

Multikriterielle Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen

Prof. Dr. Katharina Gapp-Schmeling

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03EN3007



kowa

...die Wärmewende im Quartier gestalten

Agenda

Projektvorstellung

Beispielkonzepte

Nachhaltigkeitsbewertung

Projekt KoWa

Zielsetzung

Übergeordnet:

- **Akteurs- und Hemmnisanalyse** typischer kommunaler Situationen
- **Potenzialanalyse und Entwicklung:**
hochintegrierte, kommunale Wärmeversorgungskonzepte
- **Bewertung: technische, wirtschaftliche, juristische und gesellschaftlich-soziale Anforderungen**
- Übertragbare Projektentwicklungs- und **Umsetzungsleitfäden**
(Basis: clusterspezifischer Konzepte und Geschäftsmodellansätze)

Clusterspezifisch:

- Spezifische **Analysen** in Quartieren, Erfassung **laufender Aktivitäten und Versorgungs-IST-Zustände**
- Akteursbefragungen, Workshops und runde Tische
- Entwicklung und Bewertung von kommunaler **Wärmenetzleitplanung** in Ausbaustufen sowie **clusterspezifischer Versorgungslösungen**
- Anreize von **Multi-Akteurs-Wärmenetzen**

Cluster



KoWa: Ziele, Methodik und Kompetenzen

Zielsetzung

Übergeordnet:

- **Akteurs- und Hemmnisanalyse** typischer kommunaler Situationen
- **Potenzialanalyse und Entwicklung:**
hochintegrierte, kommunale Wärmeversorgungskonzepte
- **Bewertung:** technische, wirtschaftliche, juristische und gesellschaftlich-soziale Anforderungen
- Übertragbare Projektentwicklungs- und **Umsetzungsleitfäden**
(Basis: clusterspezifischer Konzepte und Geschäftsmodellansätze)

Clusterspezifisch:

- Spezifische **Analysen** in Quartieren, Erfassung **laufender Aktivitäten und Versorgungs-IST-Zustände**
- Akteursbefragungen, Workshops und runde Tische
- Entwicklung und Bewertung von kommunaler **Wärmenetzleitplanung** in Ausbaustufen sowie **clusterspezifischer Versorgungslösungen**
- Anreize von **Multi-Akteurs-Wärmenetzen**

Team

Praxis und Wissenschaft:

- Energietechnik und -wirtschaft
- Technische Planung und Umsetzung
- Öffentliches und privates Energierecht
- Sozialwissenschaft und Nachhaltigkeit

Laufzeit

01/2020 - 12/2022
36 Monate

Förderung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

FKZ: 03EN3007



Grafik: WERNERWERKE GbR, Berlin.

Beispielkonzepte

Kurzbeschreibung der Beispielkonzepte für KoWa-Stadt

Idealtypische Wärmeversorgungs-lösungen für KoWa-Stadt (fiktives Bsp.)

70% Solarthermie + 30% Gas+Netz
<ul style="list-style-type: none">- Versorgungsnetz mit 70% Solarthermie und 30% Gas- ST-Anlagen auf großen Dachflächen, Erdbeckenspeicher- GEMIS-Prozess: Netz\Wärme-de-KoWa-70ST-30Gas
Gas-Brennwert Einzelfeuerung
<ul style="list-style-type: none">- Gas Brennwert (Einzelfeuerung) , Bei kleinen MFH, Stand der Technik 1 Kessel- GEMIS-Prozess: Gas-Heizung-Brennwert-DE-2020
100% Pellets
<ul style="list-style-type: none">- 100% Pellets aus Reststoffen- Bei kleinen MFH, Stand der Technik 1 Kessel- GEMIS-Prozess: Holz-Pellet-Holzwirtsch.-Heizung-10 kW-DE-2020 (Endenergie)
Gas Wärmenetz
<ul style="list-style-type: none">- Netz in bereits versiegelten Siedlungsfläche errichtet- Bei Netz redundante Auslegung mit 2. Kessel"- GEMIS-Prozess: Netz\Nahwärme-Gas-BHKW-DE-2015/en
Zukunftsnetz
<ul style="list-style-type: none">- 25% ST + 60% alternative Wärmequelle/ Abwärme + 15% Pellets/ Biomasse (auf Spitzenlast ausgelegt)- Strom zu 50% aus lokaler PV, Rest Netzmix- Netz in bereits versiegelten Siedlungsfläche errichtet- regionaler Nahwärmeverbund- GEMIS Prozess: 'Netz\Wärme-de-KoWa-Zukunft

Nachhaltigkeitsbewertung der entwickelten Konzepte

Methodische Grundlagen

Ergebnisse am fiktiven Beispiel KoWa-Stadt

Zielsystem der Nachhaltigen Ökonomie

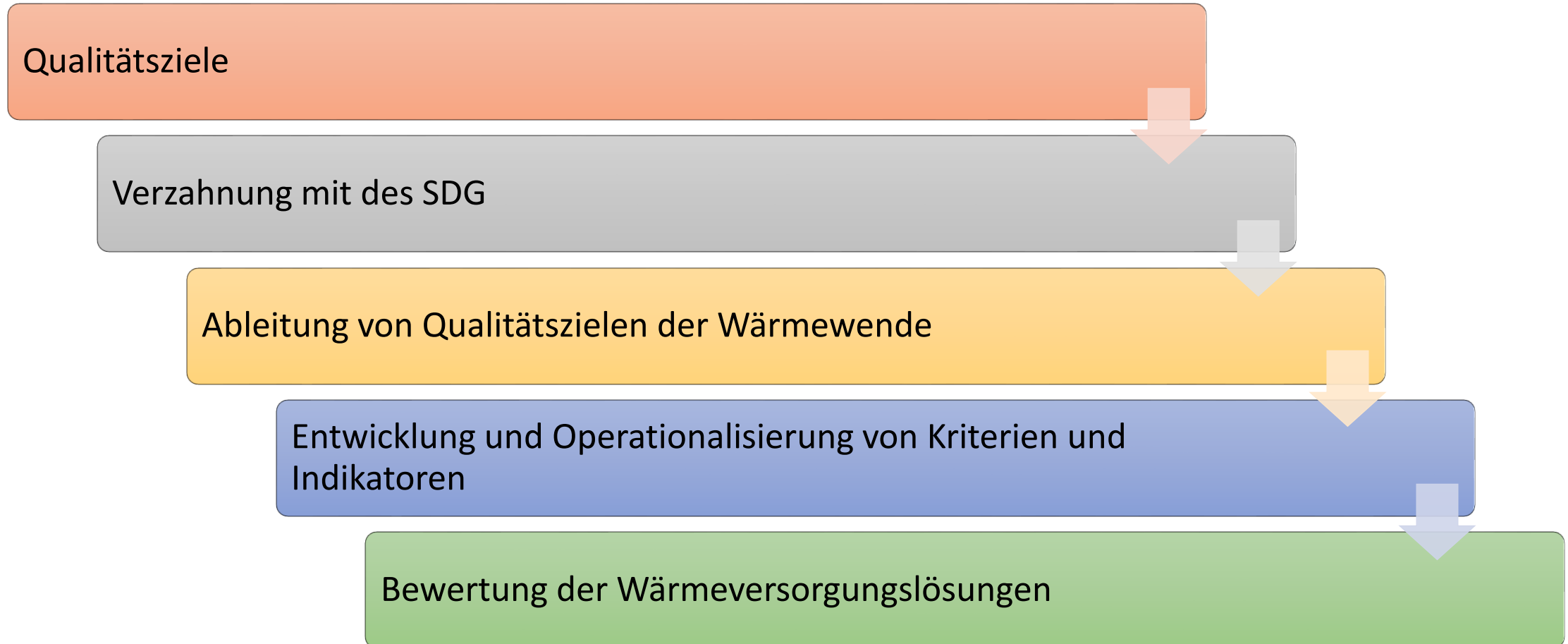
Ökologische D.	Ökonomische D.	Sozial-kulturelle D.
1) Begrenzung der Klimaerwärmung auf die Pariser Ziele	6) Selbstständige Existenzsicherung bei akzeptabler Arbeitsqualität	11) Good governance, Schaffung sozial-ökologischer Leitplanken
2) Naturverträglichkeit: Erhaltung der Arten- und Landschaftsvielfalt	7) Wirtschaftl. Entwicklung, angemessene Befriedigung der Bedürfnisse mit nachhaltigen Produkten	12) Soziale Sicherheit, keine Armut, ausgewogene demographische Entwicklung
3) Stetige Verbrauchssenkung nicht-erneuerbarer Ressourcen	8) Stabilität des Geldwerts und der Finanzmärkte, angemessene Konzentration, geringe externe Effekte	13) Chancengleichheit, gerechte Einkommens- & Vermögensverteilung
4) Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	9) Außenwirtschaftliches Gleichgewicht, geringe Abhängigkeiten, globale Partnerschaft	14) Innere und äußere Sicherheit, keine gewaltsamen Konflikte
5) Gesunde Lebensbedingungen	10) Handlungsfähige Staatshaushalte, gute Ausstattung mit meritorischen Gütern	15) Verzicht auf Techniken mit erheblichen Risiken

Rogall et al. 2021; Rogall et al. 2018; Rogall et al. 2016; Rogall 2014: 27; Rogall et al. 2014; 2013b; Rogall und Gapp 2016.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS



Vorgehen



Zielsystem, Kriterien und Indikatoren der ökologischen Dimension

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Ökologische Dimension		
Klimaerwärmung	Klimaneutralität	THG-Emissionen in $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{MWh}$
Materialaufwand	Geringer Nutzungsgrad an Primärrohstoffen	Kumulierter Stoffaufwand in kg/MWh
Übernutzung erneuerbarer Ressourcen	Nachhaltige Nutzung erneuerbarer Ressourcen	Auswirkungen auf die Einhaltung der Regenerationsrate
Gefährdung der menschlichen Gesundheit	Gesunde Lebensbedingungen	Schadstoffemissionen in $\text{kgSO}_{2\text{eq}}/\text{MWh}$
Zerstörung Arten- und Biotopvielfalt	Naturverträglichkeit	Auswirkungen auf die Naturverträglichkeit

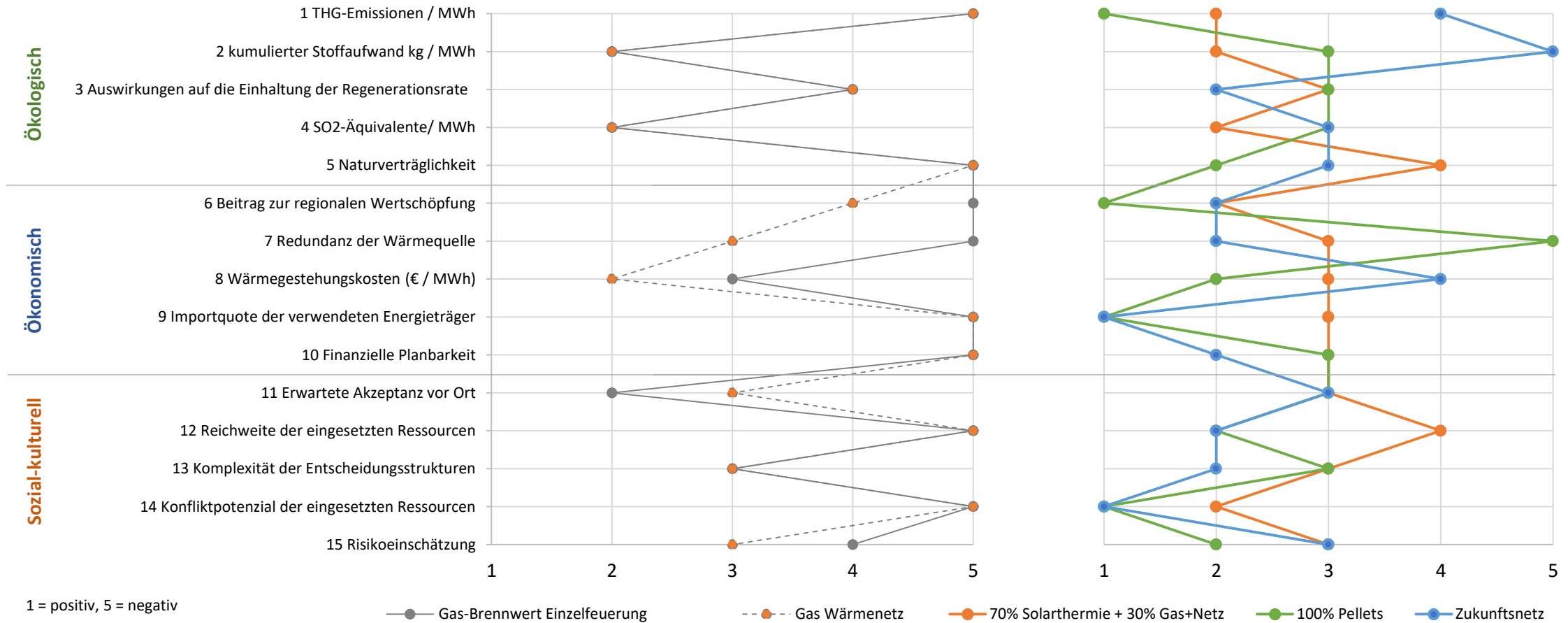
Zielsystem, Kriterien und Indikatoren der ökonomischen Dimension

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Ökonomische Dimension		
Negative Entwicklungen auf dem Arbeitsmarkt	Existenzsichernde Erwerbsarbeit bei akzeptabler Arbeitsqualität	Beitrag zur regionalen Wertschöpfung
Unzureichende Befriedigung der Grundbedürfnisse mit nachhaltigen Produkten	Unterbrechungsfreie Versorgungssicherheit/ Systemstabilität	Redundanz
Instabilitäten (Geld, Finanzmärkte, Wettbewerbsfähigkeit), Externalitäten	Geringe betriebswirtschaftliche Wärmegestehungskosten	Wärmegestehungskosten (€/MWh)
globale und außenwirtschaftliche Ungleichgewichte, Abhängigkeiten	Geringe außenwirtschaftlichen Abhängigkeit	Importquote von Energieträgern und Betriebsstoffen
Staatsverschuldung; unzureichende Ausstattung mit meritorischen Gütern	Finanzielle Handlungsfähigkeit	Finanzielle Planbarkeit

Zielsystem, Kriterien und Indikatoren der sozial-kulturellen Dimension

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Sozial-kulturelle Dimension		
Fehlentwicklungen in Wirtschaft, Politik & Gesellschaft	Good Governance	Erwartete Akzeptanz vor Ort
Unsicherheit der dauerhaften Energieversorgung	Langfristige Versorgungssicherheit	Reichweite der eingesetzten Ressourcen bei gleichbleibendem Verbrauch
Zentralisierung der Versorgungsstrukturen	Angemessene Dezentralisierung und Partizipation	Komplexität der Entscheidungsstrukturen
Gewaltsame Konflikte	Innere und äußere Sicherheit, globale Verträglichkeit	Konfliktpotential der eingesetzten Ressourcen
Technische Risiken (z.B. Atomtechnik, Fracking)	Vermeidung von Risikotechnologien	Risikoeinschätzung

Bewertung der Beispielkonzepte



Beispiel Operationalisierung – THGE

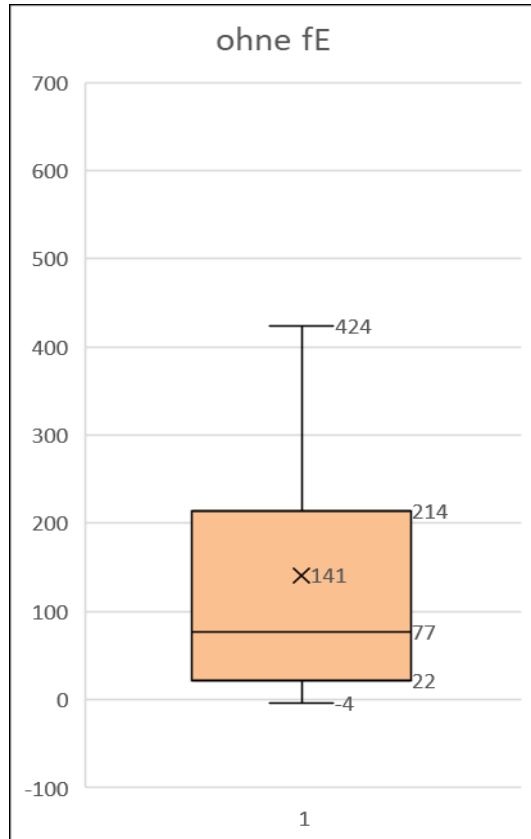


Abbildung 1: Boxplot der GEMIS-Prozessdaten in kg CO_{2eq}/MWh für die spezifischen Emissionen der Wärmeversorgungsstechnologien.

Herausforderung	Qualitätsziel	Kriterien und Indikatoren
Ökologische Dimension		
Klimaerwärmung	Klimaneutralität	THG-Emissionen in kg CO _{2eq} / MWh





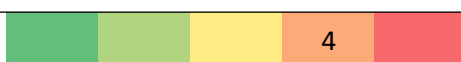
Bewertung	Bedeutung: Die spezifischen CO _{2eq} -Emissionen der Versorgungsoption sind	
	größer oder gleich	(aber) kleiner als
Stufe 1	-	50 kg CO _{2eq} / MWh
Stufe 2	50 kg CO _{2eq} / MWh	100 kg CO _{2eq} / MWh
Stufe 3	100 kg CO _{2eq} / MWh	150 kg CO _{2eq} / MWh
Stufe 4	150 kg CO _{2eq} / MWh	200 kg CO _{2eq} / MWh
Stufe 5	200 kg CO _{2eq} / MWh	-

Schlaglicht 1:

THG-Emissionen in kg CO_{2eq}/MWh

Ökologische Dimension

<i>Laufende Nummer</i>	1
<i>Herausforderung</i>	Klimaerwärmung
<i>Qualitätsziel</i>	Klimaneutralität
<i>Indikator</i>	THG-Emissionen/MWh

<u>Gas-Brennwert Einzelfeuerung:</u>	232 kg / MWh	Bewertung		5
<u>Gas Wärmenetz:</u>	204 kg / MWh	Bewertung		5
<u>70% Solarthermie + 30% Gas+Netz :</u>	71 kg / MWh	Bewertung		
<u>100% Pellets:</u>	19 kg / MWh	Bewertung		
<u>Zukunftsnetz (aktueller Strommix):</u>	158 kg / MWh	Bewertung		






Beispiel Operationalisierung : Redundanz

Stufe	Beschreibung
Stufe 1	sehr hohes Maß an Resilienz, Ausfall einer beliebigen Wärmequelle von mehr als drei kann kompensiert werden.
Stufe 2	hohes Maß an Resilienz, der Ausfall einer von drei Wärmequellen kann durch eine weitere, ggf. durch Notaggregate kompensiert werden.
Stufe 3	Die kurzfristige Versorgungssicherheit formal gegeben. der Ausfall einer von zwei Wärmequellen kann kompensiert werden.
Stufe 4	Die kurzfristige Versorgungssicherheit ist nicht vollständig gegeben. Bei Ausfall einer Wärmequelle kann die Versorgung <u>nur teilweise</u> ggf. mit spürbaren Einschränkungen gewährleistet werden.
Stufe 5	Die unterbrechungsfreie Versorgung kann nicht garantiert werden.

Schlaglicht 2: Unterbrechungsfreie Versorgungssicherheit

Ökonomische Dimension






<i>Laufende Nummer</i>	7
<i>Herausforderung</i>	Unzureichende Befriedigung der Grundbedürfnisse mit nachhaltigen Produkten
<i>Qualitätsziel</i>	unterbrechungsfreie Versorgungssicherheit
<i>Indikator</i>	Redundanz der Wärmequelle

<u>Gas-Brennwert Einzelfeuerung:</u>	<i>Bewertung</i>	
Wenn nur 1 Kessel (kleines MFH: 5, wenn 2 Kessel 3-4, Unterbrechung des Gasversorgung nicht kompensierbar)		
<u>Gas Wärmenetz:</u>	<i>Bewertung</i>	
Da für das Netz 2. Kessel vorgesehen		
<u>70% Solarthermie + 30% Gas+Netz :</u>	<i>Bewertung</i>	
Bei 70% ST großer Speicher, der den Ausfall des Gaskessels temporär überbrücken könnte, ggf. Versorgungseinschränkungen (dann 4).		
<u>100% Pellets:</u>	<i>Bewertung</i>	
Wenn nur 1 Kessel = 5, wenn 2 Kessel = 4		
<u>Zukunftsnetz (aktueller Strommix):</u>	<i>Bewertung</i>	
drei Erzeuger, Pelletkessel auf Spitzenlast ausgelegt, Pufferspeicher (ST) können kurzfristigen Ausfall kompensieren.		

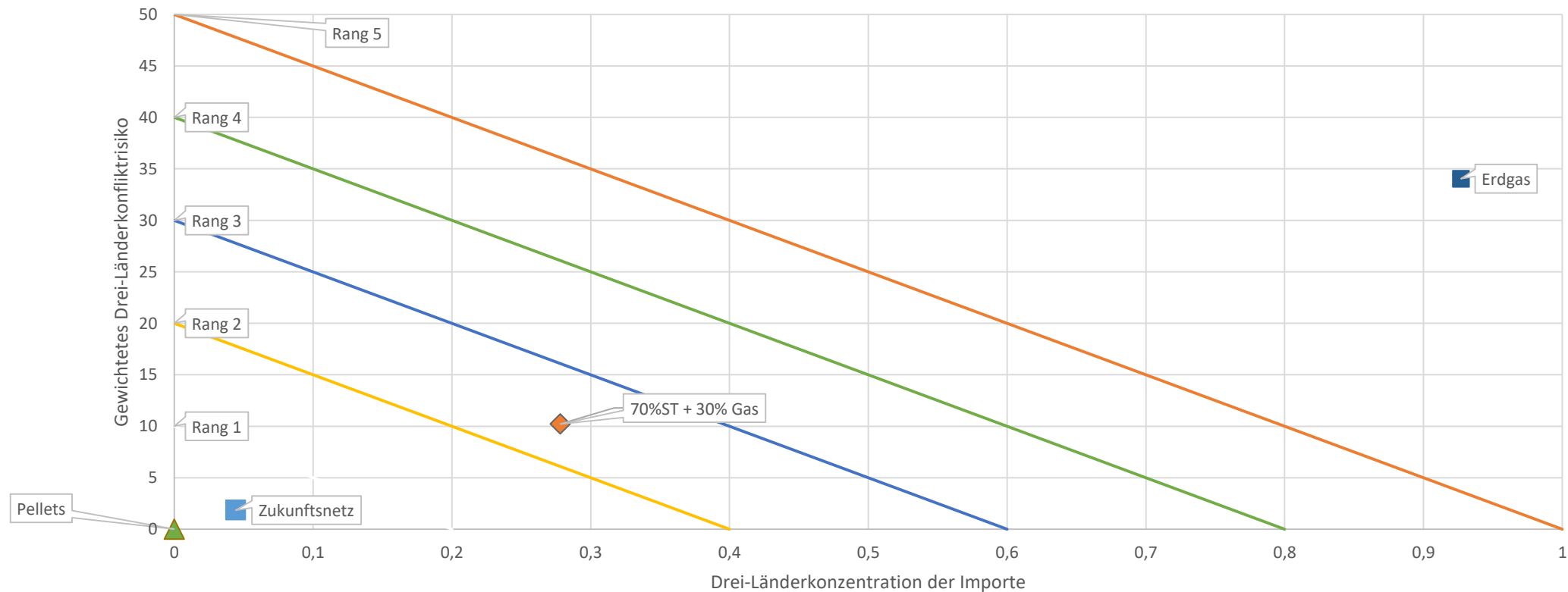
Schlaglicht 3: Konfliktpotential der eingesetzten Ressource

Sozial-kulturelle Dimension

<i>Laufende Nummer</i>	14
<i>Herausforderung</i>	gewaltsame Konflikte, Massenmigration
<i>Qualitätsziel</i>	Innere und äußere Sicherheit; Globale Verträglichkeit
<i>Indikator</i>	Konfliktpotenzial der eingesetzten Ressourcen

<u>Gas-Brennwert Einzelfeuerung:</u> 3LK = 0,92; GLR = 34	Bewertung  5
<u>Gas Wärmenetz:</u> 3LK = 0,92; GLR = 34	Bewertung  5
<u>70% Solarthermie + 30% Gas+Netz :</u> Bei 30% Gas 3LK = 0,27 & GLR = 10,21	Bewertung  2
<u>100% Pellets:</u> 100% aus D, daher kein importinduziertes Konfliktrisiko	Bewertung  1
<u>Zukunftsnetz (aktueller Strommix):</u> Geringe Anteile importierter fE aus Strommix	Bewertung  1

Schlaglicht 3: Konfliktpotential der eingesetzten Ressource



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

IZES

Prof. Dr. Katharina Gapp-Schmeling
gapp-schmeling@izes.de

Projektbeteiligte



Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Förderkennzeichen: 03EN3007

<https://www.kowa-projekt.de>

- AGFW (2020): Leitfaden zur Erschließung von Abwärmequellen für die Fernwärmeversorgung, 2020.
- Destatis - Statistisches Bundesamt (2021): Aus- und Einfuhr (Außenhandel): Deutschland, Jahre, Länder, Warensystematik. 51000-0007.
- Gapp-Schmeling, K. et al (2021): Nachhaltigkeitsbewertung kommunaler Wärmeversorgungsoptionen – Methodenbeschreibung, abrufbar unter: https://www.kowa-projekt.de/wp-content/uploads/kowa/2021/10/KoWa_AP4-Methode-Konzeptbewertung_fin.pdf.
- Kaufmann, D., Kraay, A., Matruzzi, M. (2020): The Worldwide Governance Indicators (WGI).
- Rogall, H., Gapp-Schmeling, K., Welz, A. (2021): D. Trends der globalen Herausforderungen. In: Rogall, H., Gapp-Schmeling, K., Grothe, A., Michaelis, N., Ekardt, F., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Müller, M., Nutzinger, H. (Hrsg.): Jahrbuch Nachhaltige Ökonomie 2020/2021. Im Brennpunkt: Nachhaltiges Wirtschaften und Innovation. Weimar (Lahn) (Metropolis).
- Rogall, H., Gapp-Schmeling, K. (2021): Nachhaltige Ökonomie. Ökonomische Theorie und Praxis einer nachhaltigen Entwicklung - Band 1. Grundlagen der Wirtschaftswissenschaft Bd. 15. 3. Aufl. Marburg (Metropolis-Verl.).
- Rogall, H., Gapp, K., Goergens, K. (2018): Trends der globalen Herausforderungen. In: Rogall, H., Binswanger, H., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Im Brennpunkt: Zukunft des nachhaltigen Wirtschaftens in der digitalen Welt. Marburg (Metropolis Verlag).
- Rogall, H., Gapp, K., Brüning-Pfeiffer, A., Hewelt, F. (2016): Globale Trends. In: Rogall, H., Binswanger, H., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Im Brennpunkt: Ressourcenwende - Transformation zu einer ressourcenleichten Gesellschaft. Marburg (Metropolis Verlag): 347-408.
- Rogall, H., Gapp, K. (2016): Trends einer nachhaltigen Entwicklung in Europa und Deutschland. In: Rogall, H., Binswanger, H., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Im Brennpunkt: Ressourcenwende - Transformation zu einer ressourcenleichten Gesellschaft. Marburg (Metropolis Verlag): 409-431.
- Rogall, H. (2014): 100%-Versorgung mit erneuerbaren Energien. Bedingungen für eine globale, nationale und kommunale Umsetzung. Marburg (Metropolis-Verl.): 494 S.
- Rogall, H., Klausen, M., Haberland, R. (2014): Trends der globalen Herausforderungen. In: Rogall, H., Binswanger, H., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Im Brennpunkt: Die Energiewende als gesellschaftlicher Transformationsprozess. Marburg (Metropolis): 31-100.
- Rogall, H., Klausen, M., Haberland, R. (2013a): Trends der globalen Herausforderungen. In: Binswanger, H.-C., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Rogall, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Jahrbuch 2013 | 2014 Nachhaltige Ökonomie. Im Brennpunkt: Nachhaltigkeitsmanagement. Marburg (Metropolis): 57-117.
- Rogall, H., Klausen, M., Haberland, R. (2013b): Trends der globalen Herausforderungen. 2011. In: Binswanger, H.-C., Ekardt, F., Grothe, A., Hasenclever, W.-D., Hauchler, I., Jänicke, M., Kollmann, K., Michaelis, N., Nutzinger, H., Rogall, H., Scherhorn, G. (Hrsg.): Jahrbuch 2011 | 2012 Nachhaltige Ökonomie. Im Brennpunkt: Wachstum. 2. Aufl. Marburg (Metropolis-Verl.): 27-53.