



Spartenübergreifende Planung kommunaler Energiesysteme als Schritt zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung

Ein Leitfaden für kommunale Planungsverantwortliche

by VDE ETG

Empfohlene Zitierweise:

VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.: F. Flatter, A. Anapyanova, H. Meyer, „Spartenübergreifende Planung kommunaler Energiesysteme als Schritt zur nachhaltigen dezentralen Energieversorgung: Ein Leitfaden für kommunale Planungsverantwortliche,“ VDE Verlag, Offenbach, April 2025

Dieser VDE Leitfaden ist das Arbeitsergebnis des Fachausschusses Zellulare Energiesysteme.

Autoren:

Felix Flatter, Rheinland-Pfälzische Technische Universität Kaiserslautern-Landau
Alina Anapyanova, Universität Passau
Harald Meyer, Stadtwerke Heidelberg Netze GmbH

Vorbemerkung:

VDE Publikationen geben – entsprechend der Positionierung des VDE als neutraler, technisch-wissenschaftlicher Verband – gemeinsame Erkenntnisse der Mitglieder der jeweiligen Arbeitsgruppen wieder. Die Gemeinschaftsergebnisse werden im konstruktiven Dialog aus häufig unterschiedlichen Positionen erarbeitet. Die Publikationen spiegeln daher nicht unbedingt die Meinung der durch ihre Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter vertretenen Unternehmen und Institutionen wider.

Danksagung:

Wir bedanken uns recht herzlich bei Herrn Gunnar Braun (VKU e.V.) und Herrn Sören Patzack (BET Consulting GmbH) für die tatkräftige Unterstützung bei der Anfertigung dieses Leitfadens. Ihre Anmerkungen waren entscheidend für die Praxisrelevanz dieses Leitfadens.

Herausgeber:

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.
Energietechnische Gesellschaft (ETG)
Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel. +49 69 6308-346
etg@vde.com
www.vde.com/etg

Titelbild: © Sergey Nivens / stock.adobe.com

Design: Schaper Kommunikation, Bad Nauheim

April 2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	4
2	Zielsetzung	6
3	Rollen und Aufgabenverteilungen	7
4	Arbeitsschritte zur spartenübergreifenden Planung	8
4.1	Schritt 1: Bestandsaufnahme und Nachfrageszenarien	8
4.2	Schritt 2: Ermittlung des theoretischen Potentials	9
4.3	Schritt 3: Qualitative Bewertung des theoretischen Potentials	10
4.4	Schritt 4: Vorauswahl des technisch-wirtschaftlichen Potentials	11
4.5	Schritt 5: Quantifizierung des technisch-wirtschaftlichen Potentials	11
4.6	Schritt 6: Festlegung der optimalen Variante	11
4.7	Schritt 7: Planung der Energienetze	12
4.8	Zyklische Überprüfung	12
5	Resümee	13
	Anhang A Umsetzung anhand eines hypothetischen Beispiels	15
	Anhang A.1 Zielsetzung und Ausgangslage	15
	Anhang A.2 Vorgegebenes Nachfrageszenario (Schritt 1)	16
	Anhang A.3 Arbeitsschritte des Leitfadens	17
	Anhang A.4 Diskussion des Beispiels	21

1 Einleitung

Die spartenübergreifende Betrachtung ist ein grundlegendes Planungskonzept. Es dient nicht nur der Planung von nachhaltigen dezentralen Energiesystemen, wie beispielsweise den zellularen Energiesystemen, sondern kann auch die wirtschaftliche und zuverlässige Strom- und Wärmeversorgung auf der kommunalen Ebene unterstützen.

Somit legen wir hier anknüpfend an die Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet zellulärer Energiesysteme¹ die ersten Schritte hin zu einer ganzheitlichen kommunalen Energieplanung dar, die als konsequente Fortsetzung der nun verpflichtenden kommunalen Wärmeplanung angesehen werden kann. Ziel dieses Leitfadens ist es, Entscheidungsträgern die ganzheitliche Denkweise des zellularen Ansatzes näher zu bringen und praktische Ansatzpunkte für eine spartenübergreifende kommunale Energieplanung zu liefern. Hierbei wird insbesondere dargestellt, dass eine solche ganzheitliche Betrachtung des kommunalen Energiesystems nicht erst in ferner Zukunft eine klimaneutrale, sichere und preisgünstige Energieversorgung ermöglicht, sondern bereits mittelfristig hilft, Herausforderungen der Energiewende zu bewältigen.

Der Leitgedanke für die ganzheitliche kommunale Energieplanung liegt darin, dass für jede Gemeinde eine optimale Versorgungsmöglichkeit existiert, die maßgeblich von den lokalen Gegebenheiten abhängt, allerdings auch in das regionale, nationale und letztlich auch europäische Energiesystem eingepasst sein muss. Anders gesagt muss die Energiezelle, die eine Gemeinde darstellt, konstruktiv in den Zellverbund aller anderen Energiezellen im Energiesystem eingebunden sein. Eine rein lokal ausgerichtete Lösung, die Abhängigkeiten zum restlichen Energiesystem nicht differenziert betrachtet ist im Rahmen der Energiewende nicht zielführend.

Gas- und Wärmenetze bieten ein großes Potenzial für einen flexiblen Betrieb von Stromnetzen. Der Transfer überschüssiger Energie zwischen den Sektoren ermöglicht effektivere Formen der Speicherung durch eine angebotsabhängige Nutzung. Zeitweise überschüssiger Strom kann beispielsweise für Wärmepumpen oder zum Laden der Elektroautos genutzt werden und dadurch die Nachfrage im Folgezeitraum verringern. Gleichzeitig können Verbraucher durch Knappheitssignale zu einem Aufschub ihres Stromverbrauchs angeleitet werden. In Anbetracht der unzureichenden Netzkapazitäten für den Anschluss einer vermehrten Anzahl an EEG-Einspeisern in Gebieten mit Verteilernetzen mit geringer Kapazität ist die Erschließung dieses Flexibilisierung-Potentials der Infrastrukturen erforderlich. Eine intelligente spartenübergreifende Planung bietet gleichzeitig auch mehr Resilienz bei Energiekrisen - sowohl durch einen optimierten und flexiblen Energieverbrauch als auch durch vorhandene Speicher (u.a. Elektroautos, Wärmenetze, Stromspeicher).

Rechtlich gibt es bisher keine Vorgaben zur spartenübergreifenden Energieplanung in Quartieren – die Verpflichtung zur kommunalen Wärmeplanung durch das Wärmeplanungsgesetz (im folgenden - WPG²) war der erste Schritt in diese Richtung, aus mehreren Gründen. Das Wärmeplanungsgesetz stellt aus mehreren Gründen ein wichtiges Rechtsinstrument dar. Erstens, führt es als erstes Rechtsinstrument im § 4 Abs. 1 WPG die Pflicht zur flächendeckenden Wärmeplanung durch die Länder ein. Zweitens, beteiligt das WPG die relevanten Akteure im § 7 WPG im Hinblick auf eine Energieplanung. Dazu gehören mitunter auch Energieversorgungsnetzbetreiber laut § 7 Abs. 2 S. 1 Nr. 1, § 7 Abs. 3 Nr. 4 WPG. Drittens, führt das WPG gegenseitige Berücksichtigungspflichten der planungsverantwortlichen Stelle und der Energieinfrastrukturbetreiber (§ 8, § 9 Abs. 2 WPG) – ein Schlüsselement für eine sektorenübergreifende Energieleitplanung.

Eine Erweiterung hin zu einer kommunalen Energieplanung erscheint daher sowohl aus technischer als auch politischer Sicht zumindest mittel- oder langfristig denkbar, z. B. durch die Ermöglichung der Nutzung klimaneutraler Potenziale für neu entstehende Siedlungen, Quartiere oder bei der Sanierung bestehender Infrastrukturen. Das WPG kann dabei als ein regulatorisches Grundgerüst für eine spartenübergreifende Energieplanung dienen. Die Planung muss dabei zum richtigen Zeitpunkt erfolgen.³

¹ Weitere Informationen zu den bisherigen Ergebnissen des Fachausschusses finden sich unter: [V 2.4. Zellulare Energiesysteme](#)

² Wärmeplanungsgesetz vom 20. Dezember 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 394) – in Kraft seit dem 1.1.2024.

³ Ein solches Vorgehen für ein regeneratives, klimaneutrales Energiesystem ist ebenso konsequent, wie in der Vergangenheit durch Pumpspeicher nächtliche oder an Wochenenden Überschüsse gespeichert wurden. Mit Beleuchtung von Autobahnen (Belgien) oder Dreischichtenproduktion in Betrieben wurde auch im konventionellen Energiesystem eine Art Nachfragesteuerung umgesetzt. Insofern ist entgegen mancher Argumentation der Bau von Speichern und die Einbeziehung der Kunden für ein funktionierendes und effizientes Energiesystem keine grundlegende Neuerung. Allerdings bedarf es der Umstellung auf die neuen Verhältnisse, wie sie dieser Leitfaden beschreibt.

Dieser Leitfaden legt dar, wie die Entscheidungsträger einer Gemeinde in Zusammenarbeit mit den lokalen und übergeordneten Stakeholdern eine spartenübergreifende Energieplanung durchführen kann. Dabei liegt der Fokus weniger auf technischen Details, sondern primär auf der organisatorischen Herangehensweise. Für die meisten Gemeinden ist der „erste Schritt“ mit den größten Herausforderungen verbunden. Der Leitfaden beginnt mit sehr konkreten Handlungsempfehlungen und versucht anschließend den Übergang von „neuen“ Kompetenzen zu den etablierten Aufgaben der Gemeinde und ihrer ausführenden Stellen aufzuzeigen.

2 Zielsetzung

Das Ziel des Leitfadens ist es, die Kommunen organisatorisch zu befähigen, ihre eigene Energieplanung in die Hand zu nehmen. Dafür beschreibt er die Ansatzpunkte und eine Blaupause für die Umsetzung einer spartenübergreifenden kommunalen Energieplanung. Er skizziert, wie individuelle Roadmaps für die Energieleitplanung erstellt werden können. Er richtet sich explizit an:

- Städte und Gemeinden, bzw. planungsverantwortliche Stellen die für die Wärmeplanung und die Planung des Energiesystems in einer Gemeinde zuständig sind,⁴
- Kommunale (Mehrsparten-)Unternehmen und Unternehmen,
- Planungsbüros in deren Auftrag,
- Betreiber von Energieversorgungsnetzen.

Der Leitfaden zeigt auf, welche Akteure in Planungsprozesse für das lokale Energiesystem eingebunden werden müssen und wie schnelle, qualifizierte Aussagen über einzelne Vorhaben getroffen werden können.

Das Vorgehen im Sinne dieses Leitfadens liefert eine ganzheitliche Betrachtung und zeigt, welche Kooperationen für eine spartenübergreifende Energieleitplanung zwischen verschiedenen Akteuren erforderlich sind, um den individuellen Gegebenheiten vor Ort gerecht zu werden. Berücksichtigt werden dabei u. a.:

- Gemeinden und deren verschiedene ausführende Stellen
- Private Verbraucher bzw. Prosumer (Verbraucher und Energieproduzenten zugleich)
- Industrieunternehmen und andere größere Verbraucher
- Kommunale Liegenschaften
- Kommunale Versorgungsunternehmen
- Energieerzeuger
- Netzbetreiber der Sektoren Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff und ggf. Kälte (Wasser und Abwasser)
- Betreiber von Schnelladesäulen oder anderer öffentlicher Ladeinfrastruktur
- Lokale Verkehrsunternehmen
- Stadtplaner
- Beratungsunternehmen
- Energieagenturen und andere öffentlich organisierte Agenturen

Der Leitfaden unterstützt zudem dabei festzustellen, welche Arbeiten eigenständig durch die Kommunen erfolgen können, wo Personal aufzubauen sinnvoll sein kann oder Dritte als Dienstleister mit an Bord zu holen sind. Für eine effiziente spartenübergreifende Planung ist davon auszugehen, dass neue Wege zu beschreiten, neue, eigene Kompetenzen aufzubauen und auch von außen dazuzuholen sind. Individuelle Roadmaps sollten enthalten, welche Kapazitäten die jeweiligen Akteure bereits aufweisen und welche notwendige externe Unterstützung einzuholen ist.

⁴ Planungsverantwortlichen Stellen werden im § 3 Nr. 9 WPG als *der nach Landesrecht für die Erfüllung der Aufgaben nach Teil 2 WPG verantwortliche Rechtsträger* definiert. Diese führen nach § 6 WPG die Wärmeplanung nach vorgegebenen Bestimmungen durch.

3 Rollen und Aufgabenverteilungen

Die individuellen Gegebenheiten vor Ort erfordern eine zweigleisige Betrachtung lokaler sowie übergeordneter Zuständigkeiten. Deshalb besteht der erste Schritt darin die Aufgabenteilung und die betroffenen Akteure auf den verschiedenen Ebenen zu identifizieren:

- **Lokale Ebene:** Gemeinde und ausführende oder s.o. planungsverantwortliche Stellen i.S.d. WPG sowie betroffene Bevölkerung inklusive Wirtschaft und Zivilgesellschaft, Netzbetreiber der Sektoren Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff und ggf. Kälte (Wasser und Abwasser), Energieerzeuger, Verbraucher, Prosumer, Industrieunternehmen, Kommunale Liegenschaften und Versorgungsunternehmen, lokale Verkehrsunternehmen.
- **Übergeordnete Ebene:** z. B. Energieagenturen, Landes- und Bundesämter oder andere Dienstleister, Netzbetreiber der Sektoren Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff und ggf. Kälte (Wasser und Abwasser), Betreiber von Schnelladesäulen oder anderer öffentlicher Ladeinfrastruktur, Lokale Verkehrsunternehmen, Stadtplaner.

Die praktische Umsetzung auf lokaler Ebene muss alle Stakeholder mit ihren unterschiedlichen Rollen und Beiträgen für eine integrierte Energieplanung einbinden. Ihre umfangreiche Kenntnis über die lokalen Gegebenheiten und Besonderheiten sind zusammen zu führen. Gute Beziehungen zu allen ortsansässigen Beteiligten sind dafür grundlegend und müssen untereinander hergestellt werden. Insofern ist neben technischen Fragen ein Moderationsprozess aufzusetzen und personell dauerhaft aus der Gemeinschaft heraus zu tragen. Hier kommt der Kommune eine zentrale Rolle zu. Kapazitäten und Kompetenzen dafür sind aufzubauen, sofern nicht vorhanden.

Im Gegensatz hierzu sind quantitative Betrachtungen und Simulationen besser auf den übergeordneten Ebenen durchzuführen, da das notwendige Knowhow dort häufig bereits vorhanden ist und eine zentralisierte Infrastruktur für Simulationen etc. bereitsteht (was wirtschaftliche Vorteile verspricht). Zudem muss bei der Nutzung begrenzter Ressourcen eine übergeordnete Abstimmung erfolgen, damit z.B. Geothermie- oder Biomassepotenziale nicht mehrfach verplant sind oder der Netzausbau konträr zu den Zielen der lokalen Energieplanung erfolgt. Oftmals sind jedoch Gebäudekenntnisse wiederum vor Ort tiefergehend vorhanden, was die nötige Koordination und Zusammenarbeit verdeutlichen.

Die rechtliche Zuständigkeit und die Kompetenz der Akteure spielen für die Aufgabenteilung eine wichtige Rolle, da – analog zu den Vorgaben im Wärmeplanungsgesetz – auch in einer eventuell verpflichtenden Energieplanung die Kommunen mit großer Wahrscheinlichkeit als die planungsverantwortlichen Stellen selbst die Daten von allen Akteuren vor Ort anfordern können und nach Ausschreibungen für konkrete Energieprojekte selbst die Entscheidung für ein bestimmtes Energiekonzept treffen. Eine Ermächtigungsgrundlage zur Datenerhebung für die Aufgabenerfüllung der Wärmeplanung, eine Auskunftspflicht und Anforderungen an die Datenverarbeitung sind bereits in §§ 10-12 WPG geregelt. An diese existierenden gesetzlichen Vorgaben können auch weitere Vorgaben zur ganzheitlichen Energieleitplanung im WPG anknüpfen.⁵ Des Weiteren gibt § 7 Abs. 2 und Abs. 3 WPG bereits eine Beteiligung und eine Mitwirkungspflicht der Netzbetreiber gemäß § 7 Abs. 4 WPG im Rahmen der Wärmeplanung vor und beinhaltet somit auch spartenübergreifende Beteiligungselemente. Eine gegenseitige Berücksichtigungspflicht der planungsverantwortlichen Stelle und der Energieinfrastrukturbetreiber ist in den § 8 und § 9 Abs. 2 WPG geregelt.

Eine weitere gesetzliche Vorschrift zur Berücksichtigungspflicht der Stromverteilnetzbetreiber bei der Planung der Regionalszenarien⁶ für Stromverteilnetze findet sich auch im § 14d Abs.3 Nr.3 - 5 EnWG.

⁵ So könnte der Gesetzgeber theoretisch zukünftig das WPG hin zu einem Rechtsinstrument für eine ganzheitliche Energieplanung entwickeln - dann würde die Ermächtigungsgrundlage im WPG sich auch auf weitere Daten beziehen.

⁶ Das Regionalszenario sollte demnach auch Annahmen zur Art der Wärmeversorgung unter Berücksichtigung der Entwicklung des Verkehrssektors, der Ergebnisse von Wärmeplanung und den Annahmen anderer Sektoren mitbeinhalten.

4 Arbeitsschritte zur spartenübergreifenden Planung

4.1 Schritt 1: Bestandsaufnahme und Nachfrageszenarien

In diesem ersten Schritt werden eine Bestandsaufnahme durchgeführt und mit der Entwicklung von Szenarien für die zukünftige Versorgungsaufgabe wird die Grundlage für die gesamte Energieplanung gelegt. Deshalb sollte dieser Schritt mit größtmöglicher Sorgfalt und unter Einbeziehung aller Stakeholder erfolgen, auch oder sogar besonders wenn bereits eine umfangreiche Datenbasis vorliegt. Alle Stakeholder müssen sich verändernde Ausgangsbedingungen im Rahmen laufender Projekte (z. B. Energieinfrastruktur, städteplanerische Maßnahmen, Veränderungen im Gebäudebestand, etc.) frühzeitig allen anderen Beteiligten mitteilen, um diese in der weiteren Planung adäquat zu berücksichtigen.

Die Entwicklung des Szenarios für die zukünftige Versorgungsaufgabe ist naturgemäß mit großen Unsicherheiten verbunden. Daher muss unter allen Stakeholdern ein gemeinsames Verständnis über die wahrscheinlichen Entwicklungen im Hinblick auf alle für die Energieplanung relevanten Themen entwickelt werden. Dabei müssen die lokalen und regionalen Randbedingungen berücksichtigt werden. Es bietet sich dabei an, nach der Bestandsaufnahme mit allen Stakeholdern für alle Themengebiete ein gemeinsames Grundverständnis zu entwickeln. In diesem Prozess ist es zwingend erforderlich, das Versorgungsszenario so genau wie möglich und so flexibel wie nötig zu formulieren, um daraus konkrete Maßnahmen ableiten zu können. Es ist nicht zielführend, ein breites Spektrum denkbarer, aber unwahrscheinlicher Entwicklungen („Technologieoffenheit“) abzudecken.

Für folgende Themengebiete, gegliedert nach wahrscheinlichen Datenquellen, müssen Informationen und Daten gewonnen werden (keine abschließende Aufzählung):

- Gemeindeeigene Institutionen:
 - Demographische, soziale und wirtschaftliche Struktur
 - Eigentums- und Besitzverhältnisse des Grundbesitzes auf dem Gebiet der Gemeinde
 - Städtebauliche Maßnahmen (z. B. Neubaugebiete, geplante Gewerbegebiete, Sanierungsgebiete etc.)
 - Modal Split des Verkehrswesens
 - Innovationsverhalten der lokalen Bevölkerung, Unternehmen und der Gemeinde
- Institutionen der übergeordneten Gebietskörperschaften:
 - Übergeordnete Flächen- und Ressourcennutzung bzw. Pläne hierzu (Raumordnung, Ausbau von Verkehrswegen, Planungen zur Klimaanpassung etc.), Einfluss klimatischer Veränderungen auf die lokalen Gegebenheiten
 - Regulatorische Rahmenbedingungen für spartenübergreifende Planung (Wege zur Genehmigung der Anlagen, Vorgaben zur Wärmeplanung)
- Netzbetreiber
 - Kenngrößen und räumliche Struktur aller Energienetze sowie ihr Ausdehnungspotential (inkl. diskreter Versorgungswerke, z. B. Flüssiggas), mit betrieblichen Möglichkeiten für Beobachtbarkeit und Steuerbarkeit
 - Lokale Ressourcen (EE, Speicher, Effizienzpotentiale, DSM ...)
 - Erzeugungsstruktur aller Sparten auf dem Gebiet der Gemeinde
 - Versorgungssituation insbesondere der Großverbraucher, aber auch aller weiteren Verbraucher
- Externe Dienstleister
 - Kenngrößen des Gebäudebestands (z. B. aus kommerziellen Datenbanken)
 - Verhaltensanalysen der Bevölkerung (z. B. Auswertung von Mobilfunkdaten durch Netzbetreiber zur Identifikation von Pendelstrecken)

Um sowohl den Status Quo als auch die mehr oder weniger bekannten zukünftigen Entwicklungen adäquat abbilden zu können, sollten bei der Erfassung der Daten zu den oben aufgeführten Themengebieten folgende Zeithorizonte berücksichtigt werden:

- Bestand: Bereits realisierte oder kurz vor Vollendung stehende Energieanlagen und Infrastruktur;
- Projekte: Vollständig projektierte Vorhaben, die bereits in Umsetzung sind oder in Kürze in Umsetzung gehen;
- Pläne: Vorhaben, die hinreichend genau formuliert sind und ausführenden Stellen zumindest teilweise benannt sind;
- Prognosen: Ziele und Transformationspfade, die z. B. aus übergeordneter Zielsetzung abgeleitet werden können, bislang jedoch nicht bezüglich des Ortes, der ausführenden Stelle o.ä. hinreichend konkretisiert sind (z.B. 2% Flächenziel Windenergie in Planungsverbänden) sowie Abschätzung von Entwicklungen auf dritter Seite (z. B. Privathaushalte).

Bestimmte spartenübergreifende Daten zur Erzeugung und zum Verbrauch müssen von übergeordneten Stellen und anderen Akteuren angefordert werden (z. B. zur Geothermienutzung, Stromerzeugung). Dieser Schritt kann weitgehend auf der lokalen Ebene, beispielsweise durch die planungsverantwortlichen Stellen i.S.d. WPG erfolgen und sich an den existierenden Vorgaben für die Wärmeplanung orientieren

4.2 Schritt 2: Ermittlung des theoretischen Potentials

Im zweiten Schritt wird eine möglichst vollständige Auflistung der Möglichkeiten zur Energieversorgung vor Ort aufgestellt (theoretisches Potenzial). Dabei müssen wieder alle Stakeholder eingebunden werden, ähnlich den Vorgaben zur Beteiligung nach § 7 WPG. Haben sich Änderungen zum im 1. Schritt erfassten Status Quo ergeben, so sollten diese jetzt nachgeführt werden.

Ziel ist es, alle – auch auf den ersten Blick fernliegende – Möglichkeiten zur Erfüllung der Versorgungsaufgabe zur späteren Bewertung aufzulisten.

Unter anderem sollen in diesem Schritt folgende Daten gesammelt oder selbst erarbeitet werden (keine vollständige Auflistung):

- Vorhandene, aber nicht erschlossene Last-, Speicher- und Erzeugungspotenziale auf dem Gebiet der Gemeinde (z. B. Flächen für PV und Windkraft, Wärme aus Geothermie etc.)
- Zukünftige Last-, Speicher- und Erzeugungspotenziale in der Gemeinde über alle Sektoren (z. B. industrielle Abwärme, Agri-PV etc.)⁷
- Zusammenarbeit mit übergeordneten Stellen (z. B. Anschluss an überregionales Fernwärmenetz etc.)
- Mögliche Flexibilitäten (technisch und rechtlich, z. B. bidirektionales Laden)

Bei der Zusammenstellung der Informationen spielen technische und wirtschaftliche Durchführbarkeit der Maßnahmen vorerst keine Rolle. Nutzungskonkurrenzen sollten vorerst auch ausgeblendet sein.

Dieser Schritt kann ebenfalls weitgehend auf lokaler Ebene stattfinden, lediglich für die Zusammenarbeit mit übergeordneten Stellen ist eine Koordination über Gemeindegrenzen hinweg notwendig. Eine weitere Stütze bietet hier ebenfalls das WPG. Gemäß den Vorgaben im § 4 Abs. 3 WPG können die Länder vorsehen, dass eine gemeinsame Wärmeplanung für mehrere Gemeindegebiete erfolgen kann.

Sie können Rückwirkungen in bestehenden Systemen (z.B. Pumpen in Wärmesystemen mit bisher anderer Beschickung) haben und lösen (künftige) Wechselwirkungen mit anderen Systemteilen aus.

⁷ Zugleich ist auf neuere technologische Entwicklungen zu achten, wie etwa „Aquathermie“, der Nutzung von Wasserkörpern als Basistemperatur für Wärmepumpen aller Größenklassen.

4.3 Schritt 3: Qualitative Bewertung des theoretischen Potenzials

Im dritten Schritt wird die vollständige Liste der Optionen zur Bewältigung der Versorgungsaufgabe zu einer Matrix erweitert, die eine qualitative Bewertung der Maßnahmen erlaubt.

Ziel ist dabei, die Grundlage für die Auswahl mehrerer Varianten zu schaffen, die in den folgenden Schritten genauer hinsichtlich der technischen und wirtschaftlichen Umsetzbarkeit untersucht werden können.

Unter anderem sollten folgende Punkte bewertet werden (keine vollständige Auflistung):

- Akzeptanz- und Veränderungswille in der Kommune/Gemeinde (Abhängigkeit von Außenszenarien/Suffizienz Szenario)
- Beitrag zur Reduktion von Treibhausgasen
- Technische Aspekte (Wirkungsgrad, Emissionen, Primärenergiebedarf, Umweltauswirkungen etc.)
- Wirtschaftliche Aspekte (Abschätzung von Investitions- und Betriebskosten, typische Refinanzierungszeiten, Fördermöglichkeiten etc.)
- Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Infrastrukturen und Implikationen von Lösungen auf Infrastrukturkosten
- Verfügbarkeit von Technologien (Material, Personal, Lieferketten, Abhängigkeiten, Ausfallrisiko von Lieferungen etc.)
- Verfügbarkeit von Daten und laufende Konzessionsverträge (Kooperationsbereitschaft einzelner Akteure)
- Flächenbedarf und Kompatibilität mit anderer Flächennutzung und individuelle Restriktionen (z. B. Flächennutzungskonflikte)
- Rechtliche und regulatorische Aspekte (Bsp.: Genehmigung von Energieanlagen, Förderungen, Flächennutzung, Konzessionsvergabe, eigener Netzbetrieb etc.)
- Beitrag zur Erfüllung politischer Erfolgsmetriken (z. B. Sustainable Development Goals⁸)
- Zukunftsfähigkeit (Langfristige Versorgung mit Ersatzteilen, Betriebsmitteln oder Serviceleistungen)
- *Technologiereifegrad* (bei allen in Frage kommenden Technologien)
- Neuere verfügbare Technologien und Innovationen
- Koordination zwischen mehreren Interessensgruppen (z. B. Waldnutzung für Holzerzeugung und Wärmeerzeugung)
- Wechselwirkungen zwischen Unternehmen, Sektoren etc.
- Risikofaktoren (z. B. Schädlingsbefall von Wald)

Die Bewertung der einzelnen Kriterien kann dabei beispielsweise nach einem Punktesystem von 1 bis 10 erfolgen. Bei der Bewertung sollten so viele verschiedene Standpunkte und Perspektiven berücksichtigt werden wie möglich, um eine balancierte Bewertung zu erreichen.

Auch dieser Schritt findet weitgehend auf der lokalen Ebene statt. Existieren keine Erfahrungswerte mit einer der Möglichkeiten, sollte Rat bei einer neutralen, übergeordneten Stelle gesucht werden.

⁸ Damit sind die 17 Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen gemeint.

4.4 Schritt 4: Vorauswahl des technisch-wirtschaftlichen Potenzials

Auf Basis der Bewertungsmatrix aus dem 3. Schritt kann nun eine Vorauswahl der Möglichkeiten getroffen werden. Anhand des gewählten Punktesystems kann eine Skala erstellt werden, die beispielsweise Noten von 1 bis 6 verteilt. Hierbei bietet es sich an, besonders wichtige Faktoren mit einer stärkeren Gewichtung in die Notenvergabe einfließen zu lassen. Auch ist die Notenvergabe lediglich als Anzeichen für die Eignung einer Möglichkeit zu verstehen. Erfahrungswerte und Fachkunde sollten hier ebenfalls berücksichtigt werden.

Ziel ist es, die vielversprechendsten Maßnahmen oder Kombinationen aus Maßnahmen zu identifizieren, die anschließend quantitativ untersucht werden sollen.

Da die Stakeholder, die schlussendlich die Verantwortung für die getroffenen Maßnahmen tragen, meist auf der lokalen Ebene angesiedelt sind, findet dieser Schritt dort statt. Wenn die vorhandene Fachkunde nicht zur Bewertung einer oder mehrerer Möglichkeiten ausreicht, ist externe Beratungsleistung hinzuzuziehen.

4.5 Schritt 5: Quantifizierung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials

An dieser Stelle des Energieplanungsprozesses geht es um die quantitative Untersuchung des bereits eingegengten Pools an möglichen Lösungen. Hierbei muss zum einen das technische Potenzial einer Technologie unter den konkreten lokalen Rahmenbedingungen bestimmt werden. Zum anderen muss das wirtschaftliche Potenzial über die gesamte zu erwartende Lebensdauer bestimmt werden, wobei neben Investitionskosten auch Betriebs- und Brennstoffkosten zu berücksichtigen sind. Da Kommunen in den seltensten Fällen selbst über die Ressourcen und Kompetenzen für eine solche Quantifizierung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials von verschiedenen Möglichkeiten der Energieversorgung verfügen, sollte dieser Schritt des Leitfadens im Wesentlichen im Bereich übergeordneter Stellen erfolgen, um auf deren zentralisiertes Know-how zurückgreifen zu können. In Frage kommen hier insbesondere die Energieagenturen der Länder und des Bundes sowie Energieberatungen.

Ziel ist es, im nächsten Schritt die Auswahl einer optimalen Maßnahmenkombination zu ermöglichen.

Ein wichtiger Einflussfaktor sind die Annahmen bezüglich der Entwicklung von Energiepreisen, die in das Optimierungsmodell einfließen. Da eine Vorhersage der Energiepreise, zudem für tägliche oder noch kürzere Intervalle, unmöglich ist, sollten verschiedenen Preis- und Marktszenarien synthetisiert werden, die beispielsweise die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff auf dem Weltmarkt widerspiegeln. Auf diese Weise ist es möglich, den Einfluss unterschiedlicher Preisentwicklungen auf die optimale Maßnahmenkombination zu untersuchen.

4.6 Schritt 6: Festlegung der optimalen Variante

Im Anschluss an die Bestimmung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials im letzten Schritt kann nun die Festlegung der optimalen Maßnahmenkombination für die Erfüllung der zukünftigen Versorgungsaufgabe erfolgen. Hierbei liegt die Entscheidung im Rahmen der Daseinsvorsorge letztlich bei der Kommune. Übergeordnete und beratende Stellen können bei Unklarheiten herangezogen werden.

Ziel ist es, die optimale Maßnahmenkombination zur Erfüllung der zukünftigen Versorgungsaufgabe zu identifizieren, die anschließend durch die Betreiber von Energienetzen und energietechnischen Anlagen in Planungsprozesse überführt werden können.

Die Bewertung der Maßnahmen kann auf Basis der technischen und vor allem wirtschaftlichen Parameter beispielsweise durch eine Notenskala oder ein einfaches Ranking erfolgen. Die Formulierung von Bewertungskriterien hängt dabei unter anderem auch von lokalen und regionalen Randbedingungen ab. Einige Kriterien, die aber stets berücksichtigt werden sollten, sind:

- Technische Eignung,
- Wirtschaftliche Eignung über die Lebensdauer,
- Kosten der Restemissionen während und nach der Transformation,

- Kongruenz mit übergeordneten Plänen,
- Nutzungskonflikte und Mehrfachnutzungspotentiale im Bereich der Raum- und Ressourcennutzung.⁹

Bei der Bewertung ist auch zu berücksichtigen, dass keine Lösung alle Anforderungen vollständig erfüllen wird. Es gilt daher, auf Basis der technischen und wirtschaftlichen Kennzahlen, plausiblen Abschätzungen für Randbedingungen und nicht zuletzt Erfahrungswerten der beteiligten Akteure die Lösung zu bestimmen, die Zielkonflikte möglichst minimiert. Die Lösung der zukünftigen Versorgungsaufgabe wird daher stets aus einer Kombination mehrerer Technologien bestehen.

Es ist denkbar, dass verschiedene Maßnahmenkombinationen gleich gut bewertet und keine eindeutig beste Lösung identifiziert werden kann. In diesem Fall stehen grundsätzlich zwei Ansätze für die Identifikation einer eindeutigen Lösung zu Verfügung. Zum einen kann für jede der in Frage kommenden Maßnahmenkombinationen im nächsten Schritt des Leitfadens ein Planungsprozess durchgeführt werden, die die technischen und wirtschaftlichen Aspekte der Maßnahmen konkretisiert und so differenziert. Zum anderen können die Anzahl und Art der Annahmen, die für jede Maßnahme getroffen wurden, herangezogen werden, um die einzelnen Maßnahmen weiter zu differenzieren.

4.7 Schritt 7: Planung der Energienetze

Zuletzt wird die ausgewählte Maßnahmenkombination in klassische Planungsprozesse von Energieversorgungsnetzen, Anlagen und Prozessen zwischen einzelnen Sektoren überführt. Für diese verfügen die meisten lokalen Stakeholder bereits über umfangreiche Erfahrungswerte und Partnerschaften, sodass diese hier nicht weiter behandelt werden. Insbesondere bei den Partnerschaften ist eine erhöhte Kooperationsbereitschaft wichtig, da gegebenenfalls unterschiedliche Daten zur Planung benötigt werden. Es darf kein Wettbewerbsnachteil entstehen. Zudem sollten Flächennutzungskonflikte zwischen den Akteuren ausgeschlossen oder gelöst werden.

Wurden im vorherigen Schritt mehrere Maßnahmenkombinationen gleich bewertet, können die konkreten Planungsprozesse in diesem Schritt verwendet werden, um eine eindeutig beste Lösung zu finden.

4.8 Zyklische Überprüfung

Naturgemäß unterliegen die Rahmenbedingungen der Energieversorgung Schwankungen, die nur bedingt vorhersehbar sind. Daher muss der hier vorgestellte Prozess iterativ abgewickelt werden, wobei insbesondere veränderte Randbedingungen der Potenzialermittlung zügig nachgeführt werden müssen. Eine gründliche Risikoanalyse im 2. Schritt hilft bei der Bewertung der möglichen Auswirkungen, die von externen Veränderungen ausgehen. Während z. B. Abweichungen von der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung geringe Auswirkungen auf die Auswahl des optimalen Technologiemix haben, könnte die Ansiedlung eines Industriebetriebs mit großem Abwärmepotenzial die optimale Lösung zur Wärmeversorgung maßgeblich verändern.

⁹ Hierzu vertiefend unter: [SyKonaS, Akteurskonflikten in der Energiewende gegensteuern: Impulse für die Instrumentenentwicklung, 2024.](#)

5 Resümee

Die spartenübergreifende Planung kommunaler Energiesysteme ist weitaus komplexer als die ebenfalls bereits aufwendige spartenweise Planung. Die Ansatzpunkte aus diesem Leitfaden ermöglichen kommunalen Entscheidungsträgern eine strukturierte Herangehensweise für eine ganzheitliche Energieplanung. Der Prozess wird dabei nicht weniger komplex, jedoch weniger kompliziert.

Neben allen technischen, organisatorischen und wirtschaftlichen Aspekten stehen drei Grundvoraussetzungen heraus, die für eine erfolgreiche spartenübergreifende Planung erforderlich sind:

1. Akzeptanz: Zu Beginn der Energieplanung ist es wichtiger, alle relevanten lokalen Akteure zusammenzuführen, die alle Belange in der Gemeinde in den Planungsprozess einbringen können. Hierbei müssen auch jene Stakeholder eingebunden werden, die den notwendigen Transformationsprozessen skeptisch gegenüberstehen oder diese gänzlich ablehnen.
2. Zeitpunkt: Der Erfolg der Energieplanung hängt maßgeblich vom richtigen Zeitpunkt der Planung ab. Bei neuen Bauprojekten bietet sich eine Energieplanung im Vorfeld an. Bei der Transformation im Bestand ist der richtige Zeitpunkt hingegen nicht immer offensichtlich – eine umfassende Betrachtung der bestehenden Projekte, Pläne und Prognosen hilft den Planungsverantwortlichen jedoch, den richtigen Zeitpunkt für eine Energieplanung zu finden.
3. Kontinuität: Die Energieplanung ist ein langfristiger Prozess, sodass sich die beteiligten Personen erwartbar im Laufe der Zeit ändern. Erfahrungsgemäß ist allerdings förderlich, wenn es mindestens eine Person gibt, die einen langfristigen Prozess wie die Energieplanung dauerhaft begleitet, sodass Erwägungen und Entscheidungsgründe über die schriftliche Dokumentation hinaus erhalten bleiben. Eine solche Stelle kann wegen des langfristigen Charakters gut bei der Kommune selbst oder zentralisiert beispielsweise auf Landkreisebene angesiedelt sein.

Die existierenden Regelungen aus dem Wärmeplanungsgesetz und § 14d EnWG zur Planung des Verteilernetzbaus können ein rechtliches Grundgerüst für eine zukünftige spartenübergreifende Energieplanung darstellen. Kommunen und planungsverantwortlichen Stellen können dabei bereits im Wärmeplanungsprozess nach den Empfehlungen in diesem Leitfaden andere Energiesektoren und Infrastrukturen ganzheitlich einbeziehen und berücksichtigen. Letztlich kann die Energieplanung als eine Ergänzung zur Wärmeplanung gesehen werden, um weitere Effizienz- und Nachhaltigkeitspotentiale in anderen Energiesektoren heben zu können.

Auf der technischen Seite des Energieplanungsprozesses muss sichergestellt werden, die lokal verfügbaren Kompetenzen und Kapazitäten optimal zu nutzen. Gleichzeitig müssen von Beginn an mögliche Einschränkungen und Hindernisse im Planungsprozess identifiziert werden, sowohl bei den Entscheidungsträgern als auch bei den ausführenden planungsverantwortlichen Stellen. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. Abbildung 5-1 visualisiert nochmals den spartenübergreifenden Planungsprozess der Energieplanung in einzelnen Schritte und der möglichen Ausführungsebenen. Diese können je nach geltender Gesetzgebung und möglicher Erweiterung des WPG auf anderen Energiesparten, je nach Bundesland, Landkreis und Kommune auch anders strukturiert sein.

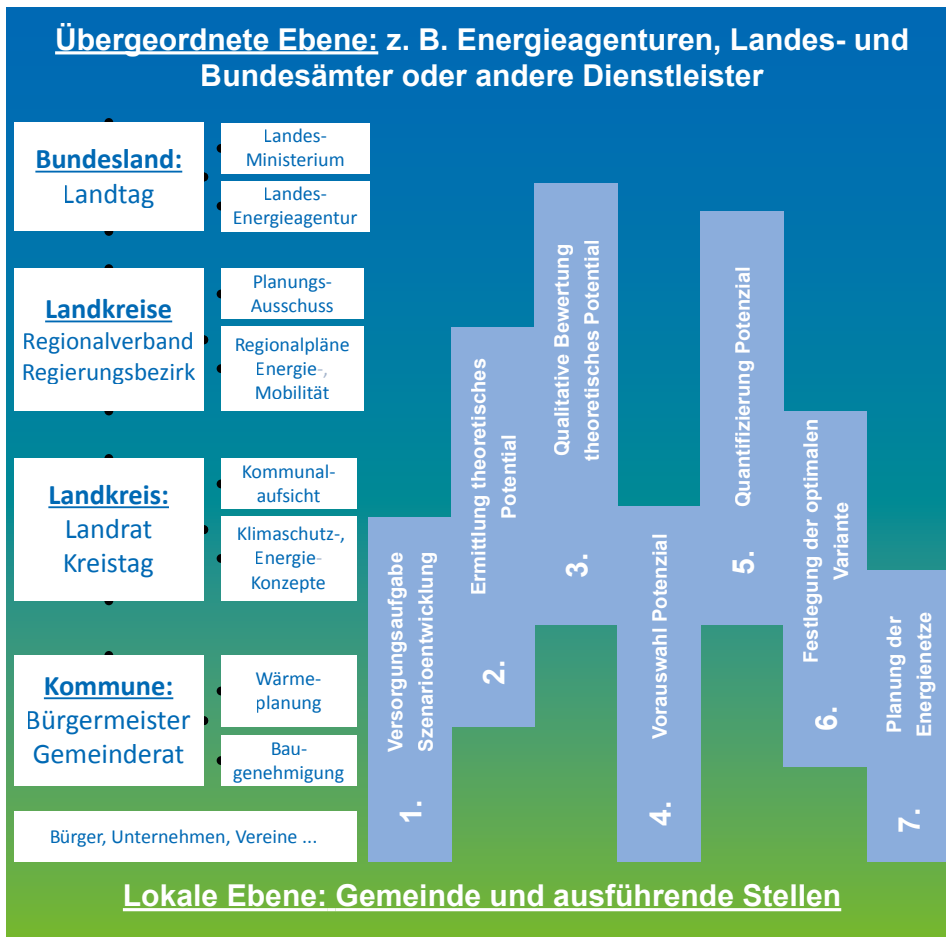


Abbildung 5-1: Visualisierung der Prozessschritte des Leitfadens und der ausführenden Ebenen

Die Unterscheidung in lokale und übergeordnete Ebene soll sicherstellen, dass für alle Aufgaben und Themenbereiche, die die lokalen Ressourcen überschreiten, frühzeitig externe Unterstützung arrangiert werden kann. Darüber hinaus können die Gemeinde und die ausführenden oder planungsverantwortlichen Stellen rechtzeitig zusätzlichen Personalbedarf ableiten, um beispielsweise wiederkehrende Aufgaben selbst bearbeiten zu können.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass eine zukünftige spartenübergreifende Planung von Energiesystemen es den Kommunen ermöglicht, eine nachhaltige und effiziente Energiezukunft zu gestalten, indem sie die Zusammenarbeit aller relevanten Akteure fördert, den richtigen Zeitpunkt für notwendige Transformationen identifiziert und die Kontinuität der Planungsprozesse gewährleistet. Dies kann ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu einer zukunftsfähigen und resilienten kommunalen Energieversorgung werden.

Anhang A

Umsetzung anhand eines hypothetischen Beispiels

Anhang A.1 Zielsetzung und Ausgangslage

Dieses hypothetische Beispiel vermittelt den Ablauf des Leitfadens zur spartenübergreifenden Planung anhand der stark vereinfachten, fiktiven Gemeinde „Spartenhausen“. Das Beispiel umfasst die Schritte 1-6 des Leitfadens. Da keine Infrastruktur-Planungen betrachtet werden, werden nur Jahresenergiesummen und Spitzenlasten berücksichtigt.

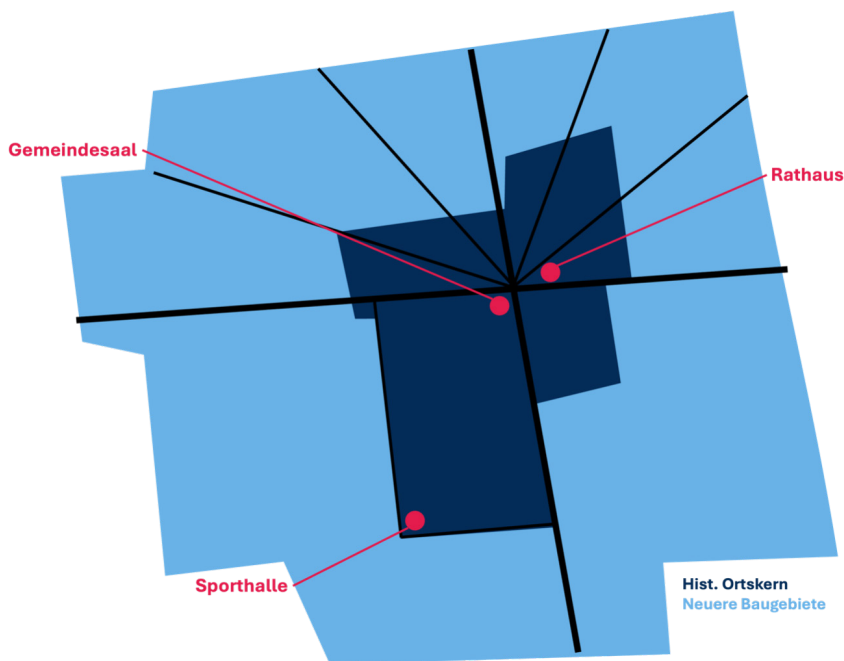


Abbildung A1: Schematische Darstellung von Spartenhausen

Der Ort Spartenhausen hat 2500 Einwohner, die in 1000 Gebäuden leben. Es gibt ein Rathaus, in dem auch die Ortsbücherei untergebracht ist, ein Dorfgemeindehaus und eine Sporthalle. Weitere Sonderbauten sind nicht vorhanden. Neben 4 kleinen Gewerbebetrieben des täglichen Bedarfs gibt es 12 landwirtschaftliche Betriebe mittlerer Größe. Die Bebauungsstruktur besteht aus einem eng bebauten, teils historischen Ortskern und verschiedenen Wohngebieten, die zwischen 1900 und heute errichtet wurden. Abbildung A1 zeigt eine schematische Abbildung der Gemeinde. Der Gebäudebestand, die Neubau- und Sanierungsrate sowie die demographische und soziale Struktur der Gemeinde entsprechen dem Bundesdurchschnitt. Die Gemeinde betreibt zudem eine Grünabfallsammelstelle. Energieintensive Gewerbe- oder Industriebetriebe existieren nicht.

Die bestehende Infrastruktur umfasst ein Stromnetz, ein Gasnetz und ca. 20 km öffentlicher Straßen. Das Stromnetz ist im Eigentum der Gemeindewerke, in mittlerem bis guten Ausbauzustand und stößt bisher noch nicht an seine Belastungsgrenze. Es umfasst 9 Ortsnetzstationen mit 400-kVA-Transformatoren, ca. 10 km Mittelspannungsleitungen mit 50 % Kabelanteil und ca. 20 km Niederspannungsleitungen mit ebenfalls 50 % Kabelanteil. Das Gasnetz ist im Eigentum eines regionalen Gasnetzbetreibers und versorgt 700 Gebäude mit Gas. Ein Wärmenetz und öffentliche Ladeinfrastruktur existieren nicht.

Auf den Wohn- und Gewerbegebäuden existieren heute 300 Aufdach-PV-Anlagen, auch jedes Sondergebäude verfügt über eine große PV-Anlage mit 50 kWp. Weitere Erzeugungsanlagen sind nicht vorhanden. Speicher sind ebenfalls nicht vorhanden.

Im Ort existieren 1500 PKW, von denen bisher 100 Stück batterieelektrisch sind. Zusätzlich dazu verfügt jeder landwirtschaftlicher Betrieb über mehrere Landmaschinen, Transporter und mittlere Nutzfahrzeuge. Handwerks- und Handelsbetriebe fügen weitere 50 leichte Nutzfahrzeuge hinzu. Zusätzlich zu den 700 mit Gas beheizten Gebäuden werden 200 Gebäude mit Ölheizungen und 100 Gebäude mit Wärmepumpen beheizt.

Die Erzeugungspotenziale auf dem Gebiet der Gemeinde auf weitere Aufdach-PV-Anlagen, Freiflächen-PV, Agri-PV, Bioenergie und oberflächennahe Geothermie begrenzt. Die Gemeinde besitzt zudem 35 ha Wald, der zu 50 % durch die Gemeinde bewirtschaftet wird.

Anhang A.2 Vorgegebenes Nachfrageszenario (Schritt 1)

Für dieses Beispiel wird das Szenario für die Versorgungsaufgabe vorgegeben, um einen definierten Ausgangspunkt betrachten zu können (Schritt 1 des Leitfadens). Zusätzlich zu der bestehenden Versorgungsaufgabe sind folgende Erweiterungen oder Veränderungen vorgesehen:

- Elektrifizierung von 80 % der Verbrenner-PKW und 80 % der Verbrenner-NFZ
- Deckung des Wärmebedarfs der 900 fossil beheizten Gebäude aus erneuerbaren Quellen, da der Gasnetzbetreiber bei Verlust von Kunden das gesamte Ortsnetz stilllegen wird
- Öffentliche Ladeinfrastruktur mit jeweils 4 Ladeplätzen mit je 50 kW am Dorfgemeindehaus und der Sporthalle

Die folgenden Tabellen geben die Datenbasis für Wärme- und Strombedarf für die weiteren Untersuchungen wieder. Die Werte basieren auf der dena-Leitstudie „Integrierte Energiewende“ aus dem Jahr 2018 und wurden zur Vereinfachung gerundet und mit Erfahrungswerten ergänzt. Der Wärmebedarf und tatsächliche Energiebedarf der Gebäude unterscheidet sich je nach Energieträger, da die Heizsysteme verschiedene Wirkungsgrade aufweisen (siehe Tabelle A3).

Tabelle A1: Gebäudestruktur und thermische Kennwerte der Gebäude

Gebäudeklasse	Anzahl	Beheizte Fläche in m ²	Spezifischer Wärmebedarf 2024 in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$	Spezifischer Wärmebedarf 2050 in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$
Wohngebäude (WG)	1000	150	153	89
Nichtwohngebäude (NWG)	16	275	110	110

Tabelle A2: Stromverbrauch Gebäude und Fahrzeuge

Gebäudeklasse	Stromverbrauch 2050 in $\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{a}}$
Wohngebäude (Geräte und Anlagen)	3000
Nichtwohngebäude (Geräte und Anlagen)	10000
PKW (14.000 $\frac{\text{kWh}}{\text{a}}$)	3000
Leichte NFZ (14.000 $\frac{\text{kWh}}{\text{a}}$)	4500

Tabelle A3: Gewichteter Mittelwert der Endenergie-Aufwandszahlen für 2050

Gebäudeklasse	Gas	Öl	Holz	Fernwärme	Strom (WP)
Wohngebäude	1,12	1,12	1,27	1,11	0,32
Nichtwohngebäude	1,10	1,10	1,27	1,11	0,33

Ohne Berücksichtigung der Endenergie-Aufwandszahlen ergibt sich folgender Strom- und Wärmebedarf für das Zieljahr 2050:

- Strom (mit Elektromobilität): 7,37 GWh
- Wärme: 13,9 GWh, davon 13,4 GWh für WG (13,4 MWh pro WG) und 0,484 GWh für NWG (30,3 MWh pro NWG)

Anhang A.3 Arbeitsschritte des Leitfadens

Schritt 2: Ermittlung des theoretischen Potentials

Übersicht

In diesem Abschnitt wird das theoretische Potenzial zur Erbringung der zuvor definierten Versorgungsaufgabe erörtert. Um das Beispiel praktikabel zu halten, wird das Spektrum der Optionen absichtlich stark eingeschränkt. Die Potenziale werden dabei nach Energieerzeugung (Strom, Wärme, Gas, Wasserstoff), Energiespeicherung (Batteriespeicher, Gasspeicher), Infrastruktur (Stromnetz, Wärmenetz, Gasnetz, Wasserstoffnetz) sowie Flexibilitäten unterschieden (siehe Tabelle A4).

Tabelle A4: Technologieoptionen für fiktives Beispiel

Stromerzeugung	Wärmeerzeugung	Gaserzeugung
<ul style="list-style-type: none"> • Aufdach-PV WG • Aufdach-PV NWG • Freiflächen-PV (3 ha) • Agri-PV (10 ha) • Bioenergie (max. 1 MW_e) 	<ul style="list-style-type: none"> • Luft-Wasser-Wärmepumpe • Direktelektrische Heizung • Holzheizung • Wasserstoff • Vorgelagertes Wärmenetz • Oberflächennahe Geothermie • Biomasse mit Wärmenetz (max. 2,5 MW_{th}) 	<ul style="list-style-type: none"> • Biogaseinspeisung (Methan) • Elektrolyse (Wasserstoff)
Infrastruktur	Energiespeicher	Flexibilität
<ul style="list-style-type: none"> • Stromnetzausbau • Gasnetzausbau • Gasnetzkonversion (Methan zu H₂) • Wärmenetzaufbau 	<ul style="list-style-type: none"> • Klein-Batteriespeicher (i.V.m. Aufdach-PV) • Groß-Batteriespeicher (i.V.m. mit Freiflächen-PV) • Gasspeicher (i.V.m. Biogaserzeugung) 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexible Batteriespeicher • Bidirektionales Laden

Schritt 3: Qualitative Bewertung des theoretischen Potentials

Bewertungskriterien

In diesem Abschnitt werden die 24 zuvor ermittelten theoretischen Optionen qualitativ nach den folgenden Kriterien bewertet.

- 1) Technisches Potenzial (in Bezug auf den erwarteten Verbrauch)
- 2) Wirtschaftliches Potenzial
- 3) Akzeptanz und Innovationsbereitschaft in der Bevölkerung
- 4) Regulatorische Rahmenbedingungen
- 5) Technologiereife und Technologievertrauen
- 6) Lokale Nutzungskonflikte
- 7) Personelle Umsetzbarkeit
- 8) Implikationen für Infrastrukturkosten
- 9) Mögliche Sektorenkopplung

Die Bewertung erfolgt auf einer fünfstufigen Skala von „--“ (sehr negative Auswirkungen, enorme Herausforderungen) bis „++“ (sehr positive Auswirkungen, keine Herausforderungen). Potenziale, auf die ein Bewertungskriterium nicht anwendbar ist, sind mit „/“ gekennzeichnet.

Der Bewertung liegen die persönliche Einschätzung und Erfahrungswerte der Autoren zu Grunde. Sie ist nicht allgemeingültig zu sehen, sondern stellt eine beispielhafte Bewertung dar.

Bewertungsmatrix

Tabelle A5: Bewertungsmatrix zur qualitativen Bewertung des theoretischen Potenzials

	Bezeichnung	Technisches Potenzial	Wirtschaftliches Potenzial	Akzeptanz und Innovationsbereitschaft	Regulatorischer Rahmen	Technologiereife und -vertrauen	Lokale Nutzungskonflikte	Personelle Umsetzbarkeit	Implikationen für Infrastrukturkosten	Mögliche Sektorenkopplung	Note (1-5)
Stromerzeugung	Aufdach-PV Wohngebäude	++	++	+	++	++	++	++	-	-	2
	Aufdach-PV Nichtwohngebäude	++	++	++	++	++	++	++	○	-	2
	Freiflächen-PV	++	++	○	++	++	+	++	○	-	2
	Agri-PV	○	++	○	+	○	○	++	○	-	3
	Biogas-Stromerzeugung	+	○	+	++	++	+	++	○	++	2
Wärmeerzeugung	Luft-Wasser-Wärmepumpe (D)	++	+	○	++	+	++	+	○	-	2
	Direktelektrische Heizung (D)	-	○	○	++	+	++	++	-	-	3
	Holzheizung (D)	+	+	+	++	++	+	++	++	-	2
	Wasserstoffbrennwerttherme (D)	-	--	○	○	-	++	+	-	○	3
	Vorgelagertes Wärmenetz (Z)	--	--	-	++	++	++	+	-	○	3
	Oberflächennahe Geothermie (Z)	○	○	-	+	++	++	++	-	-	3
	Biomasseverwertung (Z)	+	+	+	++	++	+	++	-	++	2
	Biogaseinspeisung	○	-	○	++	++	++	++	++	++	2
	Wasserstoffherzeugung	-	--	-	-	-	○	+	-	+	4
Speicher	Klein-Batteriespeicher	++	+	+	++	++	++	++	-	-	2
	Groß-Batteriespeicher	++	++	+	++	+	++	++	○	-	2
	Gasspeicher	+	+	++	++	++	++	++	+	○	2
Infrastruktur	Stromnetzausbau	++	+	+	++	++	++	+	/	/	1
	Gasnetzausbau	○	--	○	++	++	++	+	/	/	2
	Gasnetzkonvertierung	+	-	○	○	-	++	+	/	/	3
	Wärmenetzaufbau	++	-	-	++	++	++	+	/	/	2
Flexibilität	Flexible Batteriespeicher	++	++	+	○	○	++	++	++	/	2
	Bidirektionales Laden	+	++	○	○	○	++	++	++	/	2

Schritt 4: Vorauswahl des technisch-wirtschaftlichen Potenzials

Auf Basis der Bewertungen in Tabelle A4 wird für jede Option eine Note zwischen 1 (sehr gut) und 5 (mangelhaft) durch Mittelwertbildung vergeben. Da bei der Vorauswahl des theoretischen Potenzials gänzlich fernliegende Optionen wie Fusionskraftwerke nicht berücksichtigt wurden, liegen die vergebenen Noten in diesem Fall im Bereich von 1–4.

Für die Auswahl einer geeigneten Maßnahmenkombination müssen die Bereiche Energieerzeugung (Strom, Wärme, Gase, ...), Speicher, Infrastruktur und Flexibilität abgedeckt werden. In diesem Beispiel werden stromfokussierte Maßnahmen insgesamt besser bewertet als biogene oder gasbasierte Maßnahmen. Es werden daher zwei Maßnahmenkombinationen gebildet, deren technisch-wirtschaftliches Potenzial ermittelt wird (siehe Tabelle A6). Diese Vorauswahl betrifft dabei nur Neuanlagen, Bestandsanlagen und bereits projektierte Vorhaben werden in der Quantifizierung berücksichtigt. Die Entscheidung über eine Vorauswahl kann z. B. im Rahmen eines Bürgerforums erfolgen.

Tabelle A6: Vorauswahl des technisch-wirtschaftlichen Potenzials

Kombination 1 „Konventionell“	Kombination 2 „Innovativ“
<ul style="list-style-type: none"> • Aufdach-PV 10 kW (weitere 300) • Biogas-Stromerzeugung • Luft-Wasser-Wärmepumpe (500 Gebäude) • Holzheizung (400 WG + 16 NWG) • Klein-Batteriespeicher 10 kWh (500) • Stromnetzausbau (30 %) • Flexible Batteriespeicher¹⁰ 	<ul style="list-style-type: none"> • Freiflächen-PV • Agri-PV • Wärmepumpe (900 WG + 16 NWG) • Groß-Batteriespeicher (T=1h für FF-PV) • Stromnetzausbau (70 %) • Flexibler Batteriespeicher¹⁰ • Bidirektionales Laden¹¹

Schritt 5: Quantifizierung des technisch-wirtschaftlichen Potenzials

In diesem Schritt werden für beide Varianten Energiekennzahlen, Investitionskosten und jährliche Betriebskosten bestimmt. Dabei werden allerdings nur die Kosten berücksichtigt, die mit den ausgewählten Maßnahmen verbunden sind (siehe Tabelle A7). Alle Kosten für Maßnahmen, die im Szenario vorausgesetzt werden (z. B. Sanierung, Elektromobilität), werden als Sowieso-Kosten nicht berücksichtigt. Die Tabellen A8–A9 geben die relevanten energetischen und Kostenparameter an. Alle Kosten in € 2025 und ohne Verzinsung.

Tabelle A7: Kostenannahmen

Technologie	Parameter
Wärmepumpen	Investitionskosten pro Stück: 25.000 € Wärmepumpenstrompreis: 0,27 €/kWh
Photovoltaik	Volllaststunden: 1000 h Aufdach-PV Investitionskosten: 927 €/kW Freiflächen- und Agri-PV Investitionskosten: 780 €/kW Freiflächen- und Agri-PV Betriebskosten: 15 €/(kW a)
Biogasverstromung	Investitionskosten: 2400 €/kW Betriebskosten: 120 €/(kW a)
Holzheizung	Investitionskosten im WG: 7500 € Investitionskosten im NWG: 15000 € Brennholzpreis: 0,059 €/kW
Batteriespeicher	Investitionskosten Klein-Batteriespeicher: 1000 €/kWh Investitionskosten Groß-Batteriespeicher: 550 €/kWh
Netzausbau	Netzausbaukosten (Mittelwert): 85.000 €/km Anteil des zusätzlich auszubauenden Netzes „Konventionell“: 40 % Anteil des zusätzlich auszubauenden Netzes „Innovativ“: 70 %
Strompreis	Allgemeiner Strompreis: 0,36 €/kWh

¹⁰ Flexible Batteriespeicher ermöglichen die vollständige Nutzung der Eigenstromerzeugung in der Gemeinde.

¹¹ Bidirektionales Laden ermöglicht eine Einsparung von 10 % beim Stromnetzausbau (pauschale Annahme).

Tabelle A8: Kosten der Maßnahmenkombination „Konventionell“

Maßnahme	Berechnungen
Wärmepumpen	$CAPEX = 500 \cdot 25.000 \text{ €} = 12,5 \text{ Mio. €}$ Stromverbrauch: $E = 500 \cdot 13,4 \text{ MWh} \cdot 0,32 = 2,14 \text{ GWh}$ $OPEX = 500 \cdot 13,4 \text{ MWh} \cdot 0,32 \cdot 0,27 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 693900 \text{ €/a}$
Stromverbrauch	Stromverbrauch inkl. Wärmepumpen: 9,51 GWh Stromlücke nach Bestands-PV: 9,51 GWh – 2,4 GWh = 7,11 GWh
Aufdach-PV	$E = 300 \cdot 10 \text{ kW} \cdot 1000 \text{ h} = 3 \text{ GWh}$ $CAPEX = 300 \cdot 10 \text{ kW} \cdot 927 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 2,8 \text{ Mio. €}$ Verbleibende Stromlücke: 7,11 GWh – 3 GWh = 4,11 GWh
Biogas-Stromerzeugung	Zur Schließung der verbleibenden Stromlücke: $P = 590 \text{ kW}$ $CAPEX = 590 \text{ kW} \cdot 2.400 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 1,4 \text{ Mio. €}$ $OPEX = 590 \text{ kW} \cdot 120 \frac{\text{€}}{\text{kWh-a}} \approx 70.000 \text{ €/a (exkl. Brennstoffe)}$
Holzheizung Wohngebäude	$CAPEX = 400 \cdot 7.500 \frac{\text{€}}{\text{Anlage}} = 3 \text{ Mio. €}$ $OPEX = 400 \cdot 13,4 \text{ MWh} \cdot 1,27 \cdot 0,059 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 400.000 \text{ €/a}$
Holzheizung Nichtwohngebäude	$CAPEX = 16 \cdot 15.000 \text{ €} = 240.000 \text{ €}$ $OPEX = 16 \cdot 30,3 \text{ MWh} \cdot 1,27 \cdot 0,059 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 36.000 \text{ €/a}$
Klein-Batteriespeicher	$CAPEX = 500 \cdot 10 \text{ kWh} \cdot 1000 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 5 \text{ Mio. €}$
Netzausbau Strom	$CAPEX = 40 \% \cdot 30 \text{ km} \cdot 85.000 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 1 \text{ Mio. €}$
Gesamt	$CAPEX \approx 26 \text{ Mio. €}$ $OPEX \approx 1,2 \text{ Mio. €/a}$

Tabelle A9: Kosten der Maßnahmenkombination „Innovativ“

Maßnahme	Berechnungen
Wärmepumpen	$CAPEX = 900 \cdot 25.000 \text{ €} = 22,5 \text{ Mio. €}$ Stromverbrauch: $E = 900 \cdot 13,4 \text{ MWh} \cdot 0,32 = 3,96 \text{ GWh}$ $OPEX = 900 \cdot 13,4 \text{ MWh} \cdot 0,32 \cdot 0,27 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 1 \text{ Mio. €/a}$
Stromverbrauch	Stromverbrauch inkl. Wärmepumpen: 11,23 GWh Stromlücke nach Bestands-PV: 11,23 GWh – 2,4 GWh = 8,83 GWh
Freiflächen-PV	$E = 3 \text{ ha} \cdot 1 \frac{\text{MW}}{\text{ha}} \cdot 1000 \text{ h} = 3 \text{ GWh}$ $CAPEX = 3 \text{ MW} \cdot 780 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 2,3 \text{ Mio. €}$ $OPEX = 3 \text{ MW} \cdot 15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 45.000 \text{ €/a}$ Verbleibende Stromlücke: 8,83 GWh – 3 GWh = 5,83 GWh
Agri-PV	$E = 10 \text{ ha} \cdot 0,5 \frac{\text{MW}}{\text{ha}} \cdot 1000 \text{ h} = 5 \text{ GWh}$ $CAPEX = 5 \text{ MW} \cdot 780 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 3,9 \text{ Mio. €}$ $OPEX = 5 \text{ MW} \cdot 15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 75.000 \text{ €/a}$ Verbleibende Stromlücke: 5,83 GWh – 5 GWh = 0,83 GWh
Einkauf Reststrommenge	$OPEX = 0,83 \text{ GWh} \cdot 0,36 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 300.000 \text{ €/a}$
Groß-Batteriespeicher	$CAPEX = 3 \text{ MWh} \cdot 550 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 1,7 \text{ Mio. €}$
Netzausbau Strom	$CAPEX = (70 \% - 10 \%) \cdot 30 \text{ km} \cdot 85.000 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \approx 1,5 \text{ Mio. €}$
Gesamt	$CAPEX = 31,9 \text{ Mio. €}$ $OPEX = 1,4 \text{ Mio. €/a}$

Schritt 6: Festlegung der optimalen Variante

Auf Basis der—in diesem Beispiel stark eingeschränkten—Bewertungskriterien wird die konventionelle Maßnahmenkombination als optimale Variante ausgewählt. Die Kosten der konventionellen Maßnahmenkombination liegen auf 25 Jahre betrachtet 11 Mio. € unter den Kosten der innovativen Maßnahmenkombination (innovativ: 66,9 Mio. €, konventionell: 56 Mio. €, alle Werte €₂₀₂₅). Kosten der Sowieso-Maßnahmen (z. B. Sanierungen, E-Mobilität) und laufende Kosten der Geräte und Anlagen (z. B. Haushaltsgeräte), die nicht direkt mit Energietechnik in Verbindung stehen, sind darin nicht berücksichtigt.

Diese Variante kann nun klassischen Planungsprozessen für Energienetze zugeführt werden. Dabei ist weiterhin eine zyklische Überprüfung der Voraussetzungen und Randbedingungen erforderlich.

Anhang A.4 Diskussion des Beispiels

Das vorliegende Beispiel veranschaulicht den Ablauf und die Vorgehensweise dieses Leitfadens auf abstrakter Ebene. Für die Anwendung in der kommunalen Energieplanung müssen in allen Bereichen Daten konkretisiert, ergänzt und plausibilisiert werden.

Trotz des absichtlich stark eingeschränkten Szenarios sowie der geringen Anzahl Maßnahmen und Bewertungskriterien erwies sich die Erstellung dieses Beispiels als komplex. Dies verdeutlicht den Anspruch, aber auch die Grenzen dieses Leitfadens. Die Erstellung einer Energieleitplanung für eine Gemeinde wird durch Anwendung des Leitfadens nicht weniger komplex, sondern durch eine strukturierte Herangehensweise weniger kompliziert.

In der praktischen Anwendung ist es über die reine Notenvergabe hinaus zu empfehlen, zwischen erforderlichen und hinreichenden Kriterien zu unterscheiden. Im vorliegenden Beispiel haben die Heizoptionen „Vorgelagertes Wärmenetz“ und „Direktelektrische Heizung“ die gleiche Note, da die Bewertungskriterien gleichgewichtet in die Note einfließen. Ein vorgelagertes Wärmenetz, an das die Gemeinde angeschlossen werden kann, ist allerdings gar nicht vorhanden, weswegen diese Option in dieser Kategorie auch die schlechteste Bewertung erhielt. Trotzdem führen die allgemeinen Vorteile von Wärmenetzen zu einer mittleren Bewertung. Im konkreten Beispiel hätte die Bewertungskategorie „Technisches Potenzial“ beispielsweise um die Bewertung „Unplausibel“ ergänzt werden können

Über die Energietechnische Gesellschaft im VDE (VDE ETG)

Die Energietechnische Gesellschaft im VDE (VDE ETG) bündelt mit über 9.000 Mitglieder die Fachkompetenz der Energietechnik von der Erzeugung, Übertragung, Verteilung bis hin zu den vielfältigen Anwendungsfeldern. Das umfangreiche Expert*innenwissen der rund 300 ehrenamtlichen Mitarbeiter*innen aus Industrie, Forschung, Versorgungsunternehmen, Hochschulen und Behörden, die in Fachbereichen, Fachausschüssen und Arbeitskreisen mitwirken, bildet die technisch-wissenschaftliche Basis für Veranstaltungen und Publikationen der Energietechnischen Gesellschaft im VDE.

Mehr Informationen unter www.vde.com/etg

Über den VDE

Der VDE, eine der größten Technologie-Organisationen Europas, steht seit mehr als 130 Jahren für Innovation und technologischen Fortschritt. Als einzige Organisation weltweit vereint der VDE dabei Wissenschaft, Standardisierung, Prüfung, Zertifizierung und Anwendungsberatung unter einem Dach. Das VDE Zeichen gilt seit mehr als 100 Jahren als Synonym für höchste Sicherheitsstandards und Verbraucherschutz.

Wir setzen uns ein für die Forschungs- und Nachwuchsförderung und für das lebenslange Lernen mit Weiterbildungsangeboten „on the job“. Im VDE Netzwerk engagieren sich über 2.000 Mitarbeiter*innen an über 60 Standorten weltweit, mehr als 100.000 ehrenamtliche Expert*innen und rund 1.500 Unternehmen gestalten im Netzwerk VDE eine lebenswerte Zukunft: vernetzt, digital, elektrisch.

Wir gestalten die e-diale Zukunft.

Sitz des VDE (VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik und Informationstechnik e.V.) ist Frankfurt am Main. Mehr Informationen unter www.vde.com

VDE Verband der Elektrotechnik
Elektronik Informationstechnik e.V.

Merianstraße 28
63069 Offenbach am Main
Tel. +49 69 6308-0
service@vde.com

VDE