wärmeerzeugungsleistung an der gesamten Wärmeerzeugungsleistung durchgeführt werden.

Abbildung 6-1: Beispielgrafik deskriptive Statistiken



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis fiktiver Daten

Ökonometrische Analyse: Daten

Neben der Untersuchung deskriptiver Statistiken auf aggregierter Ebene sollen Daten auf der Ebene der Wärmenetze für die ökonometrische Kausalanalyse verwendet werden, ob die Förderung von Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme durch die BEW sich als wirksam erweist. Die Daten werden idealerweise aus dem Wärmenetzregister entnommen (siehe Abschnitt 4.4). Für Evaluierungsfrage 1.2 sind folgende Daten zentral:

- die Leistung von Technologien zur Wärmeerzeugung aus erneuerbarer Energie und Abwärme als abhängige Variable von Interesse,
- die aus der BEW gezahlten Förderungen als zentrale erklärende Variable.

Zur Ergänzung dieser beiden wichtigsten Variablen im Sinne der Kausalanalyse können weitere Kennwerte von Interesse als Kontrollvariablen verwendet werden, um Evaluierungsfrage 1.2. im Rahmen einer ökonometrischen Kausalanalyse zu beantworten:

- die nicht-erneuerbare Wärmeerzeugungsleistung,
- Brennstoff- und Zertifikatepreise, die sich auf die variablen Kosten der (nicht-erneuerbaren) Wärmeerzeuger auswirken,
- die Länge des Netzes oder andere Indikatoren für seine Größe,
- das Temperaturniveau des Netzes,
- die Größe der verfügbaren Wärmespeicher,
- Informationen über die Anzahl und Struktur der Erwerbssorte und der Wärmepreise (feste und variable Komponente),
- Förderungen für erneuerbare Wärmeerzeugung aus anderen Quellen als der BEW.

Außerdem wird geprüft, ob im Evaluierungszeitraum neue Wärmenetze errichtet oder bestehende Wärmenetze stillgelegt wurden, was sich beides auf die Entwicklung ungeförderter Wärmeerzeugungsleistung auswirken kann.

Ökonometrische Analyse: Operationalisierung und Schätzung

Die abhängige Variable als *Outcome* von Interesse, die Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme, kann entweder als jährlicher Zuwachs operationalisiert werden, was zu einem *Panel*-Datensatz führen würde, oder als kumulierter Zuwachs in einem Zeitraum (z. B. vom Start der BEW-Förderung bis zum Evaluierungszeitpunkt). Je nach verfügbaren Daten können beide Optionen in Erwägung gezogen werden. *Panel*-Daten haben bei der Inferenz den Vorteil, dass zeitkonstante unbeobachtete Eigenschaften von Netzen herausgerechnet werden können (siehe unten). Hingegen haben sie den Nachteil, dass möglicherweise Daten für manche Beobachtungen fehlen und dass eventuell ein adäquater Zeitverzug zwischen der BEW-Förderung und den Leistungszuwächsen festgelegt werden muss.³ Gepoolte Querschnittsdaten haben den Vorteil, dass mögliche

³ Insbesondere muss für die Analyse entschieden werden, ob der Zeitpunkt der Beantragung, der Bewilligung oder Auszahlung der BEW-Förderung berücksichtigt wird. Dieser Zeitpunkt muss dann angemessen ins Verhältnis zum Zeitpunkt des Leistungszuwachses gesetzt werden. Zudem kann sich die Konstruktion und die Finalisierung eines Projekts über mehrere Jahre hinziehen.

Datenfehler, wie z. B. verspätete Meldungen über Förderung und Bau, sowie das Problem der Zuordnung von Förderungs- und Leistungszuwächsen zu einzelnen Jahren geringere Auswirkungen haben.

Je nachdem, wie die BEW angenommen wird, kann die Situation auftreten, dass durch die BEW Wärmeanlagen für EE und Abwärme in (fast) allen Wärmenetzen in Deutschland oder nur in einigen Netzen gefördert werden. Wenn die BEW-Förderung in (fast) allen Netzen stattfindet, gibt es keine natürliche Unterscheidung zwischen einer *Treatment*-Gruppe von Netzen, in denen eine BEW-Förderung ausgezahlt wurde, und einer Kontrollgruppe, in der keine BEW-Förderung erfolgt ist. Wenn (fast) alle Netze gefördert werden, beruht die ökonomische Analyse daher auf dem vollständigen *Sample* und nur die Intensität des *Treatments* variiert. Wenn die BEW-Förderung nur für einige Netze erfolgt, bilden diese die *Treatment*-Gruppe und die ungeforderten Netze die Standard-Kontrollgruppe, die weiter eingegrenzt werden kann (siehe unten). Diese Gruppen werden miteinander verglichen.

Die zentrale unabhängige Variable ist die BEW-Förderung. Sie muss analog zur abhängigen Variablen operationalisiert werden. Dies erfolgt entweder als jährliche Förderung, möglicherweise mit einer angemessenen zeitlichen Verzögerung zur Implementierung zwischen der Bewilligung/Zahlung der Förderung und der Inbetriebnahme der Anlagen, oder als kumulierte Förderung über einen Zeitraum. Außerdem kann die BEW-Förderung alternativ als Anzahl der BEW-Förderfälle pro Netz (sowohl jährlich als auch kumuliert) oder als Betrag der BEW-Förderung (sowohl jährlich als auch kumuliert) operationalisiert werden. Für den Betrag der BEW-Förderung würden bei der jährlichen Perspektive hauptsächlich die Investitionsförderungszahlungen berücksichtigt werden.⁴ Für die kumulierte Perspektive wird geprüft, ob Zahlungen zur Betriebskostenförderung mit einbezogen werden. Wenn die BEW-Förderung nur in einigen Netzen erfolgt und die Daten in eine *Treatment*- und eine Kontrollgruppe aufgeteilt werden, ist eine weitere grundlegende Operationalisierungsmöglichkeit der *Treatment*-Variablen ein *Dummy*-Indikator, ob ein Netz überhaupt eine Förderung erhalten hat oder nicht. Die verschiedenen Operationalisierungen können als alternative Optionen gesehen werden, die von der Datenverfügbarkeit abhängen und verschiedenen Interpretationen der Auswirkung der Förderung ermöglichen.

Für die Interpretation als kausaler Effekt darf die unabhängige Variable, d. h. der *Treatment*-Status oder die *Treatment*-Intensität, nicht systematisch mit unbeobachteten Faktoren im Fehlerterm des Modells korrelieren (endogener Regressor). Zudem darf die Realisierung von Anlagen zur Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme sich nicht auf die Beantragung einer BEW-Förderung auswirken (umgekehrte Kausalität), falls etwa bereits ohne Förderung vorentwickelte Anlagen sich für eine Förderung bewerben. Beides kann nicht direkt getestet werden. Dem ersten Punkt (endogene Regressoren) wird durch geeignete Kontrollvariablen entgegnet. Diese dienen dazu, weitere Einflussgrößen auf die Errichtung von erneuerbaren Wärmeerzeugungsanlagen systematisch zu erfassen, damit diese nicht fälschlicherweise der zentralen erklärenden Variablen, der BEW-Förderung, zugeschrieben werden. Ihre Aufnahme in die Regressionsgleichung macht die Wärmenetzwerke unter aus statistischer Perspektive besser vergleichbar. Relevante Kontrollvariablen sind oben aufgeführt,

⁴ Bei der Zuordnung von Förderungszahlungen zu Jahren gibt es Freiheitsgrade. Zunächst könnte die Investitionsförderung über mehrere Jahre gezahlt werden, z. B. für größere Projekte. Zweitens muss entschieden werden, ob für die Analyse von Leistungszuwächsen nur die Investitionsförderung oder auch die Betriebskostenförderung berücksichtigt werden soll. Drittens muss entschieden werden, ob für die Förderung der Zeitpunkt gilt, an dem Firmen sie beantragen, an dem sie bewilligt wird oder an dem sie tatsächlich ausbezahlt wird. Die Erfahrungen während der Förderungsphase werden helfen, über diese Optionen zu entscheiden.

wo die Datenanforderungen aufgelistet sind. Ob einige Kontrollvariablen ausgeschlossen oder weitere hinzugefügt werden können, hängt von der Datenverfügbarkeit und weiteren Expertenurteilen während des Evaluierungsprozesses ab. Der zweite Punkt (umgekehrte Kausalität) wird durch die Tatsache ausgeschlossen, dass die Förderung für Projekte zur Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme vor Projektstart beantragt werden muss. In jedem Fall wäre das Ergebnis zumindest eine Korrelation, die nach Prüfung mit entsprechender Sektorkenntnis Kausalität nahelegen kann.

Die Schätzung erfolgt entsprechend der in Abschnitt 6.1.1 beschriebenen Regressionsgleichung. Die Interpretation des zentralen geschätzten Parameters von Interesse, der die Auswirkung der *Treatment*-Variable auf das *Outcome* misst, variiert mit der Operationalisierung der *Treatment*- und der Kontrollvariablen. Für kumulierte Zahlungen stellt er z. B. die durchschnittliche Auswirkung von einer Million Euro Gesamtförderung auf die Wärmeerzeugungsleistung durch EE und Abwärme in Megawatt dar.

Mit einer ausreichenden Anzahl von Beobachtungen können die Ergebnisse robusten statistischen Signifikanztest unterzogen werden. Statistische Signifikanz bedeutet, dass der geschätzte Effekt der BEW-Förderung mit ausreichend hoher Wahrscheinlichkeit nicht als zufällig anzusehen ist.

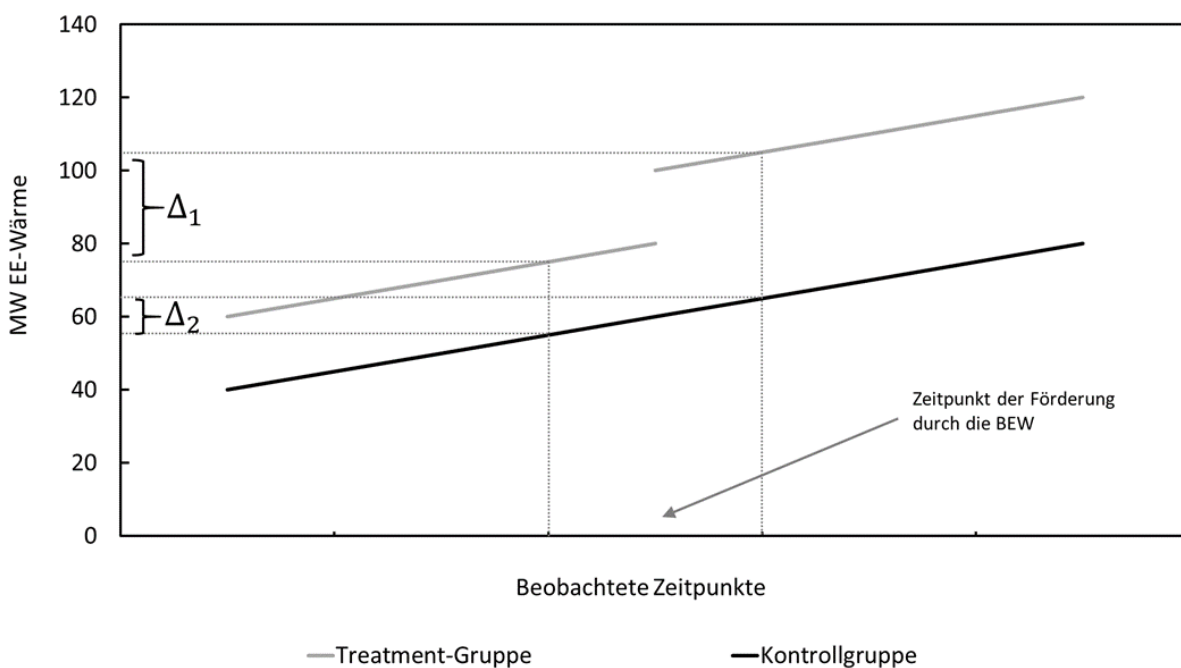
Ökonometrische Analyse: Verfeinerungen und Identifikation

Weitere Ansätze können helfen, die kausale Interpretation des Effekts der BEW-Förderung zu stärken. Ob sie robust angewendet werden können, hängt maßgeblich von der Datenverfügbarkeit ab.

- *Stratifizierung*: Netze werden anhand eines oder mehrerer Schlüsselmerkmale in Gruppen (*Strata*) unterteilt. Diese Merkmale sind z. B. die Größe des Netzes (Trassenlänge), der Anteil fossiler Wärme aus Kohle oder Erdgas oder der hauptsächliche Kundentyp (Haushalte oder Industrie). Die Stratifizierung gilt sowohl für eine Anordnung mit einer *Treatment*- und einer Kontrollgruppe als auch für eine Anordnung, in der alle Netze gefördert werden, aber mit variierender Intensität. Die Stratifizierung ist zwar keine Identifikationsstrategie im Sinne einer kontrafaktischen Analyse; die Vergleichbarkeit der Gruppen kann aber verbessert werden.
- Die Verwendung von *Panel*-Daten hat den Vorteil, dass zeitkonstante unbeobachtete Merkmale von Netzen, die sich auf den Zuwachs von erneuerbarer Wärmeerzeugungsleistung auswirken können und somit den geschätzten Effekt der BEW-Förderung beeinflussen, herausgerechnet werden können. Ansätze mit *Panel*-Daten können sowohl für eine Anordnung mit einer *Treatment*- und einer Kontrollgruppe angewendet werden als auch für eine Anordnung, in der alle Netze gefördert werden, aber mit variierender Intensität.
- Für eine Anordnung mit einer *Treatment*- und einer Kontrollgruppe kann ein *Difference-in-Differences (DID)*-Ansatz auf *Panel*-Daten angewendet werden. Dies ist am einfachsten, wenn das *Treatment* als *Dummy*-Variable operationalisiert wird, die 1 beträgt, wenn das Netz bis zu einem bestimmten Zeitpunkt BEW-Förderung erhalten hat, und 0, wenn ein Netz bisher keine BEW-Förderung erhalten hat. Der Effekt der Förderung wird berechnet als Differenz zwischen zwei Differenzen $\Delta_1 - \Delta_2$, siehe die Abbildung unten. Hierbei ist Δ_1 die Differenz zwischen den Wärmeerzeugungsleistungen aus EE und Abwärme aller geförderten Netze vor und nach dem Datum der Förderung, und Δ_2 die Differenz zwischen erneuerbaren Wärmeerzeugungsleistungen aller ungeförderten Netze vor und nach dem Datum der Förderung. Die Differenz dieser Differenzen kann als kausaler Effekt der Förderung interpretiert werden, sofern plausibel davon ausgegangen werden kann, dass die *Treatment*-Gruppe der

geförderten Netze, ohne dass eine Förderung stattgefunden hätte, sich so entwickelt hätte wie die ungeförderten Netze. Diese zentrale Annahme wird als *parallele Trends* bezeichnet. Dabei wird unterstellt, dass die Entwicklung in der Kontrollgruppe ungeförderter Netze als kontrafaktische Entwicklung der *Treatment-Gruppe* geförderter Netze angesehen werden kann, wenn dort keine Förderung stattgefunden hätte. Diese Annahme kann nicht getestet werden. Es muss aber mit vorhandener Sektorkenntnis argumentiert werden können, dass sie plausibel hält. Je nach Datenverfügbarkeit kann der *Difference-in-Differences-Analyse* mit Stratifizierung, RDA oder Propensity Score Matching kombiniert werden (siehe unten).

Abbildung 6-2: Schematische Darstellung einer *Difference-in-Differences-Analyse*



Quelle: Eigene Darstellung

Falls eine ausreichende Anzahl von Netzen keine BEW-Förderung erhält, bilden diese Netze die Standardkontrollgruppe. Idealerweise kann die Kontrollgruppe weiter eingegrenzt werden auf ungeförderte Netze, die geförderten Netzen ähnlich sind. Ob eine solche *Identifikationsstrategie* verfolgt werden kann, hängt von den verfügbaren Daten ab. Insbesondere die weitere Reduzierung eines bereits kleinen *Samples* schmälert die Robustheit der statistischen Inferenz und macht die Studie anfällig für Ausreißer in den Daten.

- Eine grundsätzliche Identifikationsstrategie ist die Regressions-Diskontinuitäts-Analyse (*regression discontinuity analysis*, RDA). Hierzu werden als Kontrollgruppe Netze verwendet, die den geförderten Netzen in relevanten Eigenschaften ähneln (Kontinuität), aber wegen eines Grundes, der möglichst unkorreliert sowohl mit diesen relevanten Eigenschaften als auch dem *Outcome* ist, nicht gefördert werden (Diskontinuitätsstelle). Würden etwa die Fördermittel wettbewerblich vergeben, könnte die Diskontinuitätsstelle zwischen die gerade noch im Wettbewerb um Fördermittel erfolgreichen Netze und die gerade so erfolglosen Netze gelegt werden. In diesem Fall könnte plausibel argumentiert werden, dass diese Netze, etwa hinsichtlich der Kosten, hinreichend ähnlich sind, um gute Vergleichbarkeit zu gewähren. Da allerdings *per se* kein Wettbewerb um knappe Fördermittel stattfindet, könnte

ausgenutzt werden, dass Anträge auf Förderung nicht bewilligt werden können, weil das Förderbudget in der BEW ausgeschöpft ist. In diesem Fall würden Netze, in denen Akteure eine Förderung zwar gewünscht, aber nicht erhalten haben, verglichen werden mit Netzen, die eine Förderung gewünscht und erhalten haben.

- Auf Basis der Datenlage kann ebenso ein *Propensity Score Matching*-Ansatz geprüft werden. Die *Propensity Score*, einer vergleichbaren Logik wie die Stratifizierung folgend, ist eine statistische Kennzahl, anhand derer auf Basis von beobachtbaren Merkmalen eine der *Treatment*-Gruppe möglichst ähnliche Teilmenge aus allen Merkmalsträgern der grundlegenden Kontrollgruppe ausgewählt wird. Beispiele dafür sind die Größe eines Netzes oder die Anzahl von Kunden aus der Großindustrie. Wenn die *Treatment*-Gruppe sehr heterogen ist, könnte die *Propensity Score* anfällig für Ausreißer und daher wenig robust sein.

Alternativen im Fall unzureichender Daten auf Wärmenetzebene

Sofern keine ausreichende Datenlage auf Ebene der Netze vorliegt, kann als Merkmalsträger hilfsweise auf die Ebene von Unternehmen zurückgegriffen werden. Für die jährliche Umfrage des Statistischen Bundesamtes werden die Daten auf dieser Ebene gesammelt und könnten für Evaluierungszwecke verfügbar sein (siehe Abschnitte 4.2 und 4.4). Die abhängigen Variablen wären dann Zuwächse bei der Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme auf Ebene von Unternehmen, operationalisiert wie oben beschrieben für die Ebene der Netze. Die zentrale unabhängige Variable wäre eine Operationalisierung der BEW-Förderung, zentrale Kontrollvariablen wären (erneuerbare und nicht erneuerbare) Wärmeerzeugungsleistungen von Unternehmen, Brennstoff- und Zertifikatspreise sowie Informationen darüber, ob Projekte zur erneuerbaren Wärmeerzeugung Fördergelder aus anderen Quellen als der BEW erhalten.

Verglichen mit Daten auf Netzebene haben Daten auf Unternehmensebene den Nachteil, dass relevante Merkmale auf Netzebene fehlen, die über Investitionen in Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme entscheiden können. Dies sind z. B. die Wärmeerzeugungsleistung und die Speicherkapazität, die Kundenstruktur oder Temperaturniveaus der Netze. Alle diese Merkmale wirken sich auf die Wirtschaftlichkeit von Alternativen zur Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme aus.

Sofern auch auf Ebene der Unternehmen keine ausreichende Datenlage vorliegt, können die deskriptiven Statistiken auf aggregierter Ebene mit einer eingehenden Analyse der Wirtschaftlichkeitslückenberechnungen kombiniert werden, die als kontrafaktische Grundlage für die Förderung nach der BEW von den Unternehmen eingereicht werden müssen. Je nach Ausführung dieser Berechnungen können hieraus relevante Erkenntnisse gewonnen werden, wie sich die Wirtschaftlichkeit von erneuerbarer Wärmeerzeugung gegenüber anderen Quellen darstellt und inwieweit die Förderung hilft, vergleichbare Verhältnisse herzustellen. Hier kann untersucht werden, ob und aus welchen Gründen Maßnahmen oder Maßnahmenbündel mit negativ beschiedener Wirtschaftlichkeitslücke dennoch ausgeführt worden sind. Diese stellen allerdings aufgrund von Selbstselektion und gegebenenfalls gemeinsamer Besonderheiten keine Kontrollgruppe im Sinne der kontrafaktischen Kausalanalyse dar. Ergänzt werden kann diese Betrachtung durch Interviews mit ausgewählten Akteuren, um kausale Faktoren qualitativ zu identifizieren.

Eine weitere Option sind numerische Analysen (Abschnitt 6.1.4 enthält eine genauere Beschreibung). Zu diesem Zweck wird ein numerisches Optimierungs- oder Simulationsmodell verwendet, um über die optimalen Investitionen und den optimalen Einsatz aller Wärmeerzeugungsanlagen zu entscheiden. Sowohl Investitions- als auch Einsatzentscheidungen in diesem Modell berücksichtigen Förderzahlungen, die als Parameter in das Modell eingehen. Eine Änderung dieser

Förderzahlungen würde erlauben, eine kontrafaktische Entwicklung der Netzwärmeversorgung zu simulieren. Während mit diesem Ansatz keine Kausalitätsmuster in *Ex-post*-Daten erkannt werden, lässt sich eine Bewertung des Effekts der Förderung erreichen, die die wichtigsten Einflussgrößen in Wärmenetzen wie Wärmebedarf und alternative Wärmeerzeugungsoptionen berücksichtigt.

6.1.3 Weitere kausale Evaluierungsfragen

Für die weiteren Evaluierungsfragen, die sich für eine empirische Kausalanalyse anbieten, kann ein analoger Ansatz zu dem ausführlich für Frage 1.2 vorgestellten implementiert werden.

- Erstellung deskriptiver Statistiken, Prüfung gegebenenfalls vorliegender Förderungen durch die BEW und außerhalb der BEW;
- Kausalanalyse auf Ebene der Wärmenetze mit abhängiger Variable entsprechend der Evaluierungsfrage, BEW-Förderung als zentrale unabhängige Variable und geeignete Kontrollvariablen basierend auf vorhandener Sektorkenntnis. Die Operationalisierung kann als *Panel*- oder als über Zeiträume gepoolte Querschnittsanalyse erfolgen. Wenn die Daten dies erlauben, können Stratifizierung und *Panel*-Schätzungen angewendet werden. Auch eine Identifikation durch RDA oder *Propensity Score Matching* ist möglich.
- Wenn die Daten auf Ebene der Netze nicht in ausreichender Breite und Tiefe vorliegen, ist die Alternative die Erstellung deskriptiver Statistiken, Verwendung von Daten auf Unternehmensebene (falls in ausreichender Tiefe und Breite verfügbar), die Analyse der von Förderantragsstellern vorgelegten Wirtschaftlichkeitslückenberechnungen, gegebenenfalls ergänzt um qualitative Untersuchungen und Interviews, oder numerische Modellberechnungen.

Im Folgenden wird jede weitere Evaluierungsfrage mit Fokus auf die Unterschiede zum ausführlich vorgestellten Ansatz für Frage 1.2 diskutiert.

Effekt der BEW-Förderung auf den Anteil von EE und Abwärme in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 1.1)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist der Anteil von EE und Abwärme in jedem Netz.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche jährliche Änderung oder absolute Änderung des EE- und Abwärme-Anteils im Analysezeitraum.
- Bei der Implementierung wird eine Gewichtung analog zur Größe des Netzes geprüft. Dies trägt der Tatsache Rechnung, dass der gleiche absolute Förderbetrag in kleineren Netzen zu einem größeren Wachstum des EE- und Abwärme-Anteils führt als in größeren Netzen.
- Alternativ kann, um eine potenzielle Erhöhung der gesamten Netzwärmenachfrage zu berücksichtigen, die aus EE und Abwärme erzeugte Wärme in absoluten Zahlen pro Netz als abhängige Variable verwendet werden.

Effekt der BEW-Förderung auf die Kombination von EE-Wärmetechnologien in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 1.9)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist die Anzahl verschiedener Technologien zur Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme pro Netzwerk.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: absolutes Wachstum der Anzahl von Technologien zur Wärmeerzeugung aus EE und Abwärme pro Netz im Beobachtungszeitraum.

Effekt der BEW-Förderung auf Anzahl, Länge und Temperaturniveau von Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 1.10)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Um den kausalen Effekt der BEW-Förderung auf die Länge und das Temperaturniveau von Wärmenetzen zu bewerten, werden diese Variablen als abhängige Variablen in der Regressionsgleichung verwendet.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche oder kumulierte jährliche Änderung (zugebaute Länge, absolute Temperaturabsenkung) im Analysezeitraum.
- Um den kausalen Effekt der BEW-Förderung auf den Bau neuer Netze zu bewerten, erscheint ein empirischer *Ex-post*-Ansatz nicht zielführend. Zum einen dürfte nur eine recht kleine Anzahl neu gebauter Netze erwartet werden. Zum anderen existiert unter diesen wahrscheinlich keine kontrafaktische Kontrollgruppe ohne BEW-Förderung neu errichteter Netze, und falls doch, ist diese wahrscheinlich sehr klein. Stattdessen ist es plausibel anzunehmen, dass die BEW-Förderung ein Grund für den Aufbau neuer Netze war. Hierfür wird eine deskriptive Statistik der jährlichen Anzahl neuer Netze erstellt und durch eine qualitative Bewertung dieser neuen Netze ergänzt.

Hat die Betriebskostenförderung sich auf geförderte Technologien ausgewirkt, und wenn ja, wie (Evaluierungsfrage 1.12)?

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable sind die Volllaststunden erneuerbarer Wärmeanlagen;
- die zentrale unabhängige Variable ist die BEW-Betriebskostenförderung.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche jährliche Änderung der Volllaststunden, deren absolute Änderung im Beobachtungszeitraum oder die durchschnittlichen Volllaststunden vor und nach der Förderung.

- Als Alternative zu einer Analyse auf Netzebene können als Merkmalsträger für diese Frage auch erneuerbare Wärmeanlagen verwendet werden (gefördert/ungefördert).

Effekt der BEW-Förderung auf den Verlustanteil in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 2.1)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist der Verlustanteil in den Wärmenetzen.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche jährliche Änderung des Verlustanteils oder dessen absolute Änderung im Beobachtungszeitraum.
- Alternativ kann, um eine Variable abhängig von der Größe des Netzes auszuwählen, der absolute Wärmeverlust pro Netz untersucht werden, sofern geeignete Daten verfügbar sind oder konstruiert werden können.

Effekt der BEW-Förderung auf den Primärenergiefaktor in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 2.3)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist der Primärenergiefaktor in Wärmenetzen.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche Änderung oder absolute Änderung des Primärenergiefaktors im Analysezeitraum.
- Um einen Effekt auf das Verhältnis von insgesamt eingesetzter Primärenergie und gesamter Endenergie zu untersuchen, können die einzelnen Netze in der Analyse mit einer Variablen gewichtet werden, die ihre Größe erfasst. Hierbei müssen in jedem Fall auch der Effekt der KWK-Wärmeerzeugung und die Methode zur Primärenergie-Allokation auf Wärme und Strom berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 6.2.3).

Effekt der BEW-Förderung auf den CO₂-Emissionsfaktor in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 2.4)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist der CO₂-Emissionsfaktor in Wärmenetzen.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche jährliche Änderung oder absolute Änderung des CO₂-Emissionsfaktors im Analysezeitraum.
- Um einen Effekt auf das Verhältnis von insgesamt emittiertem CO₂ und gesamter Endenergie zu untersuchen, können die einzelnen Netze in der Analyse mit einer Variablen gewichtet werden, die ihre Größe erfasst. Hierbei müssen auf jeden Fall auch der Effekt der KWK-

Wärmeerzeugung und die Methode zur Primärenergie-Allokation auf Wärme und Strom berücksichtigt werden (siehe Abschnitt 6.2.3).

Effekt der BEW-Förderung auf die Wettbewerbssituation in Wärmenetzen (Evaluierungsfrage 2.9)

Der Evaluierungsprozess ist analog zu dem oben ausführlich beschriebenen für Evaluierungsfrage 1.2. Relevante Abweichungen:

- Die abhängige Variable ist eine Maßzahl der Wettbewerbsintensität in Wärmenetzen. Diese kann durch den (normalisierten) Herfindahl-Hirschman-Index, *HHI*, oder die Konzentrationsraten, *CR(x)*, in Wärmenetzen gegeben sein. Für die relevanten Marktanteile kann, je nach Datenlage, hierfür auf die installierte Wärmeerzeugungsleistung oder die gelieferte Wärme zurückgegriffen werden. In jedem Fall ist die Verwendung von Konzentrationsraten weniger datenintensiv, da nur Informationen über die Marktanteile der größten *x* Unternehmen benötigt werden.
- Methode zur zeitlichen Aggregation bei Verwendung von gepoolten Querschnittsdaten: durchschnittliche jährliche Änderung oder absolute Änderung der Wettbewerbsintensität im Analysezeitraum.

6.1.4 Numerische Modellierung

Empirische *Ex-post*-Analysen der Effektivität der BEW können durch *Ex-ante*-Energiesystemmodellierungen ergänzt werden, um numerische *Top-down*-Ergebnisse zu ermitteln. Insbesondere in Fällen, in denen die Daten nicht ausreichen, um die betreffende Evaluierungsfrage empirisch-kausal zu beantworten, kann die numerische Modellierung eine Alternative darstellen.

Zu diesem Zweck wird ein numerisches Modell, welches Investition und Erzeugung von Wärmeerzeugern in einem fest definierten Wärmenetz abbildet, verwendet. In einem solchen Modell können im Rahmen dieses Netzes die Wärmeerzeugungskosten erneuerbarer Anlagen (d. h. Solarwärmanlagen oder Wärmepumpen) mit den Wärmeerzeugungskosten fossil befeuerter Anlagen verglichen werden. Dieser Vergleich würde mit und ohne die BEW-Förderung durchgeführt und als Ergebnis die Auswirkung der Förderung anzeigen. Obwohl er nicht auf tatsächlichen *Ex-post*-Daten basiert, erlaubt der modellbasierte Vergleich eine Bewertung des Effekts der Förderung, insbesondere weil eine solche Bewertung die spezifischen Umstände in einem Wärmenetz berücksichtigen kann, die für die Wärmeerzeugung und die Investition in Wärmeerzeugungsanlagen relevant sind. Da die Bedingungen vor Ort (z. B. die Verfügbarkeit von Wärmequellen und ihre Temperaturniveaus für Wärmepumpen) bedeutend variieren und für das jeweilige Projekt spezifisch sein können, muss eine ausreichende Anzahl von Referenzanlagen und -bedingungen gewählt werden.

Der Ansatz der numerischen Modellierung kann insbesondere genutzt werden, um den Effekt der BEW-Förderung auf die Wärmeerzeugungsleistung aus EE und Abwärme, den Primärenergiefaktor und den CO₂-Emissionsfaktor zu bewerten (Evaluierungsfragen 1.1, 1.2, 2.3 und 2.4).

6.2 Methodisches Vorgehen zur deskriptiven Analyse ausgewählte Evaluierungsfragen

Einige Evaluierungsfragen werden durch deskriptive Analysen adressiert. Im Folgenden wird anhand methodischer Aspekte diskutiert, wie bestimmte Indikatoren berechnet werden können, welche Stolperfallen beachtet werden müssen und welche Quellen verwendet werden können.

6.2.1 Untersuchung des Verlustanteils für die Fernwärmeerzeugung

Der Verlustanteil ist definiert als Wärmeerzeugung minus Wärmeverbrauch geteilt durch Wärmeerzeugung. Eine mögliche Datenquelle auf nationaler Ebene sind dafür die Positionen „Umwandlungsausstoß“ und „Verbrauch insgesamt“ aus Tabelle 25 „Aufkommen und Verwendung von Fernwärme“ der BMWi-Energiedaten.

6.2.2 Untersuchung des Energieträgermixes für die Fernwärmeerzeugung

Der Energieträgermix für die Fernwärmeerzeugung auf nationaler Ebene lässt sich beispielsweise aus Tabelle 25 „Aufkommen und Verwendung von Fernwärme“ der BMWi-Energiedaten in Form von absoluten Werten direkt übernehmen oder über eine eigene Zusammenstellung der Daten des Statistischen Bundesamtes, ggf. ergänzt mit anderen Quellen verifizieren. Ergänzend dazu können diese Angaben auch als relative Anteile ausgewiesen werden. In diesem Fall beinhaltet der Indikator auch die Entwicklung der Fernwärmeerzeugung insgesamt, beispielsweise ausgelöst durch temperaturbedingte Schwankungen (kalter oder warmer Winter) oder durch die Kombination von Effizienzsteigerung durch Gebäudesanierung einerseits und eine zunehmende Nachverdichtung und Neubau der Wärmenetze andererseits.

6.2.3 Untersuchung des spezifischen CO₂-Emissionsfaktors sowie des Primärenergiefaktors (PEF) für die Fernwärmeerzeugung

Das Vorgehen zur Bestimmung des spezifischen CO₂-Emissionsfaktors für die Fernwärmeerzeugung orientiert sich am Vorgehen zur Bestimmung des spezifischen CO₂-Emissionsfaktors für den deutschen Strommix⁵. Der spezifische CO₂-Emissionsfaktor ist ein Indikator für die Klimaverträglichkeit der Fernwärmeerzeugung und wird in der Einheit „g CO₂ / kWh Wärme“ ausgewiesen. Im Zähler dieses Indikators stehen die CO₂-Emissionen, die durch den Einsatz fossiler Brennstoffe hervorgerufen werden.

Da die KWK in der Wärmeerzeugung für Fernwärmesysteme eine große Rolle spielt, hat die Bewertungsmethode der Wärme aus KWK-Anlagen einen großen Einfluss auf beide Faktoren. Für die Aufteilung des Brennstoffeinsatzes auf die KWK-Produkte Wärme und Strom gibt es verschiedene Methoden (z. B. Stromgutschriftmethode, Carnot-Methode, Finnische Methode) die zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen kommen.

So ist beispielsweise der CO₂ Faktor der KWK-Wärme, berechnet mit der Finnischen Methode, deutlich höher als der CO₂-Faktor derselben KWK-Anlage, berechnet mit der Carnot-Methode. Der CO₂ Faktor des gleichzeitig erzeugten Stroms hingegen ist mit der Finnischen Methode berechnet deutlich geringer, als wenn er mit der Carnot-Methode berechnet wird. Für die Zusammenstellung der

⁵ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-05-26_cc-45-2021_strommix_2021_0.pdf

„Energiedaten“ des BMWK erfolgt wahrscheinlich eine Aufteilung des KWK-Brennstoffes nach der sogenannten „finnischen Methode“, wohingegen der AGFW die „Stromgutschriftmethode“ verwendet. Für eine Übersicht der verschiedenen Methoden siehe z. B. BDEW 2015⁶.

Aus diesem Grund ist die Methodenauswahl mit Sorgfalt zu treffen und die gewählte Methode konsequent anzuwenden, damit die Vergleichbarkeit zwischen verschiedenen Technologien und Zeiträumen gewährleistet ist. Es wird deshalb empfohlen, die Berechnung des Primärenergiefaktors bzw. der CO₂-Emissionsfaktoren auf nationaler Ebene im Rahmen der Evaluierung nach einer entsprechenden Methodendiskussion auf Basis der grundlegenden Daten durchzuführen.

⁶ https://www.bdew.de/media/documents/20150422_Grundlagenpapier-Primaerenergiefaktoren.pdf