



# Leitfaden Energienutzungsplan



## Impressum

[www.energieatlas.bayern.de](http://www.energieatlas.bayern.de)

Herausgeber: Bayerisches Staatsministerium für  
Umwelt und Gesundheit (StMUG)  
Rosenkavalierplatz 2  
81925 München  
[www.stmug.bayern.de](http://www.stmug.bayern.de)  
[poststelle@stmug.bayern.de](mailto:poststelle@stmug.bayern.de)

Bayerisches Staatsministerium für  
Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT)  
Prinzregentenstraße 28  
80525 München  
[www.stmwivt.bayern.de](http://www.stmwivt.bayern.de)  
[poststelle@stmwivt.bayern.de](mailto:poststelle@stmwivt.bayern.de)

Oberste Baubehörde  
im Bayerischen Staatsministerium des Innern (OBB)  
Franz-Josef-Strauß-Ring 4  
80539 München  
[www.stmi.bayern.de](http://www.stmi.bayern.de)  
[poststelle@stmi-obb.bayern.de](mailto:poststelle@stmi-obb.bayern.de)

fachliche und finanzielle  
Beteiligung: Landkreis München  
vertreten durch das Landratsamt München  
Mariahilfplatz 17  
81541 München  
[www.landkreis-muenchen.de](http://www.landkreis-muenchen.de)  
[poststelle@lra-m.bayern.de](mailto:poststelle@lra-m.bayern.de)

Verfasser: Technische Universität München  
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik  
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Hausladen  
Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik  
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas Hamacher

Gestaltung: Technische Universität München  
Lehrstuhl für Bauklimatik und Haustechnik

Stand: 21. Februar 2011

© StMUG, StMWIVT, OBB, alle Rechte vorbehalten

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Broschüre wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Diese Broschüre wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.



BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung.  
Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter [direkt@bayern.de](mailto:direkt@bayern.de) erhalten Sie  
Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen  
sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen  
Staatsregierung.

# Leitfaden Energienutzungsplan

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b> .....	5
<b>2 Erste Schritte</b> .....	9
2.1 Arbeitsgrundlagen .....	9
2.2 Analyse der Gemeindestruktur - Bearbeitungsraster .....	11
<b>3 Bestands- und Potenzialanalyse</b> .....	13
<b>3.1 Schnelleinstieg</b> .....	13
<b>3.2 Wärme</b> .....	15
3.2.1 Allgemeines .....	15
3.2.2 Methodenübersicht .....	16
3.2.3 Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung .....	18
3.2.4 Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung .....	20
3.2.5 Datenquellen zur gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung .....	27
3.2.6 Temperaturniveaus und Leistung .....	31
<b>3.3 Strom</b> .....	33
<b>3.4 Energieinfrastruktur</b> .....	34
<b>3.5 Energiepotenziale</b> .....	36
3.5.1 Solarenergie .....	36
3.5.2 Biomasse .....	40
3.5.3 Oberflächennahe Geothermie .....	42
3.5.4 Tiefengeothermie .....	43
3.5.5 Abwärme .....	44
3.5.6 Abwasser .....	44
3.5.7 Wind .....	45
3.5.8 Wasser .....	45
<b>4 Konzeptentwicklung</b> .....	46
<b>4.1 Schnelleinstieg - Übersicht</b> .....	46
<b>4.2 Vorgehensweise</b> .....	48
4.2.1 Schritt 1: Wärmenetze oder Einzellösungen? .....	48
4.2.2 Schritt 2: Handlungsbedarf und Handlungsoptionen .....	50
4.2.3 Schritt 3: Entwerfen von Energiekonzepten .....	52
4.2.4 Schritt 4: Energienutzungsplan .....	57
4.2.5 Vertiefte Bewertung von Energiekonzepten .....	59
<b>4.3 Energieeinsparung (verbraucherseitig) - Grundlagen</b> .....	61
4.3.1 Bauliche Maßnahmen .....	61
4.3.2 Nutzerverhalten .....	63
<b>4.4 Effiziente Energieversorgung - Grundlagen</b> .....	64
4.4.1 Wärmenetze .....	64
4.4.2 Koordinierung .....	64
4.4.3 Modernisierung .....	66
<b>4.5 Energieversorgungsanlagen - Grundlagen</b> .....	67
4.5.1 KWK-Anlagen .....	67
4.5.2 Feuerungsanlagen .....	68
4.5.3 Wärmepumpen .....	69



4.5.4 Solarthermische Anlagen .....	70
4.5.5 Stromerzeugungsanlagen .....	70
4.5.6 Zusammenfassende Übersicht .....	72
<b>5 Umsetzung .....</b>	<b>74</b>
<b>5.1 Beschluss des Energienutzungsplans .....</b>	<b>74</b>
<b>5.2 Instrumente auf kommunaler Ebene .....</b>	<b>74</b>
5.2.1 Planungsinstrumente .....	74
5.2.2 Kommunale Förderinstrumente .....	78
<b>5.3 Organisatorische und finanzielle Modelle .....</b>	<b>79</b>
<b>6 Akteursbeteiligung .....</b>	<b>81</b>
<b>6.1 Bürger .....</b>	<b>81</b>
<b>6.2 Energieversorger .....</b>	<b>88</b>
<b>6.3 Weitere wichtige Akteure .....</b>	<b>89</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>90</b>
<b>Abkürzungen und Einheiten .....</b>	<b>94</b>
<b>Quellen- und Literaturverzeichnis .....</b>	<b>95</b>
<b>Abbildungs-, Tabellen-, Flussdiagramm- und Infobox-Verzeichnis .....</b>	<b>103</b>
<b>Anhang .....</b>	<b>106</b>
Anhang 1: Verfahrensbeschreibung Datenschutz .....	106
Anhang 2: Abschlüsse Sanierung .....	107
Anhang 3: Energieinhalte von Energieträgern, Umrechnungsfaktoren und Einheitenvorsätze .....	108
Anhang 4: Laufzettel Vor-Ort-Begehung (Muster) .....	109
Anhang 5: Fragebogen Bürgerumfrage (Muster) .....	110
Anhang 6: Text zur Bürgerinformation im Vorfeld von Datenerhebungsmaßnahmen (Muster) .....	111
Anhang 7: Fragebogen Industriebefragung (Muster) .....	112
Anhang 8: Motivationsschreiben im Vorfeld einer gezielten Befragung von Betrieben .....	116
Anhang 9: Strahlungszonen in Bayern .....	117
Anhang 10: Datenstruktur für Datenbank und GIS.....	118
Anhang 11: Beispiel einer detaillierten Analyse eines möglichen Nahwärmenetzes .....	120



# 1 Einführung

## Was ist ein Energienutzungsplan?

Ein Energienutzungsplan (ENP) ist ein informelles Planungsinstrument für Gemeinden zum Thema Energie. Vergleichbar dem Grundgedanken des Flächennutzungsplans (FNP) in der räumlichen Planung zeigt der Energienutzungsplan ganzheitliche energetische Konzepte und Planungsziele auf. Basis dafür bildet eine Analyse des Ist-Zustands mit einem groben Ausblick auf zu erwartende Entwicklungen. Die Erstellung eines Energienutzungsplans gliedert sich in drei Hauptphasen (Flussdiagramm 1.1):

- Bestands- und Potenzialanalyse
  - Konzeptentwicklung
  - Umsetzung
- begleitend: Akteursbeteiligung

Der räumliche Bezug ist dabei sowohl für die Bestands- und Potenzialanalyse als auch für die Konzeptentwicklung von großer Bedeutung. Nur wenn man weiß, wie Energiebedarf, Energieinfrastruktur und Energiepotenziale sowie mögliche Einsparungen räumlich verknüpft sind, können optimale Lösungen für die nachhaltige Energieversorgung einer Gemeinde gefunden werden. Im Rahmen der Konzeptentwicklung bestehen folgende drei Haupt-Handlungsfelder (Infobox 1.1, S.6):

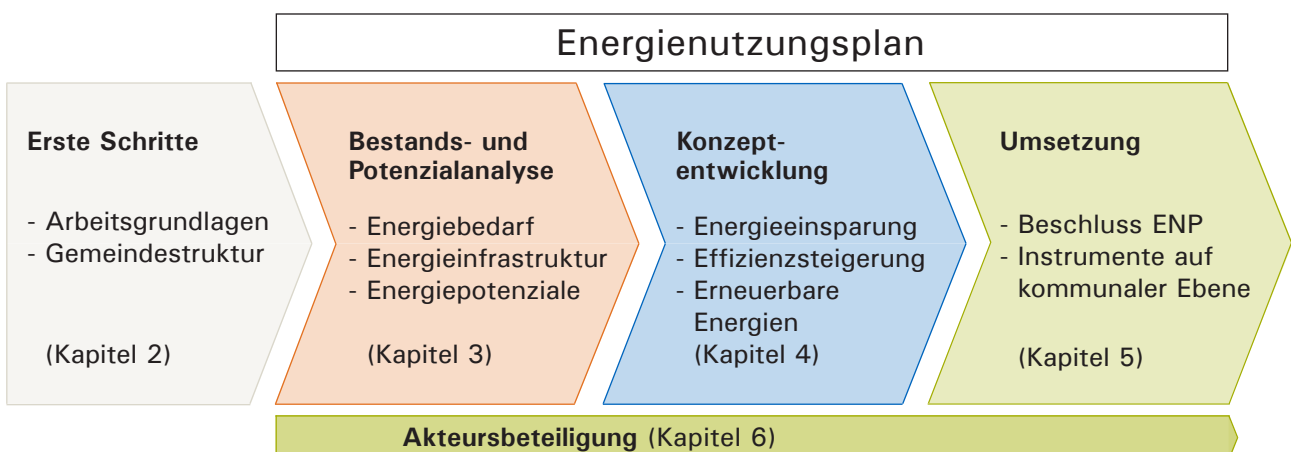
- Energieeinsparung (verbraucherseitig)
- Steigerung der Energieeffizienz (versorgungsseitig)
- Einsatz erneuerbarer Energien

Diese sind, soweit möglich, in der oben genannten Reihenfolge zu betrachten und abzarbeiten. Maßnahmen zur Energieeinsparung und Effizienz-

steigerung sollen den Endenergiebedarf bzw. den für dessen Deckung aufzuwendenden Primärenergieeinsatz zunächst so weit wie möglich senken, sodass erneuerbare Energien dann einen möglichst hohen Deckungsanteil erreichen können (Ideal des „Energetischen Dreisprungs“).

## Warum ein Energienutzungsplan?

Der fortschreitende Klimawandel, die Endlichkeit fossiler Energieträger und steigende Energiekosten erfordern in allen Lebensbereichen eine grundlegende Veränderung im Umgang mit Energie. Auch auf kommunaler Ebene sind neue Ansätze zum Vollzug der Energiewende notwendig. Fragen der Energieversorgung und ihrer Umweltverträglichkeit werden mehr und mehr zum entscheidenden Standortfaktor, nicht nur für Unternehmer, sondern auch für Privatleute. Bisher wurden auf kommunaler Ebene vielfach unabhängige Einzelmaßnahmen ohne eine übergeordnete Gesamtkoordination umgesetzt. Dies führte oft dazu, dass Energiepotenziale nicht effizient genutzt werden, wie z. B. bei Biogas- oder Tiefengeothermie-Anlagen zur reinen Stromerzeugung ohne sinnvolle Wärmekonzepte. Auch sind gemeinschaftliche Versorgungskonzepte in vielen Fällen sinnvoller als die Investition einzelner Hausbesitzer in neue Heizungsanlagen. Dafür müssen jedoch rechtzeitig konkrete Rahmenplanungen in einer Gemeinde vorliegen. Ein Energienutzungsplan schafft solch ein übergreifendes Gesamtkonzept für die energetische Entwicklung einer oder mehrerer Gemeinden. Die Möglichkeiten hinsichtlich Energieeinsparung, Effizienzsteigerung und einer Umstellung auf regenerative Energieträger können auf Basis eines Energienutzungsplans aufeinander abgestimmt werden.



Flussdiagramm 1.1: Phasen bei der Erstellung eines Energienutzungsplans

Der Energienutzungsplan bringt auch den einzelnen Gebäudeeigentümern Vorteile, indem er die kommunalen Rahmenbedingungen für individuelle Maßnahmen, wie energieeinsparende Renovierungsarbeiten, vermittelt und alternative Energieversorgungskonzepte aufzeigt.

### Was leistet ein Energienutzungsplan?

Energieverbrauch kann grundsätzlich nach vier Sektoren unterschieden werden:

- Haushalte
- Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)
- Industrie
- Verkehr

In einem kommunalen Energienutzungsplan werden nur die ersten drei Sektoren betrachtet, wobei der dort vorhandene Wärmeverbrauch direkt den Gebäuden zugeordnet werden kann. Der Verkehr als vierter Sektor wird nicht berücksichtigt, da die darin auftretenden Energieströme sehr weiträumig verflochten und nur schwer zu verorten sind.

Gemeinden werden mit dem Energienutzungsplan als Gesamtkonzept in die Lage versetzt, die Umsetzung von darauf aufbauenden Teilkonzepten und Maßnahmen gezielt zu koordinieren und Fachplaner mit der Detail- bzw. Ausführungsplanung zu beauftragen. Diese ist selbst nicht Bestandteil des Energienutzungsplans.

Auch kann mit Hilfe eines Energienutzungsplans schnell überprüft werden, ob sich an die Gemeinde heran getragene Einzelvorhaben wie Investorenprojekte sinnvoll in das angestrebte energetische Gesamtkonzept fügen.

### Wie wird ein Energienutzungsplan erstellt?

Im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse werden zunächst Datenerhebungen und Vor-Ort-Analysen durchgeführt. Dadurch entsteht ein detaillierter Überblick zum Energieverbrauch/-bedarf (Wärme und Strom), zur Energieinfrastruktur und zu den regenerativen Energiepotenzialen vor Ort. Aufbauend auf der Bestands- und Potenzialanalyse werden dann bei der Konzeptentwicklung grobe Konzepte zur Energieversorgung und zur

## Infobox 1.1: Begriffsdefinitionen

### Energieeinsparung

Allgemein versteht man unter Energieeinsparung Maßnahmen, die zu einer Verringerung des Energiebedarfs führen. Innerhalb dieses Leitfadens bezieht sich der Begriff Energieeinsparung explizit auf die nutzer- bzw. verbraucherseitige Reduzierung des gebäudebezogenen Energiebedarfs (Nutzenergie). Diese lässt sich entweder durch eine Änderung des Nutzerverhaltens oder aber vor allem durch bauliche Maßnahmen erzielen.

### Energieeffizienz

Als Energieeffizienz wird das Verhältnis zwischen Nutzen und Aufwand beim Einsatz von Energie bezeichnet. Eine Steigerung der Energieeffizienz bedeutet demnach, dass weniger Primär- bzw. Endenergie benötigt wird, um einen bestimmten Bedarf an End- bzw. Nutzenergie (z. B. Strom, Raumwärme, Brauchwarmwasser) zu decken. Im Rahmen dieses Leitfadens bezieht sich der Begriff Energieeffizienz explizit auf den Bereich Energieversorgung, d. h. auf Anlagen und Energieumwandlungsprozesse.

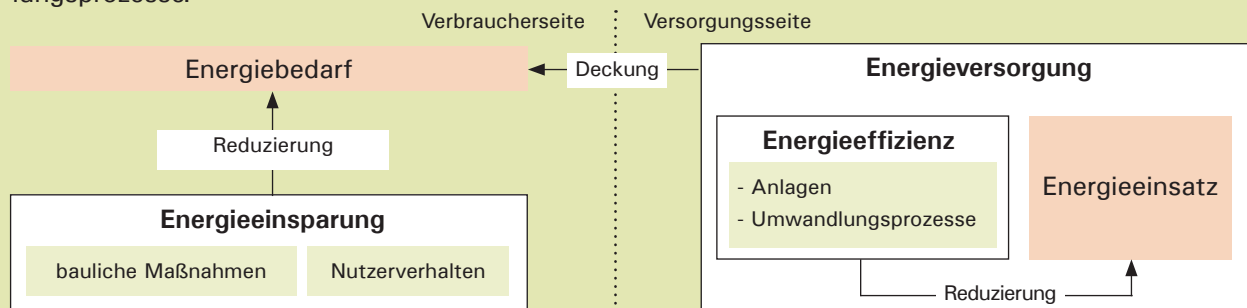


Abb. 1.1.: Haupt-Handlungsfelder eines Energienutzungsplans

energetischen städtebaulichen Entwicklung mit Alternativen erarbeitet.

Die Vielfalt in Frage kommender Teilkonzepte erscheint anfangs oft unüberschaubar und die Entscheidung dafür oder dagegen zu einem gewissen Grad willkürlich. Die für die jeweilige Gemeinde sinnvollen bzw. optimalen Varianten müssen somit herausgefiltert und entworfen werden. Dies erfolgt durch konsequente Interpretation und Verknüpfung der Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse. Durch Überlagerung der Karten zu Energiebedarf (inklusive Zukunftsszenarien), Energieinfrastruktur und verfügbaren Potenzialen erneuerbarer Energien können unter Anwendung bestimmter Grundprinzipien und Kennwerte sinnvolle Konzepte gefunden werden. Das resultierende Gesamtkonzept bildet das eigentliche Ergebnis eines kommunalen Energienutzungsplans und verkörpert bzw. präzisiert das gemeindliche Leitbild zum Thema Energie.

### **Worin liegen die Herausforderungen bei der Erstellung eines Energienutzungsplans?**

Obwohl einem Energienutzungsplan die übergeordneten Ziele Klimaschutz und nachhaltige Energieversorgung zugrunde liegen, haben auch andere, zunächst untergeordnete Belange Einfluss auf seine Erstellung und seine Inhalte. Die verschiedenen Einflussfaktoren können dabei durchaus auch im Widerspruch zueinander stehen:

- Klimaschutz
- nachhaltige Energieversorgung
- Versorgungssicherheit
- Umweltschutz
- Naturschutz
- Wirtschaftlichkeit
- lokale/regionale Wertschöpfung
- soziale Akzeptanz

Welche Gewichtung den einzelnen Faktoren im Rahmen der Konzeptentwicklung beigemessen wird, hängt letztlich von den Entscheidungsträgern (Kommunalpolitik) und der allgemeinen Konsensbildung ab.

Dabei unterliegt ein Energienutzungsplan immer auch den sich ständig ändernden regionalen, überregionalen und globalen Verflechtungen. Dementsprechend darf er trotz seines kommunalen Maßstabs nicht innerhalb einer völlig geschlossenen Systemgrenze gedacht werden.

Die Phase der Konzeptentwicklung ist daher bis zu einem gewissen Grad ein dynamischer Entwurfsprozess, der je nach Ausgangssituation zu unterschiedlichen Lösungen führt. Sie kann allenfalls in einzelnen, klar abgegrenzten Teilbereichen standardisiert oder gar automatisiert werden. Der Energienutzungsplan stellt eine längerfristige Rahmenplanung dar. Insofern sind auch zukünftige Entwicklungen, soweit möglich, z. B. mittels Szenarien, zu berücksichtigen. Dies bedeutet, dass mögliche Konzeptvarianten in der jeweils gegenwärtigen Situation als weniger sinnvoll oder nicht machbar erscheinen können (z. B. im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit), längerfristig aber durchaus erstrebenswert sind.

### **Wer kann einen Energienutzungsplan erstellen?**

Generell werden bei der Erstellung eines Energienutzungsplans Fachkenntnisse in den Bereichen Energie, Umwelt, Städtebau, Bauleitplanung, Architektur, Bauphysik und Versorgungstechnik benötigt. Gemeinden können einen Energienutzungsplan selbst aufstellen, sofern sie über entsprechend ausgebildete Mitarbeiter und die notwendigen personellen Kapazitäten verfügen. Meistens wird jedoch die Unterstützung durch Ingenieurbüros oder andere Experten erforderlich sein, die die oben beschriebenen Kompetenzen bündeln. Für die Beauftragung solcher Fachplaner und eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit diesen sollte innerhalb der Gemeindeverwaltung ein konkreter Ansprechpartner vorhanden sein bzw. ein spezielles Steuerungsteam eingerichtet werden.

### **Was leistet der vorliegende Leitfaden?**

Der Leitfaden stellt die Vorgehensweise bei der Erstellung eines Energienutzungsplans zusammenfassend dar. Die dafür zugrunde liegenden Prinzipien wurden im Rahmen des Forschungsprojekts „Kommunaler Klimaschutz - zukunftsfähige Energiekonzepte am Beispiel des Landkreises München“ anhand von sechs Gemeinden entwickelt, angewendet und überprüft. Mit ihrem Spektrum vom städtischen zum ländlichen Kontext bildeten diese Gemeinden einen für ganz Bayern repräsentativen Untersuchungsraum. Konkrete Beschreibungen dazu sowie vergleichbare Projekte stellt der Energie-Atlas Bayern [29] unter Praxisbeispiele bereit.

Der Leitfaden richtet sich sowohl an Entschei-

Träger und Mitarbeiter in Kommunen als auch an Ingenieurbüros. Somit bildet er einerseits eine grundlegende Einführung, andererseits auch eine methodische Anleitung für die Erstellung eines Energienutzungsplans. Im Hinblick auf die Vielfältigkeit des Themas können jedoch nicht alle einzelnen zur Erstellung eines Energienutzungsplans notwendigen Grundlagen detailliert beschrieben werden. Deshalb wird im Text bei Bedarf auf weiterführende Referenzen mit näheren Informationen verwiesen.

Im Hinblick auf die oben beschriebenen Herausforderungen bei der Erstellung eines Energienutzungsplans, insbesondere die Individualität der Konzeptentwicklung, konzentriert und beschränkt sich der Leitfaden bewusst auf spezifische Hilfestellungen, mit denen einzelne Arbeitsschritte vereinfacht werden können, z. B. die Auswahl geeigneter Konzepte anhand von Kennzahlen oder die überschlägige Machbarkeitsprüfung von Wärmenetzen.

### Infobox 1.2: Datenschutz




Nach Art. 83 der Bayerischen Verfassung gehört die Versorgung der Bevölkerung mit Energie zu den Aufgaben einer Gemeinde. Ein Energienutzungsplan bildet die Grundlage für eine zukunftsfähige, umweltfreundliche und sichere Energieversorgung und stellt daher einen Nutzen und Mehrwert für jeden einzelnen Bürger einer Gemeinde dar.

Die Erstellung eines Energienutzungsplans setzt zum Teil die Erhebung und Verwendung von gebäudescharfen Daten voraus. Diese sind in der Regel zumindest mittelbar auf bestimmte Personen (Eigentümer, Mieter, etc.) beziehbar, so dass aufgrund dieses Personenbezuges das Bayerische Datenschutzgesetz (BayDSG) einschlägig ist. Personenbezogene Daten sind gemäß Art. 4 Abs. 1 BayDSG Einzelangaben über persönliche oder sachliche Verhältnisse bestimmter oder bestimmbarer natürlicher Personen (Betroffene). Bei der Erstellung und späteren Arbeit mit einem Energienutzungsplan sind die Vorgaben des BayDSG damit zu beachten. In Anhang 1 findet sich eine beispielhafte datenschutzrechtliche Verfahrensbeschreibung. Letztlich handelt es sich bei den personenbezogenen Daten ausschließlich um Informationen zu den Gebäuden der jeweiligen Bewohner bzw. Besitzer und nicht etwa um Informationen zu den Personen selbst. Zu beachten ist jedoch, dass auch Flurstücknummern personenbezogene Daten sind, weil hier über das Liegenschaftskataster und das Grundbuch der Grundstückseigentümer bestimmbar ist.

Die zur Erstellung eines Energienutzungsplans erforderlichen personenbezogenen Daten dürfen erhoben werden, müssen jedoch zusammengefasst und anonymisiert, also nicht mehr personenbezogen, dargestellt bzw. veröffentlicht werden. Außerdem unterliegen die bei der Erstellung des Energienutzungsplans erhobenen Daten der strengen Zweckbindung des Datenschutzrechts.

Als Hilfestellung werden die im Rahmen dieses Leitfadens beschriebenen Methoden und die dafür zugrundeliegenden Datenquellen hinsichtlich des Datenschutzes jeweils kurz kategorisiert.

Veranschaulicht wird dies durch folgende Skala:

-  Daten, deren Verwendung für den Energienutzungsplan regelmäßig zulässig ist, z. B. öffentlich zugängliche Daten
-  Daten, deren Verwendung für den Energienutzungsplan unter bestimmten rechtlichen Voraussetzungen (insbesondere des Art. 17 Abs. 2 BayDSG) zulässig ist, die im Einzelfall unter Einbindung des behördlichen Datenschutzbeauftragten der Gemeinde zu prüfen sind
-  Daten, deren Verwendung für den Energienutzungsplan nur mit ausdrücklicher Einwilligung der Betroffenen zulässig ist

Im Fall einer Unterbeauftragung von Ingenieurbüros für die Erstellung eines Energienutzungsplanes sind weitere datenschutzrechtliche Aspekte relevant. Hilfestellung für eine entsprechende vertragliche Formulierung bietet das Muster unter folgendem Link:

<http://www.datenschutz-bayern.de/technik/orient/m-vertr.htm>



# 2 Erste Schritte

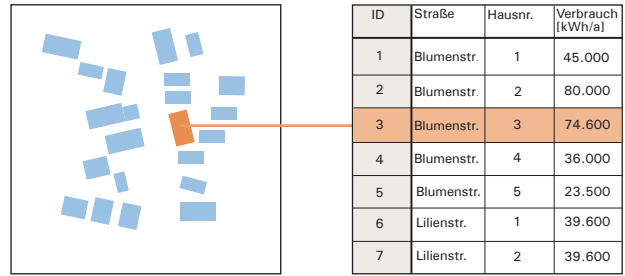
## 2.1 Arbeitsgrundlagen

Für die Erstellung eines Energienutzungsplans gibt es verschiedene erforderliche Grundlagen bzw. für die Bearbeitung allgemein zu berücksichtigende Grundsätze. Dies betrifft zum einen die Frage der Datenverarbeitung, aber auch die Beschaffung verschiedener Basisdaten.

### Raumbezogene Datenverarbeitung

Eines der wichtigsten Grundprinzipien bei der Erstellung eines Energienutzungsplans beruht auf der „Verortung“ von Daten. Das bedeutet, dass Gebäude bzw. Flächen auf einer Karte mit verschiedenen Werten oder Parametern hinterlegt werden, z. B. mit dem bestehenden Energieverbrauch (Abb. 2.1).

Die Arbeit mit einem Geoinformationssystem (GIS) bildet hierfür eine optimale Lösung, da es eine Datenbank und die zur Bearbeitung und graphischen Darstellung von Daten erforderlichen Werkzeuge vereint.



**Abb. 2.1: Raumbezogene Daten**

Die Darstellung dient nur dem Verständnis und basiert aus Gründen des Datenschutzes auf fiktiven Werten.

### Datengrundlagen

Als Grundlage für die Erstellung eines Energienutzungsplans sind in einem ersten Schritt verschiedene allgemeine Karten, Pläne und Daten zusammenzustellen bzw. einzuholen. Diese sind in unten stehender Checkliste zusammengefasst. Die meisten dieser Informationen liegen in einer Gemeinde selbst vor bzw. können dort oder von dieser angefordert werden. Gegebenenfalls müssen bestimmte Daten auch auf Landkreis- oder Landesebene eingeholt werden.

### Checkliste Datengrundlagen



#### Digitale Flurkarte (DFK)

Sie bildet die Kartengrundlage für einen Energienutzungsplan, sowohl zur Verortung der Eingangsdaten und der Ergebnisse der Bestands- und Potenzialanalyse als auch für die Darstellung der entwickelten Konzepte. Für die Zuordnung müssen in der Ausgangsdatei Straßennamen und Hausnummern enthalten sein. Mögliche Bezugsquelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG).

DS



#### Luftbilder

Luftbilder (Orthofotos, Schrägaufnahmen, 3-D) bilden eine wertvolle Ergänzung zur digitalen Flurkarte. Mögliche Internetquellen: BayernViewer (WMS-Einbindung ins GIS möglich) [1], Bing [2], Google Maps [3] und Google Earth [4]. Mögliche Bezugsquelle: Landesamt für Vermessung und Geoinformation (LVG).

DS



#### Flächennutzungsplan

Der Flächennutzungsplan liefert grundlegende Informationen zur Gemeindestruktur (2.2, S. 11) und zur weiteren geplanten Entwicklung der Gemeinde.

DS



DS

### Bebauungspläne

Hilfreiche Informationen zu Teilen des Gebäudebestands (z. B. Geschossanzahl, Dachneigung) können daraus entnommen werden.

### Liste aller kommunalen und weiteren öffentlichen Liegenschaften

DS

Kommunale Liegenschaften unterliegen in der Regel dem direkten Einfluss der Gemeinde. Die Energieverbrauchswerte für diese Gebäude können daher schon zu Beginn der Bearbeitung zusammengestellt werden.

Auch Liegenschaften mit überkommunaler öffentlicher Trägerschaft sollten dabei berücksichtigt werden, z. B. Hochschulen oder Krankenhäuser.

### Aufstellung aller angemeldeten Betriebe

DS

Eine Aufstellung aller angemeldeten Betriebe gibt einen grundlegenden Überblick zu den Bereichen Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD) und Industrie. Meldepflichtig ist jede Aufnahme einer selbstständigen Tätigkeit, unabhängig davon, ob sie haupt- oder nebenberuflich ausgeführt wird. Ausgenommen sind Freiberufler, die Urproduktion (Land- und Forstwirtschaft, Garten- und Weinanbau, Fischerei, Bergbau) sowie die Verwaltung des eigenen Vermögens. Mögliche Bezugsquellen für Bayern: Gewerbeamt der Gemeinde, Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung (LfStaD). Weitere Datenquellen finden sich in 3.2.5, S.27.

### Liste der genehmigungsbedürftigen Anlagen nach BImSchG

DS

Anlagen, die nach der Vierten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (4. BImSchV) genehmigungsbedürftig sind, können einen Hinweis auf energieintensive Standorte geben. So sind z. B. Anlagen zur Erzeugung von Strom, Dampf, Brauchwarmwasser, Prozesswärme oder erhitztem Abgas je nach Brennstoff ab 100 kW, 1 MW oder 10 MW Feuerungswärmeleistung genehmigungsbedürftig. Außerdem unterliegt eine ganze Reihe von Produktions- und Verarbeitungsprozessen ebenfalls einer immissionsschutzrechtlichen Genehmigungspflicht. Die Liste der genehmigungspflichtigen Anlagen ist von der jeweils zuständigen Kreisverwaltungsbehörde zu erhalten.

## 2.2 Analyse der Gemeindestruktur - Bearbeitungsraster

Als Vorbereitung einer detaillierten Untersuchung von Energiebedarf, Energieinfrastruktur und Energiepotenzialen im Rahmen der Bestands- und Potenzialanalyse muss die Gemeindestruktur analysiert werden. Ziel ist die Aufteilung der Gemeinde in ein sinnvolles Bearbeitungsraster. Die Bearbeiter erhalten dabei zugleich eine grundlegende Ortskenntnis.

Für die Analyse werden die (digitale) Flurkarte, der Flächennutzungsplan, Luftbilder sowie die vorhandenen Bebauungspläne benötigt. Eine Befahrung oder grobe Begehung sowie ein Austausch mit Ortskundigen ergänzen die in den Plangrundlagen enthaltenen Informationen.

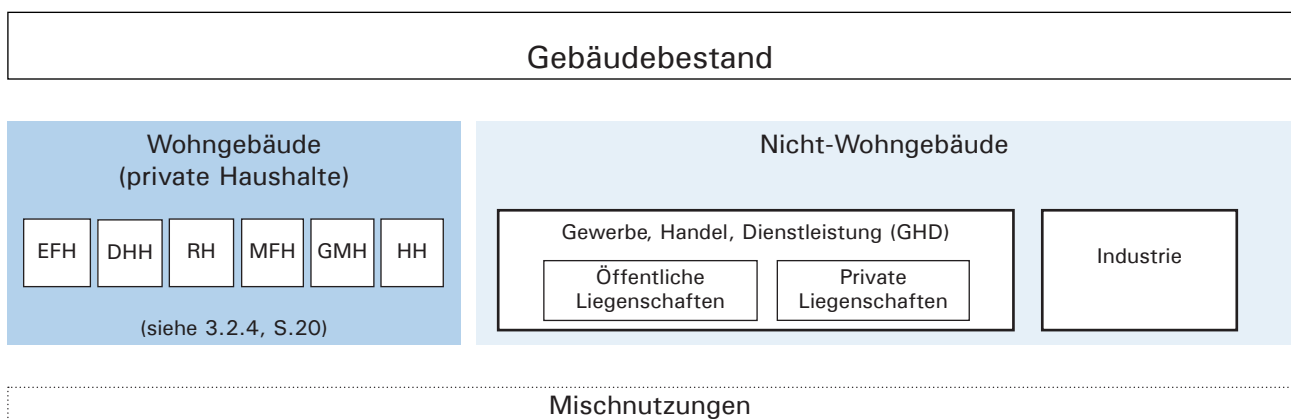
Darauf aufbauend wird das besiedelte Gemeindegebiet in Einheiten mit möglichst homogener Struktur (Bearbeitungsraster) eingeteilt. „Homogene Struktur“ bezieht sich in diesem Zusammenhang auf die Flächennutzung (z. B. Wohnbauflächen, gewerbliche Bauflächen) und den Gebäudetyp (z. B. Einfamilienhaus, Reihenhaus, Abb. 2.2) in Verbindung mit einer groben Differenzierung nach der Entstehungszeit (z. B. alter Dorfkern, neues Baugebiet).

Bei der Erstellung des Rasters sollten zugleich Einheiten entstehen, die sich gegebenenfalls für gemeinsame Wärmeversorgungskonzepte eignen. Daher ist auch der Straßenverlauf im Hinblick auf die mögliche Führung von Wärmenetztrassen zu berücksichtigen. Bereits mit einem Nahwärmenetz versorgte Gebiete (3.4, S.34), sollten auch als zusammengehörige Rastereinheit betrachtet

werden. Des Weiteren kann sich eine Unterscheidung nach Gebieten mit oder ohne Gasnetz (3.4, S.35) als hilfreich für die Findung eines geeigneten Rasters erweisen.

Trotz all dieser zu berücksichtigenden Anhaltspunkte ist die Entwicklung eines Bearbeitungsrasters kein automatisierbarer Vorgang und hängt letztlich von der Gemeinde und dem jeweiligen Bearbeiter ab.

Anhand des gefundenen Rasters lässt sich die Bestands- und Potenzialanalyse systematisch abarbeiten. Im Hinblick auf die Darstellung des Wärmebedarfs (3.2.3, S.19 / 3.2.4, S.26) dient das Raster durch die Zusammenfassung von Einzelgebäuden zugleich der Anonymisierung einzelner Nutzer und Gebäude im Zuge des erforderlichen Datenschutzes (Infobox 1.2, S.8). Deshalb muss eine Rastereinheit immer mehr als ein Gebäude umfassen, besonders bei Einfamilienhaussiedlungen, wo jedes Gebäude eindeutig einem Besitzer zugeordnet werden kann.



**Abb. 2.2: Differenzierung des Gebäudebestands nach Nutzung und Gebäudetypen**

EFH = Einfamilienhäuser, DHH = Doppelhaushälften, RH = Reihenhäuser, MFH = Mehrfamilienhäuser, GMH = Große Mehrfamilienhäuser, HH = Hochhäuser

### Beispiel: Erstellung eines Bearbeitungsrasters für die Gemeinde Putzbrunn



**Besiedeltes Gemeindegebiet**

- digitale Flurkarte



**Analyse der Gemeindestruktur**

- 1) Flächennutzungsplan
- 2) Luftbild + Bebauungspläne (schraffierte Flächen entsprechen Gebieten, für die ein Bebauungsplan vorliegt)
- 3) Gasnetz (grün)
- Wärmenetze (gelb)
- 4) Straßenverlauf



+ Befahrung/grobe Begehung  
+ Informationen Ortskundiger



**Bearbeitungsraster**

DHH = Doppelhaushälften  
MFH = Mehrfamilienhäuser  
KL = Kommunale Liegenschaft

Abb. 2.3: Schritte bei der Erstellung eines Bearbeitungsrasters

# 3 Bestands- und Potenzialanalyse

## 3.1 Schnelleinstieg

### Ziel

Ermittlung aller energiebezogenen Datengrundlagen und ihrer räumlichen Verteilung auf dem Gemeindegebiet. Dies beinhaltet:

#### Energiebedarf

- ortsbezogener Wärmebedarf des Gebäudebestands, Wohn- und Nicht-Wohngebäude (3.2, S.15)
- Gesamtstromverbrauch der Gemeinde (3.3, S.33)

#### Energieinfrastruktur

bestehende Wärme- und Gasnetze, Heiz-, Heizkraft- und Blockheizkraftwerke, Solarparks, Biogasanlagen, Anlagen zur individuellen Wärmeversorgung wie z. B. Heizkessel, u. a. (3.4, S.34)

#### Energiepotenziale

im Gemeindegebiet vorhandene regenerative Energiepotenziale: Solarenergie, Biomasse, oberflächennahe Geothermie und Tiefengeothermie, Abwärme, Wind, Wasser (3.5, S.36)

### Vorgehensweise

- Beschaffung geeigneter Arbeitsmittel zur raumbezogenen Datenverarbeitung: GIS (2.1, S.9)
- Zusammenstellung der benötigten Datengrundlagen (2.1, S.9, Checkliste Datengrundlagen)
- Analyse der Gemeindestruktur (2.2, S.11)
- Auswahl und Anwendung einer geeigneten Methode zur Wärmebedarfsermittlung (3.2, S.15)
- Ermittlung des Stromverbrauchs (3.3, S.33)
- Analyse und Darstellung der Energieinfrastruktur (3.4, S.34)
- Ermittlung der verfügbaren Energiepotenziale und Berechnung der daraus erschließbaren Energiemenge (3.5, S.36)

### Ergebnisse

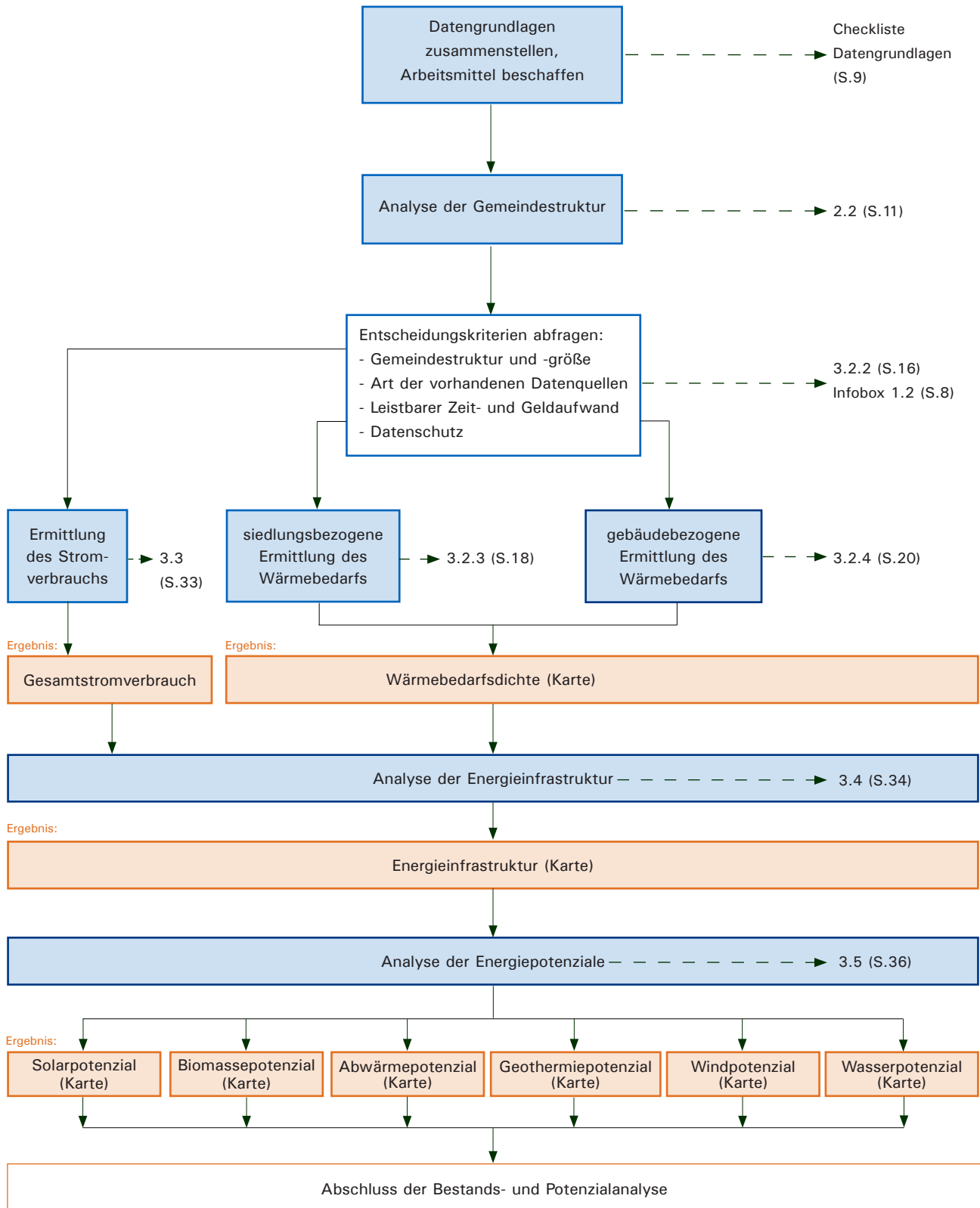
- detailliertes Karten- und Datenmaterial als Basis für die darauf aufbauende Konzeptentwicklung
- detaillierte Kenntnis des energetischen Bestands in der Gemeinde

### Erforderlicher Zeitrahmen

Der zur Durchführung der Bestands- und Potenzialanalyse erforderliche Zeitrahmen hängt von der Größe und Struktur einer Gemeinde, von den angewandten Methoden sowie dem eingesetzten Personal und dessen Qualifikation ab. Auch das Sammeln bestimmter Daten mit entsprechenden Wartezeiten (z. B. Umfragen) wirkt sich auf den Bearbeitungszeitraum aus.

Für Gemeinden und kleine Städte mit bis zu 20.000 Einwohnern sollte, nach den Erfahrungen aus dem diesem Leitfaden zugrunde liegenden Forschungsprojekt, ein Zeitrahmen von drei bis neun Monaten ab Beschluss bzw. Beauftragung veranschlagt werden.

### Vorgehensweise bei der Bestands- und Potenzialanalyse



Flussdiagramm 3.1: Allgemeine Vorgehensweise bei der Bestands- und Potenzialanalyse



## 3.2 Wärme

### 3.2.1 Allgemeines

Bei der Entwicklung kommunaler Energiekonzepte spielt die Energieform Wärme aufgrund der technisch bedingt engeren räumlichen Verknüpfung von Erzeugung und Verbrauch eine größere Rolle als Strom (Infobox 3.1).

Der Gesamtwärmebedarf eines Gebäudes setzt sich allgemein aus Heizwärme, Brauchwarmwasser und ggf. Prozesswärme zusammen. Bei der Deckung des Wärmebedarfs sind verschiedene Energieströme zu unterscheiden (Abb. 3.1).

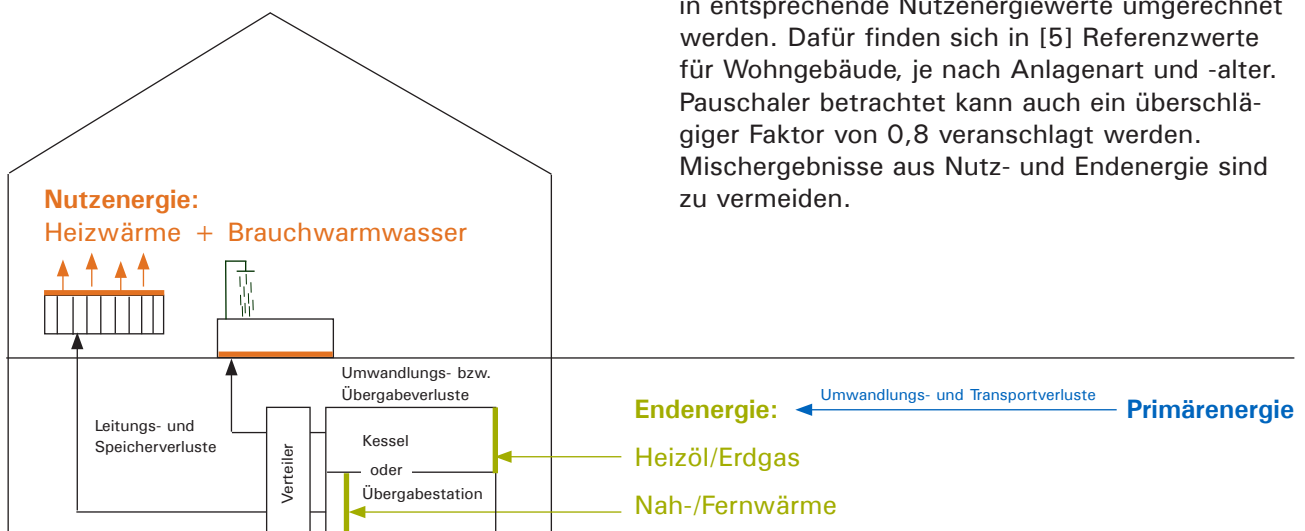


Abb. 3.1: Differenzierung der Energieströme bei der Wärmeversorgung am Beispiel eines Wohngebäudes

#### Infobox 3.1: Differenzierung zwischen Wärme- und Stromversorgung

Wärme	Strom
- Wärmebedarf stark abhängig von der jeweiligen Gebäudekonstruktion	- Strombedarf meist unabhängig von der Gebäudekonstruktion; bei Wohngebäuden durch Anzahl Bewohner bestimmt, bei gewerblichen Bauten durch Art und Größe des Betriebs
- Struktur: dezentrale Einzellösungen oder auf Teilbereiche beschränkte Netze	- Struktur: flächendeckende Netzstruktur
- erzeugte Wärme wird in der Regel direkt im Gebäude verbraucht	- dezentral erzeugter Strom wird meist ins Netz eingespeist
- Leitungsverluste begrenzen Reichweite	- Leitungsverluste wenig entscheidend
- Raumbezug des Wärmebedarfs unverzichtbar für Versorgungskonzepte; möglichst ortsnahe Wärmenutzung sinnvoll	- kein zwingender Bezug zwischen Ort der Erzeugung und Ort des Verbrauchs

### 3.2.2 Methodenübersicht

Für die Ermittlung des Wärmebedarfs/-verbrauchs kann man grundsätzlich zwischen einer siedlungsbezogenen und einer gebäudebezogenen Herangehensweise unterscheiden. Dabei können prinzipiell sowohl reale Verbrauchswerte als auch berechnete oder statistisch hinterlegte Bedarfswerte verarbeitet werden. Die Entscheidung für die „richtige“ der beiden Methoden bzw. eine geeignete Kombination ist von folgenden Aspekten abhängig:

- Größe und Struktur der Gemeinde
- Verfügbarkeit bzw. Anwendbarkeit der entsprechenden Datenquelle(n)
- Qualifikation und Erfahrung der Bearbeiter
- vorgesehener Zeitrahmen

Der Wärmebedarf bzw. -verbrauch unterscheidet sich teilweise stark zwischen den verschiedenen Gebäudetypen und -nutzungen (Abb. 2.2, S.11). In der Übersichtsmatrix zur Ermittlung des Wärmeverbrauchs/-bedarfs (Tab. 3.1) sind die verschiedenen (Unter-)Methoden daher differenziert nach den Gebäudenutzungen inklusive den jeweils in Frage kommenden spezifischen Datenquellen zusammengefasst.

Bei der gebäudebezogenen Ermittlung des Wärmebedarfs sollten Mischnutzungen anteilig nach den jeweils genutzten Flächen berücksichtigt werden (Abb. 3.2).

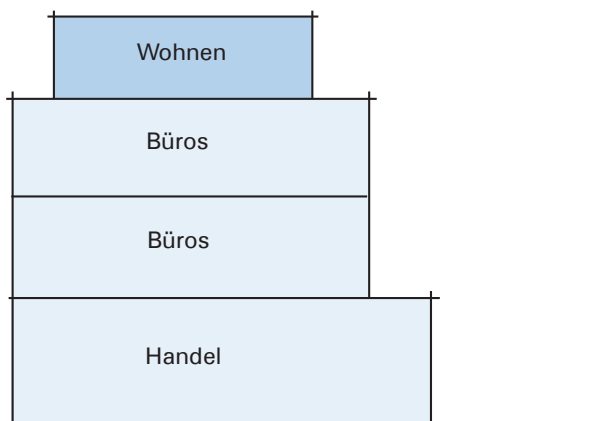
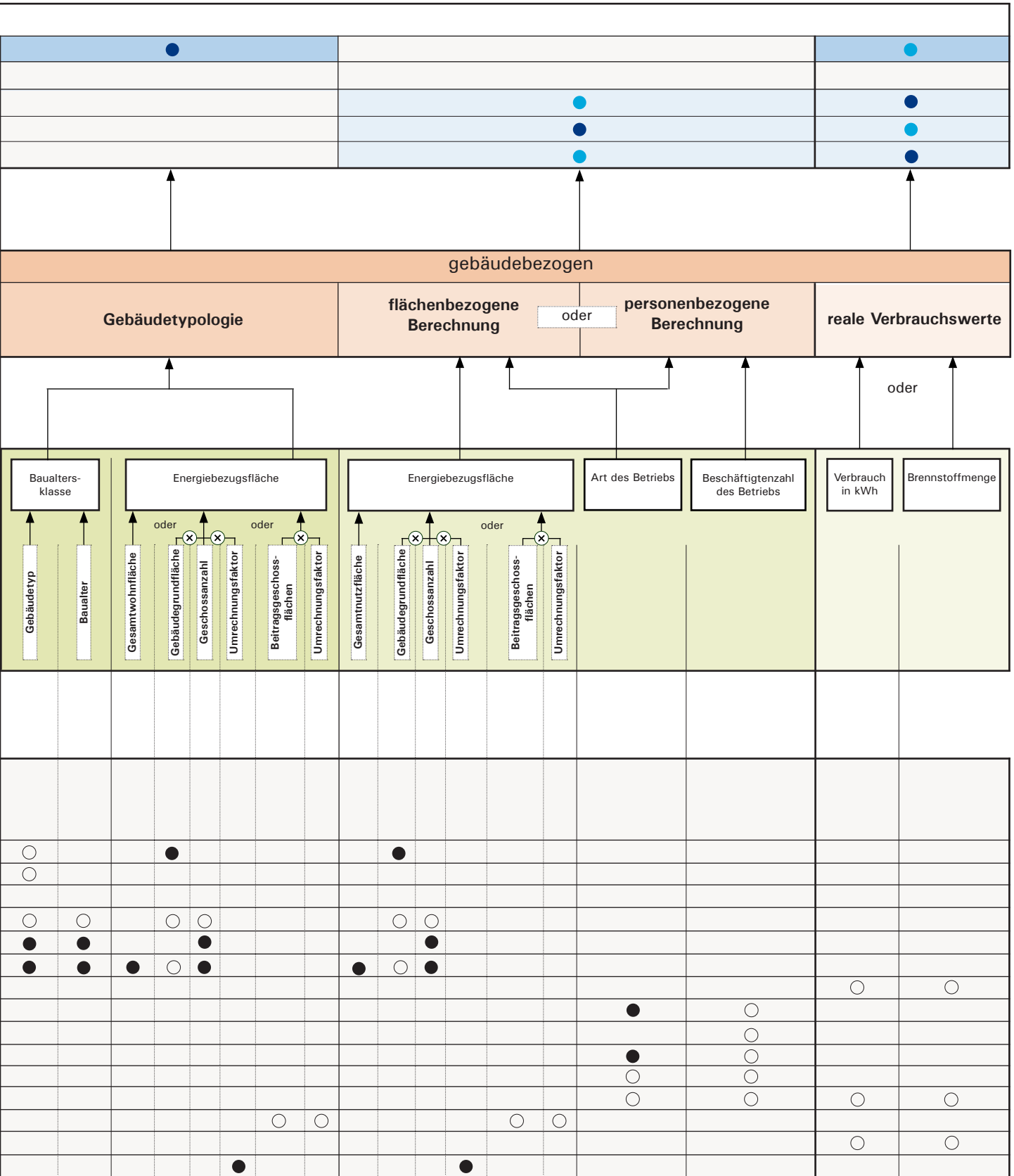


Abb. 3.2: Schematische Darstellung eines Gebäudes mit Mischnutzung

Tabelle 3.1: Übersichtsmatrix zur Ermittlung des Wärmebedarfs/-verbrauchs

<b>Gebäudebestand</b>			
	●		
<b>Wohngebäude</b>			
<b>Nicht-Wohngebäude</b>			
Öffentliche Liegenschaften	●		
GHD	●		
Industrie	●		
<b>Methodik</b>	siedlungsbezogen		
	Siedlungstypologie		
<b>erforderliche Daten</b>	vorherrschender Gebäudetyp und -nutzung (EFH, RH,...GHD, Industrie)	Gebäudeanordnung (Stellung, Dichte...)	
<b>mögliche Datenquellen</b>			
	Digitale Flurkarte	○	●
	Luftbilder	○	●
	Flächennutzungsplan	○	○
	Bebauungspläne	○	○
	Vor-Ort-Begehung (Befahrung)	●	●
	Registatur der Bauämter		
	Bürgerumfrage		
	Gewerbeamt		
	Amt für Wirtschaftsförderung		
	Berufsständische Körperschaften (IHK, HWK)		
	Wirtschaftsauskunfteien		
	Gezielte Befragung von Betrieben		
	Abwasserzweckverbände		
	Energieversorger und Netzbetreiber		
Literatur			

● gut geeignete Methode    ● bedingt geeignete Methode



● gut geeignete Datenquelle ○ bedingt geeignete/unvollständige Datenquelle

### 3.2.3 Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung

#### Erforderliche Daten:

- vorherrschender Gebäudetyp/Nutzung
- Gebäudeanordnung  
(Stellung zueinander, Dichte)

Mit der siedlungsbezogenen Herangehensweise kann der statistische Wärmebedarf für ganze Siedlungseinheiten ermittelt werden, unabhängig von einer Betrachtung einzelner Gebäude. Dies bietet sich für größere Gemeinden an, in denen die Wärmebedarfsermittlung anhand von Einzelgebäuden einen unverhältnismäßig hohen Aufwand bedeuten würde.

Voraussetzung dafür ist das Vorliegen ausreichend klar voneinander abgrenzbarer Siedlungstypen. Unter einem Siedlungstyp versteht man ein zusammenhängend bebautes Gebiet homogener Struktur. Jeder Siedlungstyp wird dabei durch seine spezifischen städtebaulichen Merkmale definiert, so etwa durch den vorherrschenden Gebäudetyp bzw. -nutzung, die Gebäudeanzahl pro Siedlungsflächeneinheit (Dichte), die Geschossanzahl und die Gebäudeanordnung.

Den Siedlungstypen können spezifische Wärmebedarfswerte pro Einheit Siedlungsfläche zugewiesen werden (Tab. 3.2). In Abbildung 3.3 sind diese spezifischen Werte je Siedlungstyp der

auch bei der gebäudebezogenen Ermittlung des Wärmebedarfs verwendeten Farbskala zugeordnet.

Soweit möglich, wird das gesamte besiedelte Gebiet in die entsprechenden Siedlungstypen eingeteilt. Dieser Arbeitsschritt fällt in dem Fall mit der Analyse der Gemeindestruktur (2.2, S.11) zusammen. Die Einteilung in Siedlungstypen erfolgt auf Basis von digitaler Flurkarte, Luftbildern, Flächennutzungsplan, Bebauungsplänen und einer groben Vor-Ort-Begehung/-Befahrung. Die linienscharfe Abgrenzung der Siedlungstypen ergibt sich durch die Flurstücksgrenzen.

Die siedlungsbezogene Ermittlung des Wärmebedarfs kann auch mit der gebäudebezogenen (3.2.4, S.20) kombiniert werden, z. B. um gezielt auf größere, gesondert zu betrachtende Sonder- und Industriebauten oder sehr heterogene Versorgungsgebiete zu reagieren.

Auch durch die Einbeziehung von Bualter und tatsächlicher Bebauungsdichte ließe sich die Genauigkeit der Ergebnisse weiter erhöhen. Inwieweit dies möglich ist, muss jedoch im Einzelfall geprüft werden, da die genannten Referenz-Studien keine Hilfestellung dazu bereitstellen. Außerdem beinhalten sie keine Werte zu Zukunftssze-

**Tabelle 3.2: Städtebauliche Merkmale und spezifische Wärmebedarfswerte (Heizwärme und Brauchwarmwasser, Nutzenergie) von Siedlungstypen [6], [7]**

Siedlungstyp	Beschreibung	Gebäudegrundfläche	Geschosse	Anzahl Gebäude pro ha	Wärmebedarf [MWh/(ha·a)]
ST 0	freistehende Einzelgebäude	bis 250 m <sup>2</sup>	1 ½ bis 2 ½	0,05	k.A.
ST 1	lockere offene Bebauung (Streusiedlung)	bis 255 m <sup>2</sup>	2	7,7	255
ST 2	Einfamilienhaus- und Doppelhaussiedlung	bis 230 m <sup>2</sup>	1 ½ bis 2 ½	12,6	456
ST 3a	städtischer Dorfkern	bis 480 m <sup>2</sup>	bis zu 8	15,6	525
ST 3b	ländlicher Dorfkern	bis 480 m <sup>2</sup>	1 ½ bis 2	15,6	506
ST 4	Reihenhäuser	bis 110 m <sup>2</sup>	1 ½ bis 2 ½	19,14	425
ST 5a	Siedlung kleiner Mehrfamilienhäuser	bis 350 m <sup>2</sup>	2 bis 3	15,24	645
ST 5b	Zeilenbebauung mit kleinen und großen MFH	bis 210 m <sup>2</sup>	3 bis 5	11,7	785
ST 6	Zeilenbebauung mit großen MFH oder Hochhäusern	bis 1.108 m <sup>2</sup>	bis ca. 16	7,2	1.013
ST 7a	Blockbebauung niedriger Dichte	bis 1.100 m <sup>2</sup>	3 bis 5	15,41	1.043
ST 7b	dichte Blockbebauung	bis 2.000 m <sup>2</sup>	3 bis 5	14,84	1.065
ST 8	Citybebauung	bis 8.585 m <sup>2</sup>	bis ca. 6	9,01	1.178
ST 9	historische Altstadt	bis 2.340 m <sup>2</sup>	bis 3 ½	22,93	1.012
ST 10a	öffentliche Sonderbauten, groß	bis 8.430 m <sup>2</sup>	bis Hochhaushöhe	2,26	1.017
ST 10b	öffentliche Sonderbauten, klein	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.*
ST 11a	Industriebauten mit Produktion	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.*
ST 11b	gewerbliche Sonderbauten / Dienstleistungsbauten	bis 18.000 m <sup>2</sup>	k.A.	3,4	1.253
ST 12	sonstige Versorgungsgebiete	bis 750 m <sup>2</sup>	k.A.	0,32	k.A.*

\* gebäudebezogene Betrachtung erforderlich

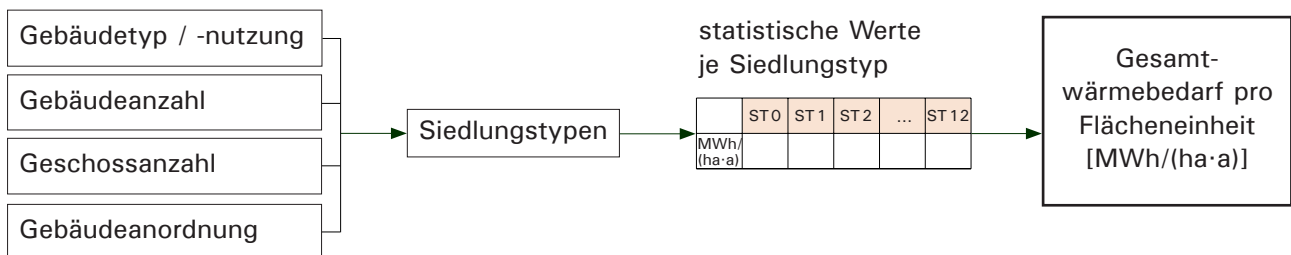
narien, sodass auch diese pauschal abgeschätzt werden müssten.

Der Datenschutz ist bei der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung von Grund auf sichergestellt, wenn keine auf einzelne Personen bezogenen Daten erhoben werden.

#### Spezifische Datenquellen:

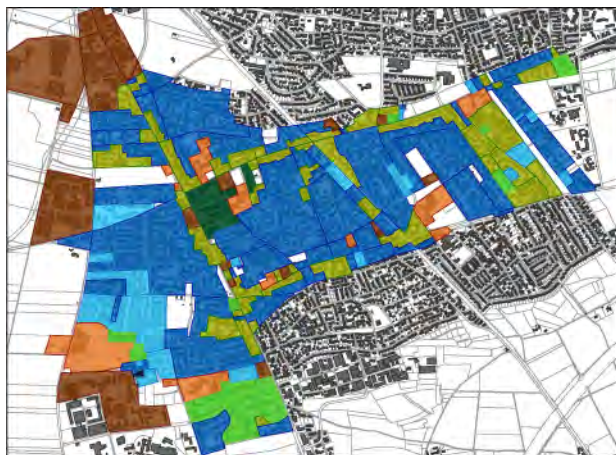
- DFK
- Luftbilder
- Flächennutzungsplan
- Bebauungspläne
- ggf. (grobe) Vor-Ort-Begehung/-Befahrung

Referenz: [6], [7], [8]



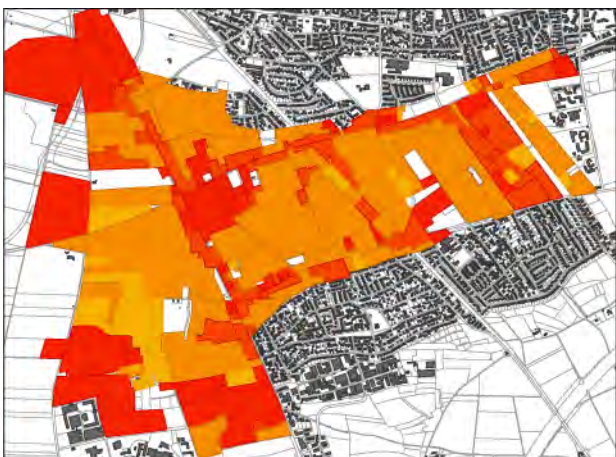
Flussdiagramm 3.2: Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung

### Beispiel: Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung in der Gemeinde Ottobrunn



#### Identifizierung von Siedlungstypen

- ST 2: Einfamilienhaus- und Doppelhaussiedlung
- ST 4: Reihenhäuser
- ST 5b: Zeilenbebauung mit kleinen und großen Mehrfamilienhäusern
- ST 6: Zeilenbebauung mit großen Mehrfamilienhäusern oder Hochhäusern
- ST 7b: dichte Blockbebauung
- ST 10a: öffentliche Sonderbauten, groß
- ST 11b: gewerbliche Sonderbauten / Dienstleistungsbauten



#### Zuweisen von statistischen Wärmebedarfs-werten, Wärmebedarfsdichtekarte

- < 150 MWh/(ha·a)
- 150 - 300 MWh/(ha·a)
- 300 - 450 MWh/(ha·a)
- 450 - 600 MWh/(ha·a)
- 600 - 750 MWh/(ha·a)
- 750 - 900 MWh/(ha·a)
- > 900 MWh/(ha·a)

Abb. 3.3: Beispielhafte Anwendung der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung



### 3.2.4 Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung

#### Wohngebäude

##### Erforderliche Daten:

- Gebäudetyp
  - Baualter
  - Energiebezugsfläche
  - Sanierungsmaßnahmen
- } → Baualtersklasse

Über die Gebäudetypologie lässt sich der statistische Wärmebedarf von Wohngebäuden ermitteln. Grundlage ist die Einordnung jedes Wohngebäudes nach Gebäudetyp und Baualter. Diese Einteilung in sogenannte Baualtersklassen basiert auf baugeschichtlichen Entwicklungen und dem Inkrafttreten gesetzlicher Vorschriften wie der Wärmeschutzverordnung (WärmeschutzVO) und der Energieeinsparverordnung (EnEV).

Hinsichtlich des Gebäudetyps unterscheidet man üblicherweise zwischen Einfamilienhaus (EFH), Doppelhaushälfte (DHH), Reihenhaus (RH), kleinem Mehrfamilienhaus bis sechs Wohneinheiten (MFH), großem Mehrfamilienhaus bis 12 Wohneinheiten (GMH) und Hochhaus/Blockbau (HH). Die Studie „Deutsche Gebäudetypologie“ des Instituts Wohnen und Umwelt (IWU) [9], [10], [11] unterscheidet beim Baualter von A nach J, wobei die ältesten Gebäude der Gruppe A und die neuesten der Gruppe J zugeordnet werden. Die in der AGFW-Studie [7] verwendeten Zeitabschnitte sind entsprechend.

Gebäude gleichen Typs und Baualters weisen meist vergleichbare Formen, Konstruktionsarten und Baumaterialien auf. Somit lässt sich jeder Baualtersklasse ein spezifischer statistischer Wert zu Heizwärme- und Brauchwarmwasserbedarf zuweisen. Dieser wird dann mit der jeweiligen Energiebezugsfläche der Gebäude multipliziert, um deren Gesamtwärmebedarf pro Jahr zu erhalten (Flussdiagramm 3.3).

In den Tabellen 3.3 und 3.4 sind spezifische Bedarfswerte (Nutzenergie) aus den zwei gängigen, oben genannten Studien zusammengefasst. Bei Verwendung anderer Studien ist zu beachten, ob sich die darin beinhalteten Werte auf die End- oder die Nutzenergie beziehen.

Auch der Aspekt der Gebäudesanierung muss bei der Ermittlung des Wärmebedarfs über die Gebäudetypologie mit betrachtet werden. Sind konkrete Sanierungsmaßnahmen an einzelnen Gebäuden bekannt, wird dies in den meisten Studien durch entsprechende Abschlagswerte

berücksichtigt (Anhang 2). Liegen keine detaillierten Informationen zu Sanierungen der Gebäude vor, wird anhand des Baualters ein typischer Sanierungszyklus (Gesamtsanierung, Anhang 2) von 45 bis 65 Jahren angenommen und der entsprechende Abschlag dafür abgezogen.

##### Gesamtwärmebedarf pro Gebäude [kWh/a]

- = spezifischer Heizwärmebedarf [kWh/(m<sup>2</sup>a)]
- + spezifischer Brauchwarmwasserbedarf [kWh/(m<sup>2</sup>a)]
- Abschlag für Sanierung [kWh/(m<sup>2</sup>a)]
- x Energiebezugsfläche [m<sup>2</sup>]

##### Energiebezugsfläche [m<sup>2</sup>]

- = Gesamtwohnfläche
- (oder)
- = Gebäudegrundfläche x Geschossanzahl \* x 0,8
- (oder)
- = Abwasser-Beitragsgeschossfläche x 0,66

\* Berücksichtigt werden alle Vollgeschosse, nicht jedoch der Keller. Dachgeschosse unter Schrägdächern sind als halbes Geschoss anzurechnen.

Die bei der gebäudebezogenen Ermittlung des Wärmebedarfs heranziehbaren spezifischen Datenquellen sind in Kapitel 3.2.5 (S.27) gesondert beschrieben. Auftretende Datenlücken zu einzelnen Gebäuden können durch Abschätzung plausibler Werte (z. B. allgemein vorherrschende Geschossigkeit und mittlere Baualtersklasse) geschlossen werden.

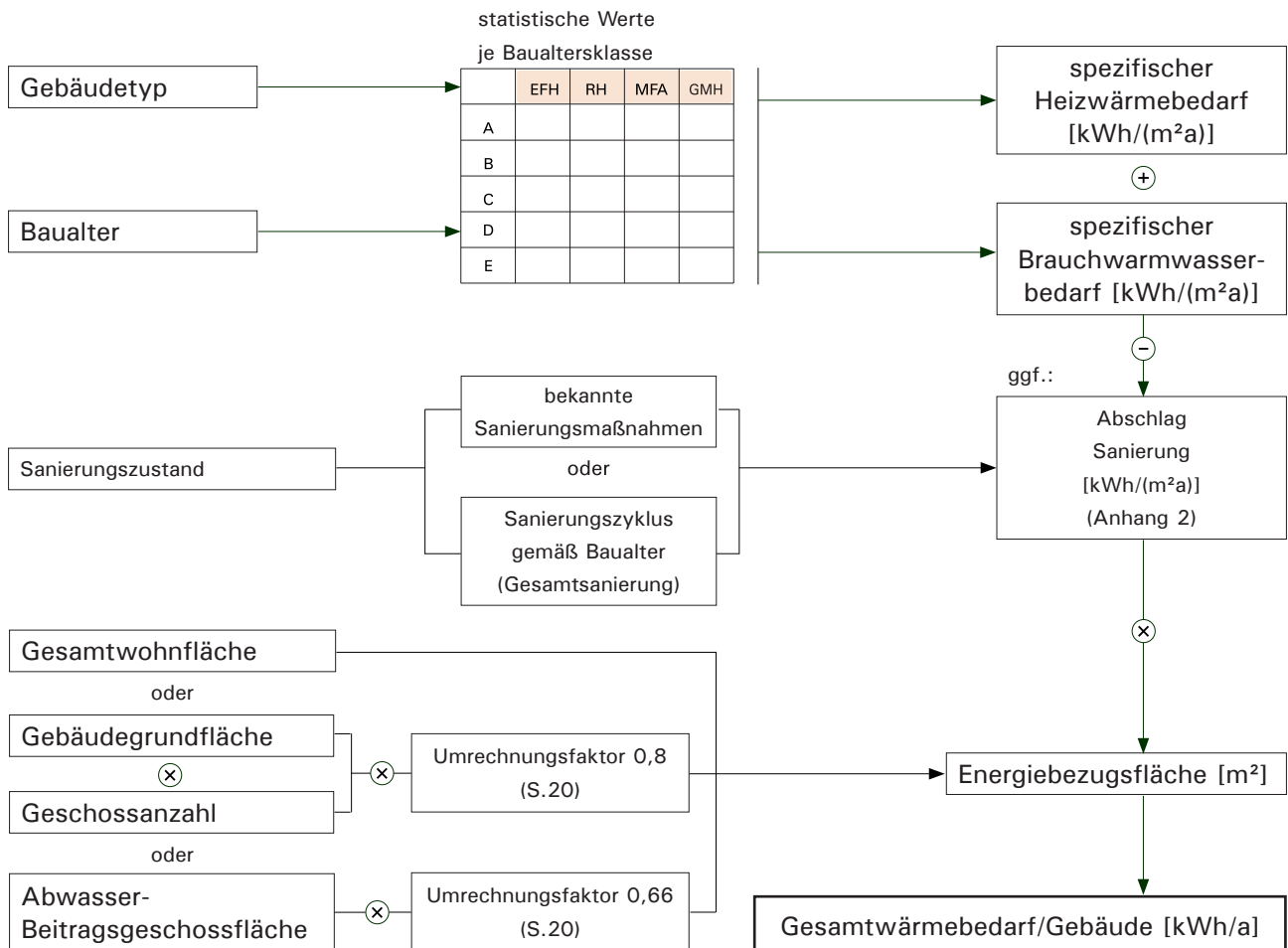
##### Spezifische Datenquellen:

- Registratur der Bauämter
- Vor-Ort-Begehung/-Befahrung
- Abwasserzweckverbände
- Luftbilder

Reale Verbrauchswerte (Infobox 3.2, S.22) lassen sich in der Praxis im besten Fall für einen Bruchteil des gesamten Wohngebäudebestands beschaffen. Deshalb können sie, obwohl prinzipiell sehr gut geeignet, nur zur stichprobenartigen Verifizierung der wie oben beschrieben ermittelten Ergebnisse dienen.

**Referenz:** [7], [9], [10], [11], [12], [13]





Flussdiagramm 3.3: Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung

Tabelle 3.3: Spezifische Heizwärmebedarfswerte (Nutzenergie) für Wohngebäude [kWh/m²a], [9]

Baualter	Baujahr	EFH DHH	RH	MFH	GMH	HH
[kWh/(m²a)]						
A	vor 1918 Fachwerk	210		241		
B	vor 1918	250	204	180	159	
C	1919-1948	194	166	193	164	
D	1949-1957	223	163	211	173	
E	1958-1968	166	135	168	172	119
F	1969-1978	182	159	139	140	103
G	1979-1983	120	129	118	116	
H	1984-1994	140	97	122	82	
I	1995-2001	101	89	98	73	
J	ab 2002	72	70	65	51	

Tabelle 3.4: Spezifische Brauchwarmwasserbedarfswerte für Wohngebäude [kWh/m²a], [7]

Baualter	Baujahr	EFH DHH	RH	MFH	GMH	HH
[kWh/(m²a)]						
A	vor 1918 Fachwerk	21	18	24	27	k.A., ersatzweise können die Werte für das GMH veranschlagt werden
B	vor 1918	21	18	24	27	
C	1919-1948	20	20	29	33	
D	1949-1957	19	20	25	28	
E	1958-1968	18	20	20	24	
F	1969-1978	16	20	23	18	
G	1979-1983	14	16	20	18	
H	1984-1994	19	21	21	21	
I	1995-2001	19	19	21	21	
J	ab 2002	k.A., ersatzweise können die Werte für das Baualter I veranschlagt werden				

## Nicht-Wohngebäude

Im Vergleich zu Wohngebäuden ist der Wärmebedarf von Nicht-Wohngebäuden aufgrund der stark unterschiedlichen Nutzungsarten weitaus heterogener. Nicht-Wohngebäude müssen generell nach Gewerbe, Handel, Dienstleistung (private und öffentliche Liegenschaften) und Industrie unterschieden werden.

Als Grundlage für die Ermittlung der Nicht-Wohngebäude dienen die Liste der öffentlichen Liegenschaften und die Aufstellung aller angemeldeten Betriebe (Checkliste Datengrundlagen, S.9).

### Gewerbe, Handel, Dienstleistung (GHD)

Der größte Teil der Nicht-Wohngebäude in einer Gemeinde ist erwartungsgemäß dem Sektor GHD zuzuordnen. Dieser sehr heterogene Bereich erstreckt sich von Ein-Mann-Betrieben bis hin zu Dienstleistungs- und Handelskonzernen und umfasst u. a.:

- Betriebe des verarbeitenden Gewerbes mit im Allgemeinen weniger als 20 Beschäftigten
- öffentliche und private Dienstleistungsunternehmen und Einrichtungen (z. B. Banken, Krankenhäuser, Behörden)
- Handelsunternehmen
- Landwirtschaft

Für öffentliche (vor allem kommunale) Liegenschaften wird empfohlen, direkt mit realen Verbrauchswerten (Infobox 3.2) zu arbeiten, da sich solche für diesen Bereich in der Regel leicht einholen lassen (Checkliste Datengrundlagen, S.9).

Kleine büroähnliche Betriebe sind energetisch mit einer Wohnnutzung vergleichbar und können überschlägig wie eine solche behandelt werden.

Der Energiebedarf aller anderen Liegenschaften des Sektors GHD muss in der Regel über statistische Kennzahlen (Tab. 3.5) erfasst werden. Eine Einzelbefragung wäre bei der meist großen Anzahl von Betrieben nicht praktikabel. Außerdem beinhaltet der Sektor GHD normalerweise keine extrem energieintensiven Betriebe, was die Abschätzung des Bedarfs auf Basis von verallgemeinerten Kennzahlen erleichtert.

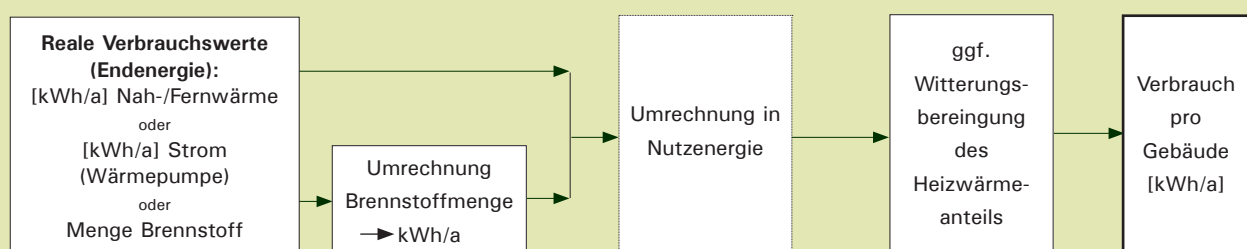
#### Erforderliche Daten:

- Art des Betriebs
- Energiebezugseinheit (Gebäudenutzfläche, Zahl der Erwerbstätigen, Betten, etc.)

Die entsprechenden Betriebe innerhalb des Sektors GHD werden gemäß ihrer Nutzung zunächst verschiedenen Verbraucherklassen mit jeweils

### Infobox 3.2: Verbrauchswerte

Die Verwendung realer Wärmeverbrauchswerte bietet grundsätzlich den Vorteil einer hohen Exaktheit. Solche Werte sind nicht nur von baukonstruktiven und allgemein klimatischen Faktoren abhängig, sondern auch von der jeweiligen Wärmeversorgungsanlage, vom individuellen Nutzerverhalten sowie von der jahresspezifisch schwankenden Witterung. Sofern die Werte nicht schon so vorliegen, sind sie auf den Bezugszeitraum eines ganzen Jahres umzurechnen. Brennstoffmengen sind entsprechend ihres Heizwerts ( $H_i$ ) oder im Fall von Brenntwertkesseln ihres Brennwertes ( $H_G$ ) in kWh umzurechnen (Anhang 3). Bei Gasrechnungen ist diese Umrechnung meist schon vollzogen. Um eine grundsätzliche Vergleichbarkeit zu gewährleisten, müssen gegebenenfalls vorliegende Endenergiewerte unter Berücksichtigung von Anlagenwirkungsgraden in die entsprechende Nutzenergie umgerechnet werden [5]. Für die Vergleichbarkeit mit Bedarfswerten ist ggf. auch eine Witterungsbereinigung nach VDI 3807 Blatt 1 [15] und VDI 2067 Blatt 1 [16] entsprechend des Standorts durchzuführen. Ein Tool dafür hält z. B. das Institut Wohnen und Umwelt [17] bereit.



exemplarischem Energieverbrauchsverhalten zugeordnet. Eine zusätzliche Unterscheidung nach Baualterklassen findet im Gegensatz zu Wohngebäuden nur in geringem Maße Anwendung.

In Tabelle 3.5 ist eine Auswahl an spezifischen Wärmebedarfswerten für die häufig vorkommenden Verbraucherklassen zusammengestellt. Bezugseinheit für diese Kennwerte ist entweder die Gebäudegröße (Gesamtnutzfläche) oder die Zahl der Beschäftigten (Quellen für Betriebsdaten, S.29). In Einzelfällen werden sehr spezifische Bezugseinheiten verwendet, wie etwa die Anzahl der Planbetten bei Krankenhäusern, die beheizte Beckenfläche bei Schwimmbädern oder die Schülerzahl bei Schulen. Insgesamt bestehen verschiedene Studien, mit denen statistische Bedarfswerte für spezifische Verbraucherklassen erhoben wurden. Die wichtigsten sind in Tabelle 3.6 (S.24) zusammengefasst.

Zur Errechnung des Gesamtwärmebedarfs eines Betriebs wird der passende spezifische Wärmebedarfswert pro Bezugseinheit (BZE) aus Tabelle 3.5 mit der Zahl der entsprechenden Bezugseinheiten multipliziert (Flussdiagramm 3.4, S.25)

Folgende Beispiele veranschaulichen dies:

#### Beispiel 1:

Eine Bank mit zehn Beschäftigten wird betrachtet und den büroähnlichen Betrieben zugeordnet. Daraus ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf von 55.000 kWh/a (95 % davon zur Deckung des Raumwärmebedarfs, 5 % zur Warmwasserbereitung).

#### Beispiel 2:

Die Nutzfläche einer Einzelhandelsfiliale wurde mittels Grundfläche aus der DFK und der Geschossanzahl mit 100 m<sup>2</sup> berechnet. Daraus ergibt sich ein Gesamtwärmebedarf von 7.600 kWh/a (95 % davon zur Deckung des Raumwärmebedarfs, 5 % zur Warmwasserbereitung).

Sinnvoll ist es generell, die für einzelne Betriebe erhobenen Daten, z. B. zu Beschäftigten, in Summe mit auf Gemeindeebene verfügbaren Informationen abzugleichen, etwa mit der Gesamtzahl der Beschäftigten von der Agentur für Arbeit.

Ab einer gewissen Betriebsgröße (20 Mitarbeiter), für Betriebe, bei denen ein größerer Energiebedarf zu erwarten ist (z. B. Eislaufhallen,

Tabelle 3.5: Spezifische Wärmebedarfswerte (Nutzenergie) für den Sektor GHD [15], [18], [20]

Verbraucherklassen	flächenbezogener Kennwert*	spez. Kennwert	Bezugseinheit (BZE)	Weiterführende Unterteilung			Anteil Raumheizung [%]	Anteil Warmwasser [%]	Anteil Prozesswärme [%]
				Merkmal	Unterklasse	Kennwert*			
büroähnliche Betriebe	116 [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	5.500 [kWh/(BZE·a)]	Erw.	Gebäudealter	bis 1951	137 kWh/(m <sup>2</sup> a)	95	5	-
					1952 - 1977	150 kWh/(m <sup>2</sup> a)	95	5	-
					1978 - 1995	88 kWh/(m <sup>2</sup> a)	92	8	-
					ab 1995	68 kWh/(m <sup>2</sup> a)	90	10	-
Herstellungsbetriebe	59	6.100	Erw.				76	15	9
Handel	66	6.000	Erw.	Größe	Einzelhandel	76 kWh/(m <sup>2</sup> a)	95	5	-
					Großhandel	46 kWh/(m <sup>2</sup> a)	95	5	-
Beherbergung, Heime	128	13.900	Erw.				68	22	10
Gaststätten	177	9.900	Erw.				68	22	10
Nahrungsmittelgewerbe	196	9.800	Erw.	Verbraucher	Backgewerbe	12.500 kWh/(Erw·a)	27	20	53
					Fleischerei/Metzgerei	6.600 kWh/(Erw·a)	64	32	4
					Restl. Nahrungsmittel	8.400 kWh/(Erw·a)	68	26	6
Wäscherein	212	8.300	Erw.				12	53	35
Krankenhäuser	146	14.700	Planbetten	Größe	< 450	14.200 kWh/(Bett·a)	75	15	10
					450 - 1.000	17.800 kWh/(Bett·a)	75	15	10
					> 1000	22.800 kWh/(Bett·a)	75	15	10
Schulen, Kindergärten	56	1.100	Schüler				95	5	-
Bäder		2.100	beheizte Beckenfläche [m <sup>2</sup> ]				keine Unterscheidung möglich, da Prozesse miteinander verknüpft		

\* flächenbezogene Kennwerte beziehen sich auf die Gebäudenutzfläche; Erw. = Erwerbstätige

Brauereien, Wäschereien, etc.) oder Verbrauchergruppen mit inhomogener Struktur (z. B. Landwirtschaft, Gärtnerei, Militär) ist es ratsam, ähnlich wie bei Industriebetrieben eine Befragung durchzuführen, da der Fehler anderenfalls beträchtlich werden kann. Die Intensität kann dabei von einem Anruf zum Abgleich der Mitarbeiterzahlen bis hin zu einer detaillierten Befragung variieren (S.29). Das „Kosten-Nutzen-Verhältnis“ muss dementsprechend im Auge behalten werden.

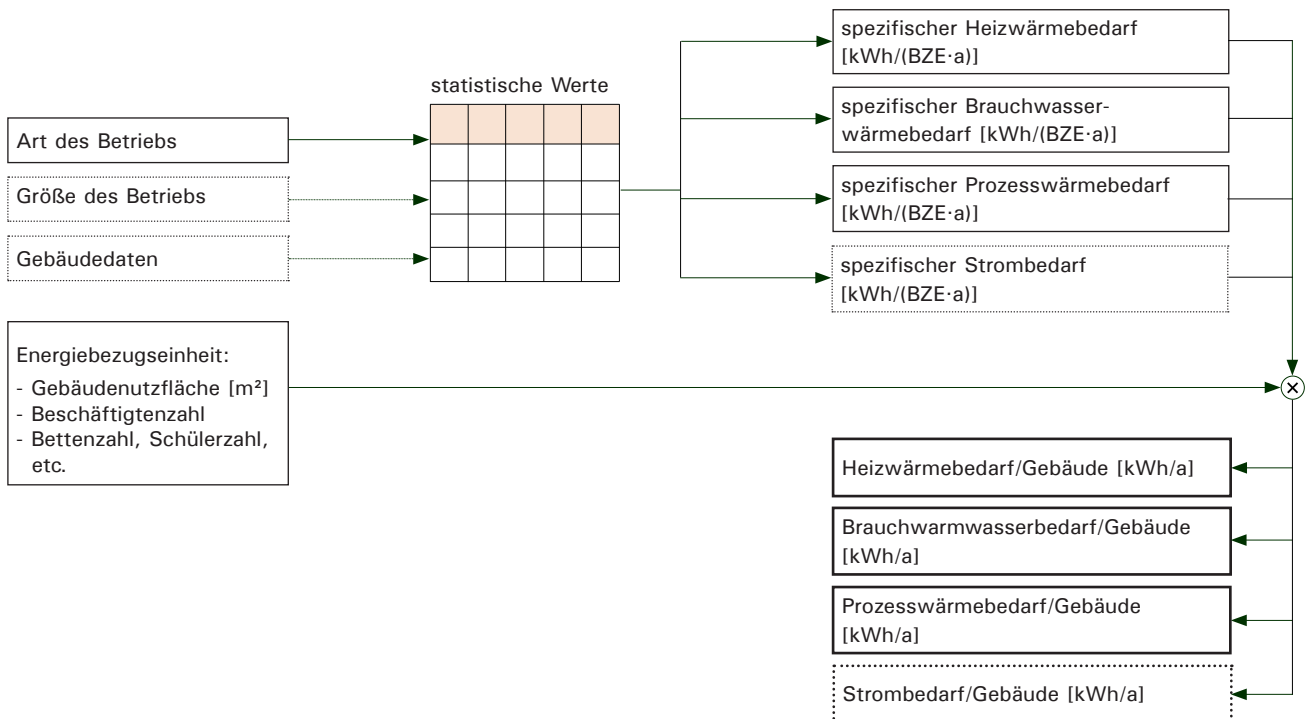
### Industrie

Für die Abgrenzung der Sektoren Industrie und GHD gibt es keine verbindlichen Regeln. Grundsätzlich zeichnen sich industrielle Betriebe durch eine Produktion von Gütern in größerem Maßstab aus. Da diese in der Regel energieintensiv ist (z. B. aufgrund von benötigter Prozesswärme), zählen Industriebetriebe üblicherweise zu den größten Verbrauchern in einer Gemeinde. Es ist zu erwarten, dass dem Bereich Industrie zuzuordnende Betriebe in einer Gemeinde bekannt sind. Zur Identifizierung kann außerdem vorausgesetzt werden, dass Industriebetriebe nur in Gewerbe- oder Industriegebieten angesiedelt sind. Des Weiteren sollte ein Abgleich mit der Liste der genehmigungsbedürftigen Anlagen nach BImSchG (2.1, S.9, Checkliste Datengrundlagen) vorgenommen werden. Das Mittel der Wahl zur Ermittlung des Wärmebedarfs von Industriebetrieben ist die detaillierte Befragung (S.29) und damit verbunden die Erhebung realer Verbrauchswerte (siehe Infobox 3.2,

S.22). Eine Befragung ermöglicht es, frühzeitig mit den Großverbrauchern in Kontakt zu treten und deren mögliche Beteiligung an einem kommunalen Energiekonzept als Abnehmer oder auch Anbieter von Energie auszuloten. Als Ausgangsbasis für eine Befragung dient der Fragebogen für industrielle Verbraucher (Anhang 7). Falls keine realen Verbrauchswerte erhältlich sind, kann der Energiebedarf des Sektors Industrie über statistische Werte angenähert werden. Der „Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen“ [19] beinhaltet eine Methode, die es erlaubt, den Wärme- und Strombedarf in Abhängigkeit von der Menge des produzierten Guts anzugeben. In [20] findet sich eine Berechnungsmethode, die anhand spezifischer Daten eine Berechnung des Energiebedarfs von Prozessen in Abhängigkeit der Produktionsmenge erlaubt. Über 170 Prozesse sind parametrisiert, was erlaubt, den Energieverbrauch größerer Betriebe rechnerisch abzuschätzen. Der Zeitaufwand bei dieser Methodik ist tendenziell als hoch einzustufen. Dabei entfällt der größte Teil auf die Recherche der Eingangsdaten, die der Internetseite des Betriebs, wirtschaftlichen Bilanzen oder anderen Berichten entnommen werden müssen. Eine Alternative zum Umgang mit fehlenden realen Verbrauchswerten ist das „Freilassen“ der entsprechenden Rastereinheiten in der Wärmebedarfsdichtekarte in Form von weißen Flächen. Für die so dargestellten Betriebe kann dies zudem eine Motivation sein, eine Befragung (doch) zu gestatten, um nicht als „aussagelose Insel“ in der Karte aufzufallen.

Tabelle 3.6: Referenzstudien zur gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung im Sektor GHD

Referenzstudie	Aufteilungs-grundlage	Anzahl der Verbrauchertypen	Bezugseinheiten	Bauphysik	erhobene Daten
Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen [18]	Branchen, Branchenbereiche, Klassifikation der Wirtschaftszweige	40	Fläche oder Beschäftigte, Beckenfläche, Betten, Schüler	nicht betrachtet	Strom Raum- und Prozesswärme
Wärmeatlas Baden-Württemberg [20]	Nutzertypen	6 GHD 6 öffentlich	Fläche oder Beschäftigte, Beckenfläche, Betten, Schüler	3 Größenklassen 2-4 Baualterklassen pro Nutzer	Raumwärme, Brauchwasserwärme, Nutzungsdauer
Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchswerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand [21]	Bauwerkzuordnungskatalog (BWZK)	> 60 öffentlich (BWZK) > 35 weitere	Fläche	nicht betrachtet	Strom Wärme
VDI 3807 [15]	BWZK	15 Hauptklassen 4 davon weiter unterteilt	Fläche, Beckenfläche, Betten, Schüler	nicht betrachtet	Strom Wärme
Verbrauchskennwerte 2005, ages GmbH [22]	BWZK	10 Hauptklassen > 200 Unterklassen	Fläche	nicht betrachtet	Strom Wärme



Flussdiagramm 3.4: Gebäudebezogene Energiebedarfsermittlung im Sektor GHD

### Infobox 3.3: Zukünftige Bedarfsszenarien

Der zukünftige Wärmebedarf bildet neben dem aktuellen eine entscheidende Größe für die Konzeptentwicklung. An die tatsächliche Entwicklung kann sich jedoch nur mit Hilfe von Szenarien annähert werden. Dies gilt für die siedlungsbezogene wie auch für die gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung.

#### Wohngebäude

Die Sanierungszyklen von Wohngebäuden liegen zwischen 45 und 65 Jahren. In diesen Zeitabständen ist von einer Generalsanierung auszugehen, wodurch der Energiebedarf jeweils etwa auf das zum entsprechenden Zeitpunkt gesetzlich vorgeschriebene Neubauniveau gesenkt wird. In diesem Zusammenhang sei daher auch auf die novellierte EU-Gebäuderichtlinie (EPBD 2010 [23]) und deren Auswirkungen auf den zukünftigen energetischen Standard von Bestands- und Neubauten verwiesen.

Im Bezug auf die gesamte Kommune sind in den Zukunftsszenarien möglichst auch demographische Parameter (Zuzug, Wegzug und Bevölkerungsentwicklung) und damit Abriss und Neubau zu berücksichtigen. Die im Flächennutzungsplan ausgewiesenen, aber noch nicht bebauten Gebiete sollten dementsprechend einbezogen werden. Setzt sich die Entwicklung der letzten Jahrzehnte fort, ist auch in Zukunft von einer steigenden Wohnfläche pro Einwohner auszugehen.

#### Nicht-Wohngebäude

Grundsätzlich ist es möglich, für einzelne Betriebe Szenarien zum zukünftigen Bedarf zu entwickeln. Für den Raumwärmeanteil und die Prozessenergie können durch Investitionsprognosen Einsparungen vorhergesagt werden. Deutlich schwieriger ist die Prognose der betrieblichen Entwicklung, die weit größere Veränderungen hervorrufen kann. Ausbau eines Betriebs, Umzug oder Geschäftsaufgabe sind singuläre Ereignisse, die den Energiebedarf einer Betriebsfläche stärker verändern als Maßnahmen für Energieeffizienz. Derartige Entwicklungen sollten zur Risikobegrenzung in Absprache mit den lokalen Wirtschaftsförderungsinstitutionen abgeschätzt und bei den Bedarfsszenarien in Form von „Was wäre wenn“-Abfragen eingearbeitet werden.



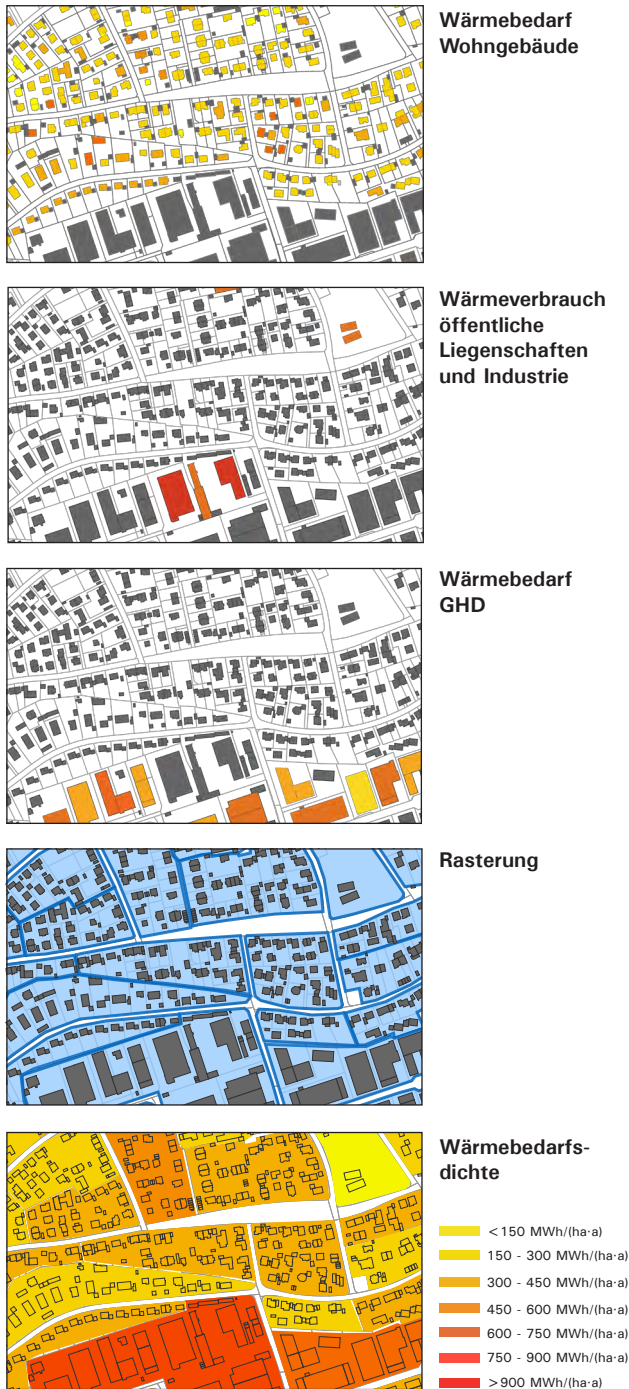


Abb. 3.4: Ermittlung einer Wärmebedarfsdichtekarte

## Zusammenfassung und Darstellung der gebäudebezogenen Wärmebedarfs-ermittlung

Wie beschrieben, entstammt das Gesamtergebnis der gebäudebezogenen Ermittlung des Wärmebedarfs letztlich unterschiedlichen Methoden, je nach Gebäudenutzung.

Jede dieser Methoden liefert zunächst gebäude-scharfe Einzelergebnisse. Aufgrund des Datenschutzes können diese Bedarfs- oder Verbrauchswerte als in der Regel personenbezogene Daten nicht einzeln dargestellt und veröffentlicht werden (Infobox 1.2, S.8). Aus diesem Grund und im Hinblick auf die Entwicklung von Energiekonzepten (besonders für Wärmenetze) wird der Wärmebedarf bezogen auf die im Rahmen der Analyse der Gemeindestruktur entwickelten Rastereinheiten dargestellt (2.2, S.11).

Für jede einzelne Rasterfläche (Polygon) wird die Summe der Wärmebedarfswerte aller beinhalteten Gebäude gebildet. Diese Summe wird durch die Gesamtfläche der Rasterfläche dividiert, so dass daraus eine Wärmebedarfsdichtekarte erstellt werden kann.

Der unterschiedliche Wärmebedarf in den einzelnen Rasterflächen wird durch eine entsprechende Farbabstufung dargestellt. In den beispielhaften Abbildungen stehen rote Felder für einen hohen Wärmebedarf, gelbe für einen niedrigeren.

Die Wärmebedarfsdichte bildet einen grundlegenden Parameter für die Rentabilität von gemeinschaftlichen Wärmeversorgungs-konzepten und ist deswegen einer der Hauptbestandteile bei der Entwicklung eines Energienutzungsplans.

Nebenstehende Darstellungen dienen nur dem Verständnis und basieren aus Gründen des Datenschutzes auf fiktiven Werten.

### Infobox 3.4: Kältebedarf

Im Bereich der Haushalte wird der Bedarf an Kälte fast ausschließlich über elektrisch betriebene Kühl- und Gefriergeräte gedeckt. Klimageräte werden nur vereinzelt eingesetzt. Auch im Sektor GHD (vor allem Lebensmittelbereich) eingesetzte Kühlanlagen werden überwiegend elektrisch betrieben und sind hier mit dem Stromverbrauch erfasst (3.3, S.33). Thermisch angetriebene Absorptions- und Adsorptionskälteprozesse kommen nur bei sehr großen Nicht-Wohngebäuden und in der Industrie zum Einsatz und müssen im Einzelfall genauer betrachtet werden.



### 3.2.5 Datenquellen zur gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung

Die wichtigsten Quellen zur gebäudebezogenen Ermittlung des Wärmebedarfs werden hier ausführlicher beschrieben. Daneben können prinzipiell noch weitere Quellen herangezogen werden. Für diese gilt jedoch, dass sie nur vereinzelt zur Verfügung stehen bzw. nur einen Teil der benötigten Daten liefern.

#### Vor-Ort-Begehung/-Befahrung

Bei einer Vor-Ort-Begehung werden die von außen sichtbaren Merkmale für jedes Gebäude erfasst. Die Abschätzung des Gebäudealters erfordert dabei gewisse Vorkenntnisse (Architektur/Bauwesen) und hängt hinsichtlich der Genauigkeit von den ausführenden Personen ab. Hilfestellung geben die heranziehbaren Studien durch Beispiele oder Steckbriefe (3.2.4, S.20 und [10], [11]).

Der entscheidende Vorteil einer Vor-Ort-Begehung liegt darin, dass sie prinzipiell in jeder Gemeinde durchführbar ist und nicht von bestimmten ortsspezifischen Voraussetzungen abhängt. Auch können dabei zu einem gewissen Grad Informationen über den Sanierungszustand der Gebäude gewonnen werden. Der Zeitaufwand für die Durchführung einer Vor-Ort-Begehung ist von der Gemeindestruktur abhängig und fällt bei dichter Bebauung geringer aus als bei weit auseinander liegenden Einzelgebäuden. Je nach Siedlungsstruktur muss dementsprechend mit einem durchschnittlichen Zeitaufwand von ein bis zwei Minuten pro Gebäude gerechnet werden. Bei größeren Gemeinden bildet eine (Teil-)Befahrung eine gute Alternative zur Begehung. In Anhang 4 findet sich ein Muster-Erfassungsbogen für Vor-Ort-Begehungen/-Befahrungen.

#### Daten aus der Vor-Ort-Begehung:

Gebäudenutzung (Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude, Mischnutzungen)

Für Wohngebäude:

Gebäudetyp (EFH, DHH,...), Geschossanzahl\*, Baualter, Sanierungszustand

Für Nicht-Wohngebäude:

Art der gewerblichen Nutzung, Geschossanzahl

Für Mischnutzungen:

anteilige Verteilung der verschiedenen Nutzungen im Gebäude

Zusätzlich:

vorhandene Solarthermie- und PV-Anlagen

#### Datenschutz - Vor-Ort-Begehung:

DS

Eine Vor-Ort-Begehung/-Befahrung findet ausschließlich vom öffentlichen Straßenraum aus statt und beruht auf öffentlich zugänglichen Informationen. Um jedoch Irritationen zu vermeiden und die Akzeptanz zu erhöhen, sollten die Einwohner vor der Durchführung einer Begehung oder Befahrung seitens der Gemeinde informiert werden, auch darüber, welche Daten zu welchem Zweck erhoben werden und dass keine personenbezogene Darstellung und Veröffentlichung erfolgt (Mustertext in Anhang 6).

#### Registrierung der Kommunen

In der Registratur der Kommunen können Bauanträge zu den Gebäuden einer Gemeinde gesammelt sein. Bereits seit 1901 besteht in Bayern eine Bauordnung, gemäß derer Bauanträge inklusive Bauzeichnungen erforderlich sind. Auch aus der Zeit davor können prinzipiell Akten vorliegen. Es muss jedoch immer geprüft werden, ob die Registratur ausreichend vollständig ist und inwieweit evtl. nicht der gesamte Gebäudebestand abgebildet wird. Für die Anwendbarkeit der Registratur als Datenquelle ist auch entscheidend, ob sie so geordnet ist, dass mit vertretbarem Zeitaufwand die erforderlichen Daten daraus entnommen werden können. Falls in einzelnen Akten keine Gesamtwohn- bzw. Nutzfläche erfasst ist, kann alternativ die Geschossanzahl\* herausgelesen und zusammen mit der Gebäudegrundfläche in die Gesamtwohnfläche als Energiebezugsfläche umgerechnet werden.

Der Vorteil dieser Datenquelle liegt darin, dass sie ohne Beeinträchtigungen der Bürger erschlossen werden kann. Nicht erfasst sein können nachträglich durchgeführte (energetische) Sanierungsmaßnahmen sowie Wohnflächenanteile, die durch späteren nicht genehmigungspflichtigen Ausbau (Keller oder Dachgeschoss) neu hinzugekommen sind, so dass keine Aussagen zum aktuellen Sanierungszustand der Gebäude möglich sind. Der Zeitaufwand für die Erschließung der Datenquelle ist hoch. Pro Gebäude muss mit durchschnittlich drei bis vier Minuten gerechnet werden.

\* Berücksichtigt werden alle Vollgeschosse, nicht jedoch der Keller. Dachgeschosse unter Schrägdächern sind als halbes Geschoss anzurechnen.

**Daten aus der Registratur der Bauämter:**

Gebäudenutzung (Wohngebäude, Nicht-Wohngebäude, Mischnutzungen)

Für Wohngebäude:

Gebäudetyp (EFH, DHH,...), Gesamtwohnfläche (aus Baubeschreibung), Geschossanzahl\*, Genehmigungsjahr (Baualter)

Für Nicht-Wohngebäude:

Geschossfläche (aus Baubeschreibung), Genehmigungsjahr (Baualter), umbauter Raum, (oft auch) Nutzflächenberechnung

Für Mischnutzungen:

anteilige Aufteilung der Gesamtfläche in Wohnfläche und gewerbliche Nutzfläche

\* Berücksichtigt werden alle Vollgeschosse, nicht jedoch der Keller. Dachgeschosse unter Schrägdächern sind als halbes Geschoss anzurechnen.

**Datenschutz - Registratur der Kommunen:**

DS

Bei den Informationen aus der Registratur handelt es sich grundsätzlich um nicht öffentlich zugängliche Daten, die zunächst für einen anderen Zweck als die Erstellung eines Energienutzungsplans erhoben wurden. Eine Zweckänderung ist nur zulässig, wenn die Voraussetzungen des Art. 17 Abs. 2 BayDSG vorliegen. Ob diese Voraussetzungen vorliegen, ist im Einzelfall zu prüfen. Zulässig ist die Verwendung dieser Informationen, wenn der Betroffene eingewilligt hat oder es offensichtlich ist, dass es im Interesse des Betroffenen liegt und kein Grund zu der Annahme besteht, dass er in Kenntnis des anderen Zwecks seine Einwilligung hierzu verweigern würde (Art. 17 Abs. 2 Nr. 2 und 3 BayDSG). Diese Entscheidung sollte die Gemeinde bei der Bereitstellung der Bauakten für Zwecke des Energienutzungsplans dokumentieren.

**Bürgerumfrage**

Die Durchführung von Umfragen bildet eine Möglichkeit, reale Verbrauchsdaten für Wohngebäude zu ermitteln. Dafür können entsprechende Fragebögen in kommunalen Medien (Amtsblätter, Gemeindehefte) veröffentlicht oder als Wurfsendung an alle Haushalte verteilt werden. Größeren Erfolg verspricht eine direkte, persönliche Adressierung der Fragebögen, ist jedoch mit einem höheren Aufwand verbunden. Für Mehrfamilienhäuser ist es empfehlenswert, den Fragebogen zusammen mit einem entsprechenden Anschreiben direkt an die zuständigen Hausverwaltungen zu versenden.

Eine Umfrage sollte immer durch einen erklärenden Text oder ein Begleitschreiben mit verständlichen Informationen zur Begründung der Durchführung (Energienutzungsplan) ergänzt sein, insbesondere mit einem Hinweis auf Vorteile für jeden einzelnen Bürger (Mustertext in Anhang 6). Insgesamt soll der Fragebogen möglichst einfach und übersichtlich gestaltet sein. Ein Musterfragebogen findet sich in Anhang 5. Alternativ zum ausgefüllten Fragebogen kann auch, falls schon vorhanden, eine Kopie des Energieausweises eingereicht werden.

Als Nachteil von Bürgerumfragen erweist sich die in der Regel geringe Rücklaufquote, da die Bürger nicht zur Rückmeldung verpflichtet sind. Sie hängt stark vom erreichten Mobilisierungsgrad der Bürger ab. Untersuchungen im Landkreis München zeigten, dass die Rücklaufquote bezogen auf alle Wohngebäude meist bei ca. 10 % liegt. Aus diesem Grund ist die Bürgerumfrage primär zur Überprüfung anderer Datenquellen geeignet. So kann die durchschnittliche prozentuale Abweichung zwischen berechneten und abgefragten Werten als Korrekturfaktor für den gesamten Wohngebäudebestand veranschlagt werden.

Den Hauptaufwand bei der Durchführung von Umfragen bildet die Auswertung der Fragebögen.

**Datenschutz - Bürgerumfrage:**

DS

Bei der Durchführung einer Bürger-Umfrage ist von jedem Teilnehmer dessen Einverständnis zur Verwendung der abgegebenen Daten mit einzuholen. Dadurch können diese personenbezogenen Daten dann im Rahmen ihrer Zweckbindung verwendet werden. Ihre Darstellung bzw. Veröffentlichung erfolgt wie generell im Rahmen eines Energienutzungsplans nur anonymisiert.

Tabelle 3.7: Zeitaufwand für die einzelnen Datenquellen

Datenquelle	Zeitaufwand
Vor-Ort-Begehung/-Befahrung	1 - 2 Min. / Gebäude
Registratur der Bauämter	3 - 4 Min. / Gebäude
Bürgerumfrage	ca. 3 Min. / Gebäude
Gezielte Befragung von Betrieben	15 - 120 Min. / Gebäude

## Quellen für Betriebsdaten

### Daten zu Betrieben:

Name des Unternehmens, Adresse, Branche, Betriebsgröße am Standort (Beschäftigtenzahl), Kontaktdaten einer Ansprechperson

Betriebsbezogene Daten dienen neben einem Überblick über die Wirtschaftsstruktur der Gemeinde als Eingangsgrößen für die statistische Bewertung des Energiebedarfs auf Basis von Betriebstypen, ggf. zur Durchführung einer Befragung und zur Plausibilitätsprüfung.

Bei folgenden Stellen sind prinzipiell relevante Daten zu Betrieben verfügbar:

- Gewerbeamt  
(2.1, S.9, Checkliste Datengrundlagen)
- Amt für Wirtschaftsförderung
- Berufsständische Körperschaften
- Agentur für Arbeit
- Wirtschaftsauskunfteien

Das Amt für Wirtschaftsförderung ist oft in der Lage, die Liste der eingetragenen Gewerbe nach Relevanz zu ordnen und aktuelle Mitarbeiterzahlen zur Verfügung zu stellen. Für viele Berufsstände besteht eine Pflichtmitgliedschaft in der jeweiligen berufsständischen Körperschaft. Die dort gesammelten Daten eignen sich, um die Liste der Betriebe nach Relevanz zu sortieren. Eine vollständige Liste aller sozialversicherungspflichtig Beschäftigten führt die Bundesagentur für Arbeit [24]. Das Landesamt für Statistik hat Zugriff auf diese Datenbank. Erfüllt die Gemeinde die Voraussetzungen des § 16 Abs. 5 Satz 2 des Bundesstatistikgesetzes, darf sie auf diese Daten zugreifen. Ansonsten können zumindest auf Gemeindeebene aggregierte Daten, differenziert nach Wirtschaftszweigen angefordert und zur Plausibilitätsprüfung verwendet werden.

Von Wirtschaftsauskunfteien oder Datenhändlern werden (kostenpflichtig) Mitarbeiterzahlen für einen Großteil gemeindeansässiger Betriebe angeboten. Sie basieren auf verschiedenen nicht genannten Quellen und sind hinsichtlich ihrer Qualität für eine auf Kennwerten basierende Berechnung des Energiebedarfs nur bedingt geeignet. Ungenauigkeiten und Datenlücken müssen händisch, auf Basis einer Begehung oder telefonischer Nachfrage, korrigiert werden.

### Datenschutz - Betriebsdaten:



Daten zu Betrieben sind personenbezogene Daten, wenn daraus Rückschlüsse auf natürliche Personen gezogen werden können und unterliegen dann dem Bayerischen Datenschutzgesetz. Soweit Daten zu Betrieben keine personenbezogenen Daten enthalten, unterliegen sie der Geheimhaltungspflicht im Verwaltungsverfahren (Art. 30 Bayer. Verwaltungsverfahrensgesetz). Daten zu Betrieben sind für einen anderen Zweck erhoben als die Erstellung eines Energienutzungsplans. Die Zulässigkeit der Verwendung für den Energienutzungsplan ist datenschutzrechtlich im Einzelfall zu prüfen. Zulässig ist die Verwendung dieser Informationen, wenn der Betroffene eingewilligt hat oder es offensichtlich ist, dass es im Interesse des Betroffenen liegt und kein Grund zu der Annahme besteht, dass er in Kenntnis des anderen Zwecks seine Einwilligung hierzu verweigern würde (Art. 17 Abs. 2 Nr. 2 und 3 Bayer. Datenschutzgesetz). Die Entscheidung über die Verwendung anderweitig erhobener betriebs- und personenbezogener Daten für Zwecke des Energienutzungsplans sollte die Gemeinde in geeigneter Form dokumentieren.

Für das Gewerbeamt gelten allerdings erleichterte Voraussetzungen (§ 14 Abs. 6 und 7 Gewerbeordnung).

## Gezielte Befragung von Betrieben

Für Industriebetriebe sollte eine gezielte telefonische oder persönliche Befragung zur Erfassung der realen Verbrauchsdaten stattfinden, da sie nur bedingt durch statistische Werte abgebildet werden können. Eine Befragung kommt auch für größere Betriebe des Sektors GHD, Gewerbeimmobilien sowie Immobilienverwaltungen in Frage. Im Hinblick auf die Kosten sollte die Zahl der zu befragenden Betriebe jedoch sorgfältig festgelegt werden. Eine Hilfestellung dafür bilden die Aufstellung aller angemeldeten Betriebe und die oben genannten Quellen für Betriebsdaten. Die Befragung sollte im produzierenden Gewerbe ab einer Größe von 20 Beschäftigten, in büroähnlichen Gewerben ab 50 Beschäftigten durchgeführt werden (S.24). Im Hinblick auf die Erfassung von Energiepotenzialen ist es empfehlenswert, auch Abwärmemengen abzufragen (3.5.5, S.44). Ein Musterfragebogen findet sich in Anhang 7. Es sollten mindestens die Abschnitte I und II abgefragt werden. Befragungen können gut von Energieberatern durchgeführt werden, bei großen Industrieunternehmen auch von speziellen Ingenieurbüros. Die Bereitschaft zur Teilnahme steigt deutlich,

wenn die ausgewählten Betriebe im Vorfeld der Befragung durch ein Motivationsschreiben der Gemeinde (Mustertext im Anhang 8) informiert werden. Darin sollten Ablauf und Ziel eines Energienutzungsplans erläutert und die mit der Befragung beauftragte Stelle vorgestellt werden.

#### Datenschutz - Befragung von Betrieben:

DS

Bei der Durchführung gezielter Befragungen von Betrieben ist von jedem Teilnehmer dessen Einverständnis zur Verwendung der abgegebenen Daten mit einzuholen. Dadurch können diese Daten dann im Rahmen ihrer Zweckbindung verwendet werden. Ihre Darstellung bzw. Veröffentlichung erfolgt wie generell im Rahmen eines Energienutzungsplans nur anonymisiert.

## Abwasserzweckverbände

Die Abwasserzweckverbände berechnen ihre Gebühren vielfach über die sogenannten Beitragsgeschossflächen. Diese können prinzipiell herangezogen werden, um die Gesamtwohnflächen als Energiebezugsflächen der Gebäude zu ermitteln. Da die Beitragsgeschossflächen nach den Außenmaßen der Gebäude berechnet sind und der Keller mit eingeschlossen ist, muss eine Umrechnung der jeweiligen Beitragsgeschossfläche in die Gesamtwohnfläche erfolgen (S.20). Außerdem sind für manche Adressen mehrere Haupt- und Nebengebäude zusammengefasst (z. B. Wohnhaus und Stallungen), weshalb die Ergebnisse entsprechend zu überprüfen sind.

Obwohl viele Abwasserzweckverbände derzeit an der Digitalisierung ihres Datenbestandes arbeiten, liegen die Daten zu den Gebäudeentwässerungseingaben noch nicht für jede Gemeinde in digitaler Form vor. Außerdem werden die Abwasserbeiträge nicht immer nach der Geschossfläche berechnet, sondern besonders bei älteren Kanalanlagen über den sogenannten Baukostenindex.

#### Datenschutz - Abwasserzweckverbände:

DS

In der Regel sind Abwasserzweckverbände als Körperschaften öffentlichen Rechts organisiert, in denen die zugehörigen Kommunen Mitglieder sind. Bei den Beitragsgeschossflächen der Abwasserzweckverbände handelt es sich um Daten, die ursprünglich für einen anderen Zweck als die Erstellung eines Energienutzungsplans erhoben sind. Im Hinblick auf Art. 83 der Bayerischen Verfassung kann die Heranziehung dieser Daten jedoch gerechtfertigt werden. Eine Heranziehung der Daten ist nur mit Einwilligung der Betroffenen zulässig.

## Energieversorger und Netzbetreiber

Reale Wärmeverbrauchsdaten zu einzelnen Gebäuden lassen sich prinzipiell auch über die jeweiligen Abrechnungsdaten der Energieversorgungsunternehmen (Gas oder Fernwärme) gewinnen. Diese Daten könnten sehr genaue Ergebnisse liefern, allerdings ließe sich damit nur der jeweils mit Gas oder Fernwärme versorgte Teil des Gebäudebestandes abbilden.

Zusätzlich ist zu bedenken, dass aufgrund der Liberalisierung des Gasmarktes theoretisch viele verschiedene Gasanbieter in einer Gemeinde vertreten sein können, was die Komplexität der Datensammlung erhöht.

Eine Alternative bildet die Herausgabe von für das ganze Gemeindegebiet oder einzelne Teile davon zusammengefassten Verbrauchsdaten durch die jeweiligen Gasnetzbetreiber. Diese können gut für eine Plausibilitätsprüfung des siedlungs- oder gebäudebezogen ermittelten Gesamtwärmebedarfs herangezogen werden. Hierzu wird der ermittelte Gesamtwärmebedarf mit dem Gasverbrauchswert und dem Anteil gasversorgter Gebäude verglichen.

#### Datenschutz - Energieversorger und Netzbetreiber:

DS

DS

Die Herausgabe bzw. Veröffentlichung einzelner Verbrauchsdaten ist aufgrund datenschutzrechtlicher und verwaltungsverfahrenrechtlicher Vorschriften nur mit Einwilligung der Betroffenen oder nach einer Anonymisierung (bzw. Aggregation) zulässig.

### 3.2.6 Temperaturniveaus und Leistung

Die spätere Entwicklung von Energiekonzepten erfordert neben der Kenntnis von räumlich differenzierten Wärmebedarfswerten pro Jahr folgende weitergehenden Informationen:

- benötigte Temperaturniveaus
- auftretende Maximal- und Minimalleistungen (Höchst- und Grundlast)
- saisonale oder kurzfristige Schwankungen des Wärmebedarfs

Die Kenntnis dieser Parameter auf der Verbraucher-, aber auch auf der Erzeugerseite ermöglicht es, Wärmeverbraucher und Wärmequellen effizient zusammenzuführen. Um dies zu bewerkstelligen sind mindestens die Höchstlast und die Grundlast nötig, da sie die saisonalen, schwer durch Speicher zu puffernden Schwankungen charakterisieren.

#### Verbraucherseite

Wärmebedarf kann je nach Nutzungsart auf den unterschiedlichsten Temperaturniveaus bestehen (Tab. 3.8). Daneben bilden dessen zeitliche Schwankungen eine entscheidende Einflussgröße bei der Entwicklung von Wärmeversorgungskonzepten. Aus dem maximalen Leistungsbedarf in der kalten Jahreszeit bzw. aus der Gleichzeitigkeit des Bedarfs innerhalb eines Tages ergeben sich saisonal bzw. tageszeitlich zu deckende Höchstlasten und analog dazu die entsprechende minimale Last (Grundlast).

In Tabelle 3.9 sind spezifische, auf den Verbrauch (bzw. Bedarf) bezogene Richtwerte für Höchst- und Grundlast sowie die jeweils anzusetzende

**Tabelle 3.8: Typische Vorlauftemperaturen zur Deckung des Wärmebedarfs auf der Verbraucherseite**

Nutzung	Temperaturniveau
Raumwärme	
- freie Heizfläche (Heizkörper)	> 70 °C bzw. > 55 °C
- integrierte Fläche (Flächenheizung)	> 35 °C
Brauchwarmwasser	> 65 °C
Prozesswärme	30 - 300 °C
Spezialanwendungen	bis > 1.000 °C

Benutzungsdauer nach Haupt-Verbraucherklassen aufgeführt. Mit Hilfe dieser Werte kann das Lastverhalten für verschiedene Verbrauchergruppen evaluiert werden.

Die Tatsache, dass nicht alle Gebäude gleichzeitig Heizwärme bzw. Warmwasser benötigen, ist bei diesen Werten bereits berücksichtigt (Gleichzeitigkeit). Dementsprechend dürfen die Werte nur angewendet werden, wenn man Gruppen aus mehreren Einzelverbrauchern (Gebäuden) betrachtet, wie es im Zusammenhang mit den bei der Erstellung eines Energienutzungsplans verwendeten Rastereinheiten der Fall ist. Durch die integrierten Gleichzeitigkeitsfaktoren erklären sich auch die im Vergleich zu einer isolierten Betrachtung von Einzelgebäuden höheren angegebenen Benutzungsdauern.

Für jede Rastereinheit (2.2, S.11) kann mit Hilfe oben beschriebener Werte die erforderliche Leistung (Grund- und Höchstlast) errechnet werden (Flussdiagramm 3.5, S.32).

Falls der Wärmebedarf siedlungsbezogen ermittelt wurde (3.2.3, S.18), sind dabei die spezifischen Werte (Höchstlast und Grundlast) für

**Tabelle 3.9: Typische Leistungen für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude [25], [26]**

Verbraucherklassen	spez. Höchstlast [kW/(MWh/a)]	spez. Grundlast [kW/(MWh/a)]	Benutzungsdauer [h/a]
büroähnliche Betriebe	0,44	0,02	2.270
Herstellungsbetriebe	0,44	0,01	2.270
Handel	0,54	0,01	1.850
Beherbergung, Heime	0,32	0,04	3.120
Gaststätten	0,32	0,04	3.120
Nahrungsmittelgewerbe	0,41	0,05	2.440
Wäschereien	0,62	0,11	1.610
Krankenhäuser	0,37	0,03	2.700
Schulen, Kindergärten	0,44	0,02	2.270
EFH	0,45	0,01	2.220
MFH	0,36	0,02	2.800

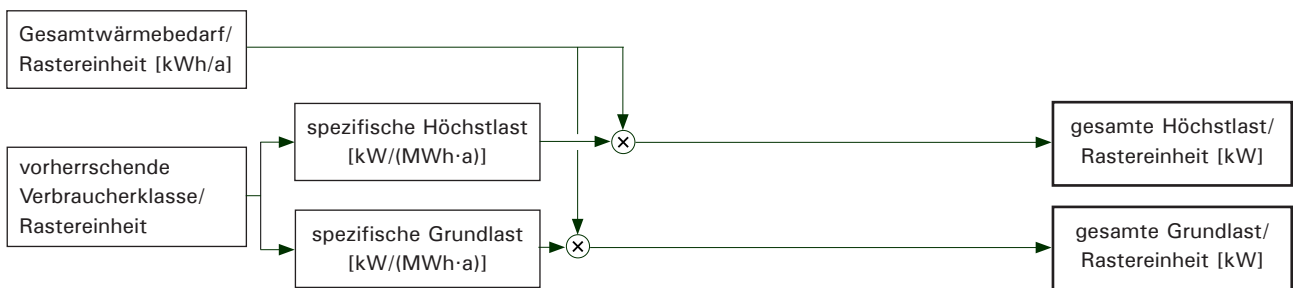


die innerhalb einer Rastereinheit vorherrschende Verbraucherklasse anzusetzen. Wurde der Wärmebedarf gebäudebezogen ermittelt (3.2.4. S.20), kann die Leistung differenzierter berechnet werden. Dabei multipliziert man den Bedarfswert jedes einzelnen Verbrauchers mit einem Leistungswert entsprechend der passenden Verbraucherklasse. Danach werden die solchermaßen produzierten Einzelwerte für Grund- und Höchstlast innerhalb einer Rastereinheit aufsummiert. Für GHD und Industrie sollten die Leistungswerte aufgrund der sehr unterschiedlichen Nutzungen immer zuerst gebäudespezifisch ermittelt und dann pro Rastereinheit aufsummiert werden.

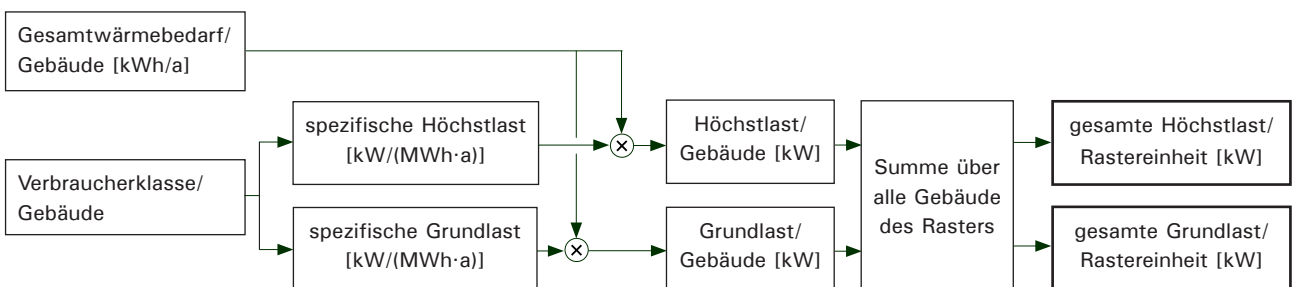
### Erzeugerseite

Auf der Erzeugerseite schwankt das Temperaturniveau je nach Wärmequelle zwischen unter 100 °C bei Solarthermie- und Geothermieanlagen und über 1.000 °C bei Feuerungsanlagen. Eine

Kategorisierung der Wärmequellen nach den Temperaturniveaus „niedrig“, „mittel“ und „hoch“ ist für eine erste Näherung ausreichend. Heizwerke können Wärme im Gegensatz zu thermischen Solaranlagen und Abwärmequellen zeitlich steuerbar bereitstellen. Eine sorgfältige Abstimmung zwischen Verbrauch und Erzeugung unter Einbeziehung der gegebenen Speichermöglichkeiten ist daher unumgänglich. In Bezug auf mögliche Wärmenetze ist zu bedenken, dass über Heißwasser technisch bedingt nur Temperaturen bis max. 140 °C bereitgestellt werden. Dampfnetze erlauben auch höhere Vorlauftemperaturen. Je größer die Spreizung zwischen Vor- und Rücklauftemperatur in einem Netz ist, desto effizienter wird die angeschlossene Wärmequelle ausgenutzt. Bei der Zusammenführung von Wärmeverbrauchern und Wärmequellen müssen die jeweiligen Werte zu Spitzen- und Grundlast abgeglichen werden, um den ggf. resultierenden Bedarf für zusätzliche Höchstlast-Anlagen ermitteln und die Rentabilität des Konzepts beurteilen zu können.



oder:



Flussdiagramm 3.5: Ermittlung der erforderlichen Höchst- und Grundlast je Rastereinheit



## 3.3 Strom

Anders als bei Wärme wird bei Strom ein einzelner Verbrauchswert für die ganze Gemeinde ermittelt. Der detaillierte Ortsbezug ist hier weniger relevant (Infobox 3.1, S.15).

### Realer Gesamtverbrauch

Empfohlen wird die Abfrage des gesamten jährlichen Stromverbrauchs einer Gemeinde beim Verteilnetzbetreiber. Idealerweise sollte der Ökostromanteil dabei gesondert ausgewiesen sein.

Obwohl in einer Gemeinde aufgrund der Strommarktliberalisierung theoretisch viele unterschiedliche Stromanbieter vorhanden sein können, ist für das Netz nach wie vor, zumindest bei kleineren Gemeinden, ein einziger Betreiber zuständig, bei dem die gesamte in das Gemeindegebiet fließende Strommenge erfasst ist. Im Gemeindegebiet direkt produzierter und selbst verbrauchter Strom (BHKW, Wasserkraftwerke, etc.) sollte ebenso bilanziert werden.

### Methode statistischer Werte

Falls der reale Stromverbrauch nicht vom Verteilnetzbetreiber bezogen werden kann, ist es möglich, stattdessen den statistischen Strombedarf einer Gemeinde mit Hilfe entsprechender Kennwerte abzuschätzen.

Die Verwendung des durchschnittlichen deutschen pro-Kopf-Verbrauchs bezogen auf alle Sektoren (6.500 kWh/a) erweist sich dabei als nicht zielführend, weil vor allem GHD und Industrie große Abweichungen verursachen können. Daher ist, wie auch bei Wärme, eine Unterscheidung zwischen Wohn- und Nicht-Wohngebäuden sinnvoll.

### Wohngebäude

Der statistische Stromverbrauch für diesen Bereich kann auf Basis verschiedener Bezugsgrößen überschlägig berechnet werden:

### Gesamtstromverbrauch Wohngebäude [kWh/a] [27], [28]

$$\begin{aligned}
 &= \text{Anzahl Haushalte} \times 3.165 \text{ [kWh/a]} \\
 &(\text{oder}) \\
 &= \text{Gesamtwohnfläche} \times 36,4 \text{ [kWh/(m}^2\text{a)]} \\
 &(\text{oder}) \\
 &= \text{Gesamteinwohnerzahl} \times 1.700 \text{ [kWh/a]}
 \end{aligned}$$

\* Ermittlung wie unter 3.2.4, S.20 beschrieben

### Nicht-Wohngebäude

Die Erhebung des Strombedarfs im Sektor GHD verläuft zusammen mit der des Wärmebedarfs (Flussdiagramm 3.4, S.25). Spezifische Gebäudedaten (Baualter) spielen dabei keine Rolle, d. h. die Unterscheidungsmerkmale reduzieren sich auf Art und die Größe des Betriebs. Kennwerte für typische Verbraucherklassen sind in Tabelle 3.10 aufgeführt.

Für öffentliche Liegenschaften und Industrie können bei der Ermittlung des Wärmeverbrauchs gleichzeitig die realen Stromverbrauchswerte erfasst werden (z. B. durch Befragungen). Alternativ dazu bietet es sich auch an, den Strombedarf des Bereichs der Nicht-Wohngebäude im Gemeindegebiet über aggregierte Beschäftigtenzahlen je Verbraucherklasse zu berechnen. Aggregierte Daten, die keinen Rückschluss auf einzelne Personen zulassen, können von der Agentur für Arbeit erworben werden.

Tabelle 3.10: Spezifische Stromverbrauchswerte GHD [18]

Verbraucherklassen	Flächenbezogener Kennwert [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Spez. Kennwert [kWh/(BZE·a)]	Bezugs-einheit (BZE)
büroähnliche Betriebe	52	2.420	Erw.
Herstellungsbetriebe	46	4.790	Erw.
Einzelhandel	61	5.000	Erw.
Großhandel	51	6.000	Erw.
Beherbergung, Heime	73	8.000	Erw.
Gaststätten	113	6.300	Erw.
Backgewerbe	190	7.400	Erw.
Fleischerei/Metzgerei	226	9.500	Erw.
restliche Lebensmittel	35	5.100	Erw.
Wäschereien	233	9.100	Erw.
Krankenhäuser	99	10.000	Planbetten
Schulen, Kindergärten	14	260	Schüler
Bäder	-	1.100	Beheizte Beckenfläche [m <sup>2</sup> ]

## 3.4 Energieinfrastruktur

Die Erfassung der Energieinfrastruktur bildet den aktuellen Stand der Energieversorgung in einer Gemeinde ab und liefert neben der Erfassung des Energiebedarfs eine entscheidende Grundlage für die Planung neuer Energiekonzepte. Erfasst und graphisch dargestellt werden Energieerzeugungsanlagen und Netzstrukturen zum Energietransport.

Für den Bereich Wärme betrifft dies an erster Stelle die größeren zentralen und dezentralen Erzeugungsanlagen sowie die Gas- und Wärmenetze. Da die aktuelle Wärmeversorgung von Gebäuden zu einem hohen Anteil auf individuellen, d. h. gebäude- oder sogar wohnungsspezifischen Lösungen beruht, sind, soweit möglich, auch private Einzelfeuerstätten bzw. Wärmeerzeugungsanlagen zu erfassen.

Für den Bereich Strom sind alle vorhandenen Erzeugungsanlagen aufzunehmen. Im Fall von Anlagen mit Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) deckt sich dies mit dem Bereich Wärme. Aufgrund der flächendeckenden Struktur des Stromnetzes muss dieses nicht detailliert erfasst werden.

### Größere Anlagen und Wärmenetze

Die hier zu betrachtenden größeren Energieversorgungsanlagen basieren in der Regel auf folgenden Technologien, ggf. mit jeweils unterschiedlichen Möglichkeiten des Brennstoffeinsatzes:

- Heizwerke
- Heizkraftwerke
- Kraftwerke
- Blockheizkraftwerke
- Geothermie(heiz)kraftwerke
- Wärmepumpen
- Photovoltaik-Anlagen
- Solarthermie-Anlagen
- Biogasanlagen
- Windkraftanlagen
- Wasserkraftanlagen

Davon sind sowohl die Anlagen öffentlicher wie auch privater Betreiber zu erfassen, zu verorten und mit den jeweils entsprechenden folgenden Daten zu hinterlegen:

- Anlagentyp (BHKW, HKW, etc.)
- ggf. Brennstoff (Gas, Biogas, Holz,...)
- Größe/Leistung
- Wirkungsgrad (thermisch/elektrisch)
- jährlich erzeugte Strom- und/oder Wärmemenge

- ggf. Temperaturniveau
- Grund- und Höchstlast
- Versorgungsgebiet (Abnehmer)
- ggf. Netzverlauf

### Individuelle Anlagen

Die Erfassung individueller Energieversorgungsanlagen bezieht sich in der Regel auf folgende Technologien:

- Einzelfeuerstätten (inkl. Mikro-BHKW)
- Wärmepumpen
- Solaranlagen (Solarthermie und Photovoltaik)

Die Erfassung der wärmeerzeugenden Einzelanlagen bildet dabei im Hinblick auf die Ermittlung des Anschlusspotenzials an gemeinschaftliche Versorgungskonzepte einen bedeutenden Faktor. Je nach vorherrschendem Brennstoff und durchschnittlichem Anlagenalter in einer Rastereinheit (2.2, S.11) kann man in Kombination mit dem ermittelten Wärmebedarf die mögliche Abnahmestruktur abschätzen.

Informationen zu individuellen Anlagen können neben den jeweils genannten spezifischen Datenquellen auch aus Bürgerumfragen (3.2.5, S.28 und Anhang 5) gewonnen werden. Als problematisch dabei erweist sich jedoch die zu erwartende geringe Rücklaufquote.

#### Einzelfeuerstätten

Sie sind flächendeckend und auf dem aktuellen Stand ausschließlich durch die zuständigen Kaminkehrer erfasst. Die Möglichkeiten einer Zusammenarbeit mit diesen sind im Einzelfall zu prüfen, da keine Verpflichtung zur Herausgabe der Daten besteht.

Folgende verwertbare Daten zu Einzelfeuerstätten können prinzipiell bei den Kaminkehrern abgefragt werden:

- Typ (Zentralheizung, Einzelofen, etc.)
- Brennstoff
- Kesselalter und -leistung

Aufgrund des Datenschutzes dürfen die ggf. bereitgestellten Daten generell nicht nach einzelnen Gebäuden oder Eigentümern in Karten dargestellt und veröffentlicht werden. Empfohlen werden anteilige bzw. durchschnittliche Darstellungen pro Rastereinheit (z. B. prozentuale Anteile der eingesetzten Brennstoffe, durchschnittliches Kesselalter).

DS

### Wärmepumpen

DS

Grundwasserbrunnen und Erdsonden, sofern sie ins Grundwasser eingebracht werden, sind genehmigungspflichtig. Das Genehmigungsverfahren erfolgt über die zuständige Kreisverwaltungsbehörde, so dass solche Anlagen dort abgefragt werden können.

Wärmepumpen mit Erdwärmekollektoren und Luftwärmepumpen werden dabei nicht erfasst, da sie keiner Genehmigungspflicht unterliegen (3.5.3, S.42). Im Hinblick auf den Datenschutz müssen die erfassten Wärmepumpen anonymisiert dargestellt werden. Dies kann anhand des prozentualen Anteils je Rastereinheit erfolgen (Abb. 3.5).

### Solaranlagen

Bei der Erfassung bestehender Solaranlagen ist unter Aufnahme der jeweiligen Größe grundsätzlich zwischen thermischen Kollektoren (Solarthermie) und Solarzellen (Photovoltaik) zu unterscheiden.

Eine relativ zeitaufwändige Möglichkeit zur Erfassung liegt in der Auswertung aktueller Luftbilder. Auch im Zuge einer Vor-Ort-Begehung (3.2.5, S.27 und Anhang 4) kann der Solaranlagenbestand im Gemeindegebiet abgebildet werden, ohne dass sich der Aufwand dabei signifikant erhöht.

DS

Falls ein lokales Förderprogramm für Solaranlagen besteht, können die darin erfassten Anlagen mit relativ geringem Zeitaufwand ausgelesen werden. Der Grad an Vollständigkeit hängt davon ab, seit wann das Förderprogramm bereits

DS

besteht. Landes- oder bundesweite Förderprogramme erlauben in der Regel keinen Zugriff auf die darin erfassten Daten oder nur aggregiert für das gesamte Gemeindegebiet (BAFA).

Gegebenenfalls müssen letztlich alle drei genannten Quellen kombiniert werden, um eine vollständige Erfassung der bestehenden Solaranlagen zu erreichen.

### Gasnetze

DS

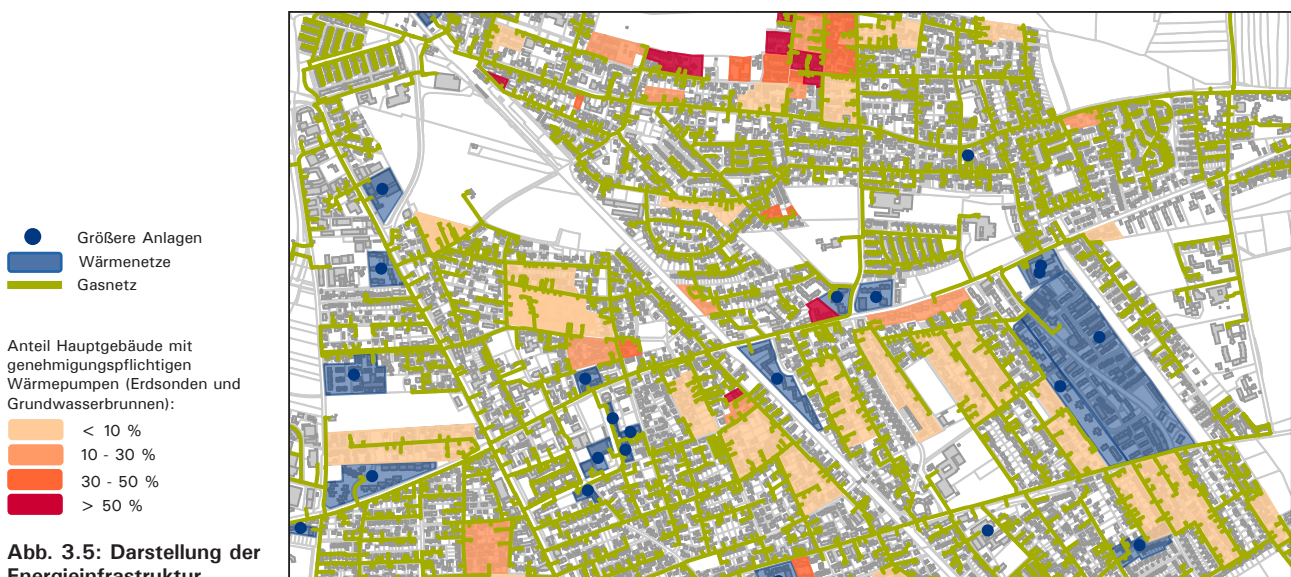
Gasnetzpläne erlauben die Identifikation von gasversorgten Gebieten. Sie liegen bei den Gasnetzbetreibern vor und können dort angefordert werden. Digital zur Verfügung gestellt, lassen sie sich in das verwendete GIS einlesen.

### Infobox 3.5: EEG-Anlagen

DS

Gemäß §52 EEG 2009 sind Netzbetreiber und Elektrizitätsversorgungsunternehmen dazu verpflichtet, Daten zu EEG-geförderten Anlagen (z. B. Photovoltaik- und Biogasanlagen) im Internet zu veröffentlichen (Standort, Leistung, Jahr der Inbetriebnahme etc.). Diese Daten sind somit öffentlich zugänglich und können ergänzend zur Erfassung der Energieinfrastruktur herangezogen werden.

## Beispiel: Darstellung der Energieinfrastruktur am Beispiel der Gemeinde Ottobrunn



## 3.5 Energiepotenziale

### 3.5.1 Solarenergie

Die Betrachtung des Solarpotenzials beschränkt sich in diesem Leitfaden auf die Energiemenge, die über Photovoltaik bzw. Solarthermie auf den vorhandenen Dachflächen aller Gebäude in einer Gemeinde (Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude einschließlich Nebengebäuden) innerhalb eines Jahres gewonnen werden kann. Prinzipiell ist jedoch auch die Integration von Solaranlagen in die Fassade möglich.

Für die Ermittlung des oben definierten Solarpotenzials muss berücksichtigt werden, welche Dachflächen bzw. deren Anteile für eine Solarenergienutzung in Frage kommen. Denkmalschutzgebäude, die sich nicht für die Installation von Solaranlagen eignen, sind dabei auszuschließen. Darauf aufbauend ist zu ermitteln, wie viel Solarstrahlung jährlich auf die Dachflächen einfällt. Dafür werden zwei verschiedene Methoden unterschiedlichen Genauigkeitsgrads und Zeitaufwands beschrieben.

Die ermittelte jährlich nutzbare Solareinstrahlung lässt sich entweder der Wärmeerzeugung über solarthermische Kollektoren oder der Stromerzeugung über Photovoltaikzellen zuführen. Insofern muss zur Ermittlung des tatsächlichen Solarpotenzials (in Menge Wärme und/oder Strom) immer ein konkretes Nutzungsszenario gebildet werden. Vier denkbare Szenarien sind hier beschrieben:

- 100 %-Solarthermie-Szenario: ausschließliche Umwandlung der jährlich nutzbaren Solarstrahlung in Wärme
- 100 %-Photovoltaik-Szenario: ausschließliche Umwandlung der jährlich nutzbaren Solarstrahlung in Strom
- bedarfsorientiertes Szenario I (Brauchwarmwasser): solarthermische Nutzung des Dachflächenanteils, der dem jährlich üblicherweise solar deckbaren Anteil (max. 60 %) [30] des Gesamtbrauchwarmwasserbedarfs in der Gemeinde entspricht; die dann noch verbleibenden Dachflächen werden zur Stromerzeugung verwendet
- bedarfsorientiertes Szenario II (Brauchwarmwasser u. Heizungsunterstützung): solarthermische Nutzung des Dachflächenanteils, der dem jährlich typischerweise solar deckbaren Anteil (max. 25 %) [30] des

Gesamtheizwärme- und Brauchwarmwasserbedarfs entspricht; die dann noch verbleibenden Dachflächen werden zur Stromerzeugung verwendet.

Im Hinblick auf die große jahreszeitliche Diskrepanz zwischen Heizwärmebedarf und Solarstrahlungsangebot kann Szenario I als das realistischste und im Normalfall sinnvollste betrachtet werden.

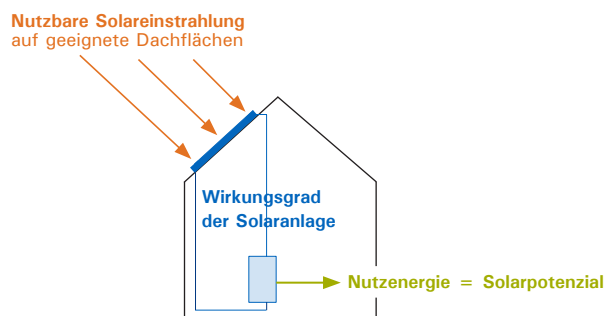


Abb. 3.6: Schematische Darstellung der Solarenergienutzung in einem Gebäude (Solarthermie)

Tabelle 3.11: Richtwerte zu Solaranlagen [31]

<b>Jahresnutzungsgrad Solarthermie-Anlagen</b> (inkl. Leitungs- und Speicherungsverluste)	
- Brauchwarmwasserbereitung	ca. 30 - 35 %
- Brauchwarmwasserbereitung und Heizungsunterstützung	ca. 20 - 25 %
<b>Jahresnutzungsgrad Photovoltaik-Anlagen</b> (mono-/polykristallin, inkl. Umwandlungsverluste)	ca. 8 - 9 %
<b>Photovoltaik-Anlagen:</b> 1 kWp entspricht ca. 10 m <sup>2</sup> Modulfläche oder ca. 1.000 kWh/a	

#### Infobox 3.6: PV-Freiflächenanlagen (FFA)

Aufgrund der vielfältigen bestehenden Flächennutzungsansprüche werden keine direkten Empfehlungen zu FFA gegeben. Je nach Leistung, Zelltechnik und Abstand der Module variiert die dafür benötigte Fläche zudem. Der durchschnittliche Flächenbedarf aller bisher in Deutschland erfassten Anlagen liegt rechnerisch bei rund 4,1 ha je MW<sub>p</sub> (131 FFA, 165 MW<sub>p</sub> - Stand: 31.07.2007). Hierbei handelt es sich um die gesamte Grundfläche (Generatorenflächen, Zwischenräume, Wege, Randstreifen sowie Ausgleichsflächen innerhalb des Grundstücks) [32], [33].

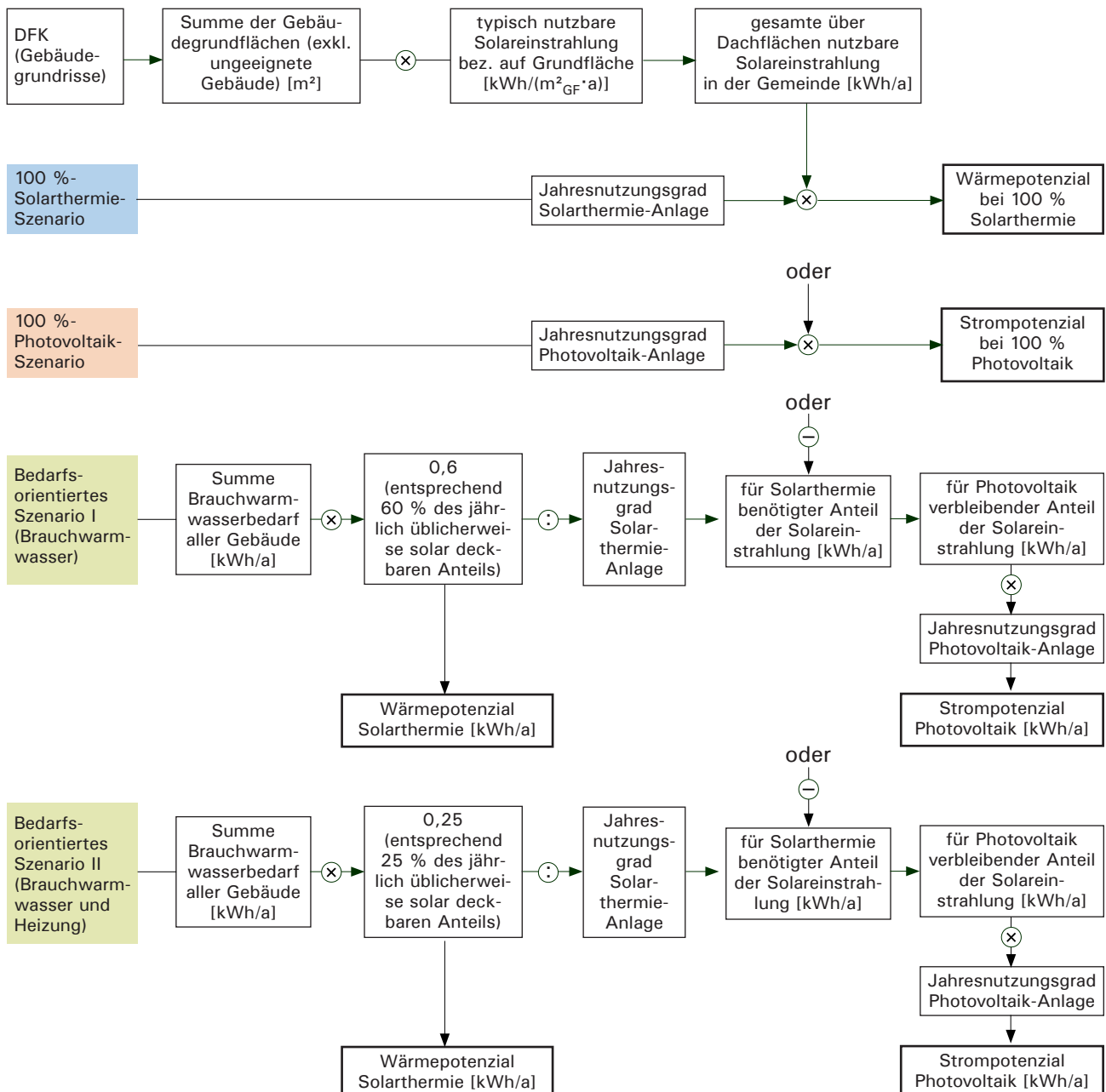
## Methode geringer Genauigkeit zur groben Abschätzung des Solarpotenzials für das gesamte Gemeindegebiet

### Erforderliche Daten:

- Gebäudegrundflächen (DFK)
- Einordnung der Gemeinde in die für sie zutreffende Strahlungszon

Bei der Methode geringer Genauigkeit [34] wird ein pauschaler Wert für die jährlich nutzbare Solareinstrahlung pro m<sup>2</sup> Gebäudegrundfläche

verwendet. Dabei wurde für jede der fünf in Bayern vorkommenden Strahlungszonen ein entsprechender Wert entwickelt (Anhang 9). Diese Werte basieren auf der Untersuchung mehrerer bayerischer Gemeinden, in denen die Dachflächen auf ihre Eignung für die Solarnutzung hinsichtlich Flächenanteil, Neigung und Ausrichtung analysiert wurden. Berücksichtigt sind alle süd-, ost-, west-, süd-ost- und süd-west-orientierten Steildächer sowie alle Flachdächer auf Haupt- und Nebengebäuden.



Flussdiagramm 3.6: Ermittlung des Solarpotenzials, Methode geringer Genauigkeit



Bei der Anwendung der Methode wird zuerst die Summe aller Gebäudegrundflächen der Gemeinde aus der digitalen Flurkarte entnommen. Die Grundflächen denkmalgeschützter Gebäude werden entsprechend der geringen Genauigkeit pauschal abgezogen, unabhängig von einer individuellen Prüfung der Eignung zur Solarenergienutzung. Die Summe der Gebäudegrundflächen wird dann mit dem für die jeweilige Gemeinde zutreffenden Wert der nutzbaren Solareinstrahlung pro m<sup>2</sup> Gebäudegrundfläche aus Anhang 9 multipliziert. Ergebnis ist die jährlich über Dachflächen nutzbare Solarstrahlung, für deren Nutzung die verschiedenen Szenarien angesetzt werden können (Flussdiagramm 3.6). Diese Methode erlaubt aufgrund der wenigen benötigten Datengrundlagen und des geringen Zeitaufwands eine erste und schnelle Abschätzung des gesamten Solarpotenzials in einer Gemeinde, z. B. um einen Vergleich mit dem ermittelten Wärmeverbrauch (3.2, S.15) anstellen zu können. Allerdings lassen sich damit keine Aussagen zum Solarpotenzial einzelner Gebäude oder zur räumlichen Verteilung besonders geeigneter Dachflächen treffen.

### Methode hoher Genauigkeit zur gebäudescharfen Abschätzung des Solarpotenzials

#### Erforderliche Daten:

- Luftbilder (und Bebauungspläne)
- statistische Strahlungswerte je Neigung und Orientierung für die Gemeinde

Die Methode hoher Genauigkeit [34] (Flussdiagramm 3.7) basiert auf der Betrachtung jedes einzelnen Gebäudes in einer Gemeinde und ist damit mit einem deutlich höheren Zeitaufwand verbunden.

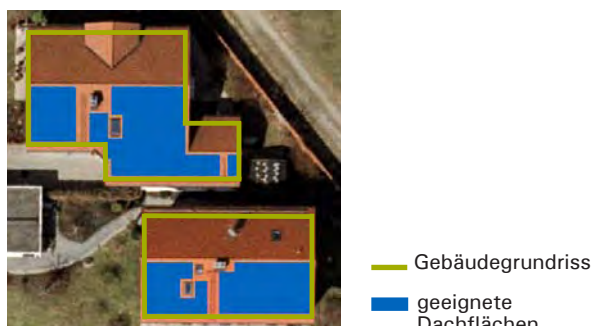


Abb. 3.7: Beispiel für die graphische Ermittlung nutzbarer Dachflächen anhand von Luftbildern

Dachflächen, die sich zur Solarenergienutzung eignen, werden unter Zuhilfenahme von Luftbildern, der digitalen Flurkarte und gegebenenfalls Bebauungsplänen grafisch ermittelt. Auszuschließen sind dabei ungeeignete Gebäude, nicht nutzbare Dachflächenbereiche sowie Abschattungsbereiche aufgrund von Kaminen, Dachgauben, Bäumen, nebenliegenden Gebäuden u. a. (Abb. 3.7). Unberücksichtigt bleiben im Hinblick auf eine für die Solarenergienutzung geeignete Orientierung auch alle nord-, nord-ost- und nord-west-orientierten Dachflächen.

Für die so ermittelten nutzbaren Dachflächenanteile pro Gebäude wird unter Einbindung von statistischen Solarstrahlungswerten je Standort und entsprechend der Dachneigung und -orientierung die jährlich nutzbare solare Einstrahlung berechnet. Statistische Strahlungswerte je nach Neigung und Orientierung können unterschiedlichen Quellen (z. B. [35]) entnommen werden. Diese sind nicht identisch mit den im Anhang 9 aufgelisteten, auf die Gebäudegrundfläche bezogenen Werten. Für die Dachneigung kann ein für die Region typischer Mittelwert veranschlagt werden. Die Entnahme der Dachneigungen aus den Bebauungsplänen erlaubt, falls verfügbar, eine differenziertere Einbeziehung dieses Faktors.

Für alle Flachdächer wird angenommen, dass die Kollektoren darauf so installiert werden, dass eine maximale jährliche Einstrahlung erzielt wird. Dies ist über das ganze Jahr betrachtet bei einer Süd-Orientierung und 35° Neigung der Fall. Möchte man die Einstrahlung für den Winter- bzw. Sommerfall optimieren, erhöht bzw. reduziert sich der optimale Neigungswinkel.

Bei auf Flachdächern installierten Kollektoren muss zusätzlich die Verschattung berücksichtigt werden (Abb. 3.8). Das heißt, der Abstand zwischen den Kollektoren muss so groß sein, dass sich diese auch beim niedrigsten Sonnenstand

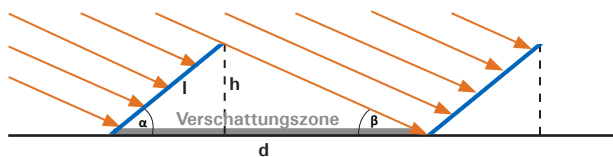


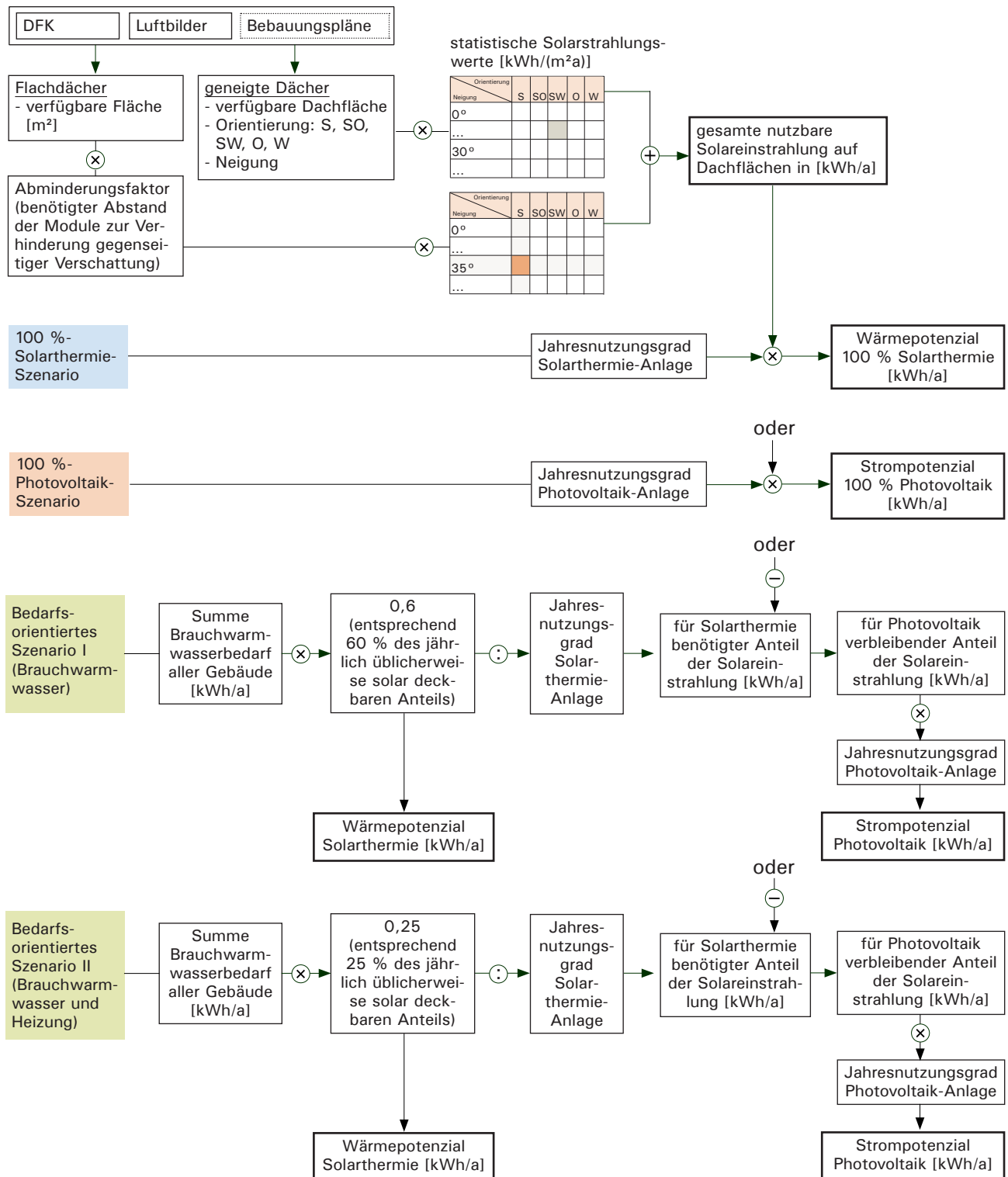
Abb. 3.8: Abschattungsbereich bei Flachdächern

Referenz: [36]



im Winter nicht gegenseitig verschatten. Für den geringsten in Bayern auftretenden Sonnenstand von ca. 18° bedeutet dies, dass bei einer Kollektorneigung von 35° die Kollektorfläche nur

noch knapp 40 % der gesamten verfügbaren Flachdachfläche entspricht. Daraus resultiert ein überschlägiger Abminderungsfaktor von 0,4.



### 3.5.2 Biomasse

Der Begriff Biomasse umfasst alle nicht-fossilen Stoffe organischen Ursprungs. Demnach zählen zwar auch Stoffe tierischer Herkunft zur Biomasse, primär kann diese jedoch nur von Photosynthese betreibenden Pflanzen erzeugt werden. Vom Menschen wird Biomasse auf vielfältige Weise genutzt. Die essentiellste dieser Nutzungen ist die Ernährung.

Theoretischer Flächenbedarf zur Bereitstellung von 100 % des Bedarfs an Nahrungsmitteln in Deutschland: **0,18 ha / Kopf** [37]

Die Nutzung von Biomasse wird letztlich von vielen global verwobenen Einflussfaktoren und Entscheidungsprozessen bestimmt. Daher erweist sich die Ermittlung bzw. das Ausweisen von auf die kommunale Ebene begrenzten Potenzialen zur energetischen Nutzung als schwierig.

Im Folgenden werden grundlegende Informationen bzw. grobe Richtwerte zum Biomassepotenzial gegeben und nicht etwa verbindliche Ziel- oder Maximalwerte definiert.

Biomasse kann grundsätzlich nach biogenen Rohstoffen und biogenen Reststoffen unterschieden werden. Biogene Rohstoffe sind z. B. Waldholz oder Energiepflanzen, die gezielt zur Nutzung durch den Menschen angebaut werden. Biogene Reststoffe hingegen sind verwertbare Nebenprodukte oder Abfallstoffe aus Prozessen, die primär einem anderen Zweck dienen (z. B. Abfälle aus der Holzverarbeitenden Industrie, Ernterückstände). Auch wird zwischen Biomasse aus der Forstwirtschaft und solcher aus der Landwirtschaft differenziert.

#### Forstwirtschaftliches Potenzial

Holz kann auf viele Weisen zum Erreichen der Energie-Ziele einer Kommune beitragen. Einerseits durch Energieerzeugung, andererseits durch Einsparung von Herstellungenergie im Vergleich zu anderen Baustoffen („graue Energie“). Holz-

dämmstoffe schützen sehr wirksam gegen Kälte im Winter und Hitze im Sommer. Kombilösungen aus Wärmedämmung, Holzbrennstoffen und Solarenergie ermöglichen in vielen Fällen eine vollständig regenerative Energieversorgung. Holz wächst immer wieder nach, ist jedoch in der Menge begrenzt. Eine weitestgehend auf Holz basierende Energieversorgung ganzer Gemeinden ist daher nur in Ausnahmefällen zu empfehlen. Sinnvoller ist meist eine Kaskadennutzung: Holz nachhaltig produzieren und ernten, zunächst stofflich nutzen, ggf. stofflich recyceln und schließlich in geeigneten Anlagen energetisch verwerten.

Für die Potenzialermittlung sollte zunächst die nachhaltig nutzbare Holzmenge abgeschätzt werden. Davon abgezogen werden die Mengen, die der stofflichen Verwertung zugeführt werden, aufgrund ökologischer und/oder wirtschaftlicher Belange im Wald verbleiben oder aus anderen Gründen nicht mobilisiert werden können. Wesentlich für die Mobilisierung des Potenzials ist nicht nur die Marktlage für die Energieholzsortimente, sondern auch für die Sortimente, die der stofflichen Nutzung zugeführt werden. Letztendlich entscheiden die Waldbesitzer, ob und an welchen Abnehmer sie das Holz verkaufen. Parallel dazu sollte auch untersucht werden, welcher Anteil dieses Potenzials bereits in den vorhandenen Holzverbrennungsanlagen (individuelle sowie große Anlagen, 3.4, S.34) genutzt wird. So kann das tatsächlich in der Gemeinde zur Verfügung stehende Potenzial ermittelt werden. Die jeweiligen Besitzstrukturen in einer Gemeinde müssen dabei immer individuell untersucht werden. Grundsätzlich ist zu bedenken, dass ein Klein-Privatwald schwierig zu bewirtschaften ist und die darin vorhandenen Potenziale dementsprechend schwer zu erschließen sind. Interessierte Kommunen sollten daher zunächst mit den forstlichen Zusammenschlüssen (Forstbetriebsgemeinschaft, Waldbesitzervereinigung), den Forstbetrieben der BaySF und den Forstbehörden (AELF) Kontakt aufnehmen.

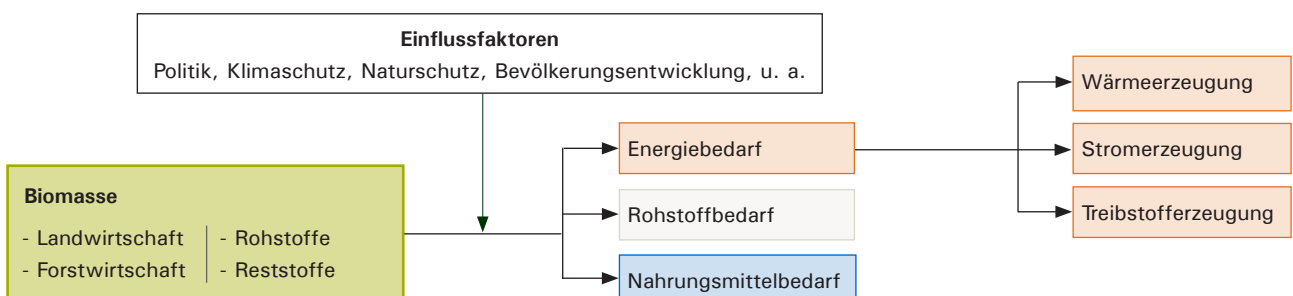


Abb. 3.9: Biomassenutzungsarten

## Landwirtschaftliches Potenzial

In der Praxis hängen die Möglichkeiten zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Erzeugnisse in hohem Maße vom Einfluss des Weltagrarmarktes und der Kooperationsbereitschaft ortsansässiger Landwirte ab, z. B. für eine längerfristige Bindung an Lieferverträge. Hilfreich für die Findung kommunaler Ziele hinsichtlich der energetischen Nutzung von Biomasse ist die Ermittlung des bereits genutzten Potenzials. Im Fall vorhandener Biogasanlagen beispielsweise kann ermittelt werden, welcher Anteil der landwirtschaftlichen Fläche rein rechnerisch bereits für die Bereitstellung des Substrats eingenommen wird, wobei in der Praxis meist grenzüberschreitende Stoffströme vorliegen. In den Tabellen 3.12 und 3.13 sind die flächenbezogene Energieausbeute einiger gängiger Energiepflanzen sowie Richtwerte zur Biogaserzeugung zusammengestellt, mit Hilfe derer überschlägige Flächennutzungsszenarien gebildet werden können.

**Tabelle 3.12: Überschlägige Massen- und Wärmeerträge ausgewählter Energiepflanzen [38], [39]**

Rohstoff	Massenertrag [t/(ha·a)]	Bruttojahresbrennstofftrag [kWh/(ha·a)]
Getreideganzpflanzen	13 (w = 20 %)	51.000
Miscanthus	15 (w = 15 %)	61.000
Kurzumtriebsplantagen (Pappeln/Weiden)	12 (w = 15 %)	51.000
Rapsöl	1,5	15.625
Maissilage	50 (w = 70 %)	50.000 (Biogas)

w: Wassergehalt

**Tabelle 3.13: Richtwerte zur Energieerzeugung aus Biogas [40], [41], [42], [43]**

<b>Biogasertrag</b>	
- Grassilage	170 - 200 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
- Maissilage	200 - 230 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
- Weizen (Körner)	ca. 640 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
- Gülle (Rinder)	20 - 60 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
- Bioabfälle	80 - 120 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
- Grünschnitt	100 - 200 m <sup>3</sup> /t <sub>FM</sub>
<b>Bodenertrag</b>	
- Maissilage	ca. 50 t <sub>FM</sub> /(ha·a)
- Getreide	ca. 7 t <sub>FM</sub> /(ha·a)
<b>Heizwert Biogas*</b>	6 kWh/m <sup>3</sup>
<b>Typ. Wirkungsgrad Biogas-BHKW</b>	
- elektrisch	30 - 40 %
- thermisch	40 - 65 %
- gesamt	70 - 95 %

\* bei Methan 60 Vol.%, Kohlendioxid 30 Vol.%, Restgas 2 Vol.%  
FM: Frischmasse

## Reststoffpotenzial

Biogene Reststoffe entstehen in Form von nicht genutzten Nebenprodukten oder Abfallstoffen bei verschiedenen Prozessen oder Stoffkreisläufen. Sie bieten sich daher bevorzugt für eine energetische Verwertung an. Beispiele sind Ernterückstände, Landschaftspflegematerial sowie Abfälle aus der Holzverarbeitenden Industrie oder der Nahrungsmittelproduktion.

Die Verfügbarkeit biogener Reststoffe in einer Gemeinde muss vor allem in Bezug auf solche, die im Gewerbe oder in der Industrie anfallen, individuell geprüft werden, z. B. im Rahmen einer gezielten Befragung von Betrieben (3.2.4, S.20, 3.2.5, S.29 und Anhang 7).

In Tabelle 3.14 sind durchschnittliche Werte zur Energieausbeute einiger flächenbezogen anfallender Reststoffe zusammengestellt.

**Tabelle 3.14: Überschlägige Massen- und Wärmeerträge ausgewählter biogener Reststoffe [39]**

Reststoff	Masseertrag (w = 15 %) [t/(ha·a)]	Bruttojahresbrennstofftrag [kWh/(ha·a)]
Getreidestroh	6	24.000
Rapsstroh	4,5	18.000
Landschaftspflegeheu	4,5	18.000

w: Wassergehalt

Referenz: [39], [41], [42], [43], [44], [45]

### 3.5.3 Oberflächennahe Geothermie

Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Wärme, die im oberen Bereich der Erdkruste (bis etwa 400 m) gespeichert ist. Da die oberflächennahe Erdwärme auf einem relativ niedrigen Temperaturniveau vorliegt (durchschnittlich 8 bis 12 °C), ist ihre Nutzbarmachung für Heizzwecke nur in Kombination mit einer Wärmepumpe möglich.

Zu diesem Zweck wird die Erdwärme entweder durch Erdwärmekollektoren (horizontale Flachkollektoren in ein bis zwei Metern Tiefe), Erdsonden (vertikal eingebaute Wärmetauscher bis in der Regel 100 m Tiefe) oder Grundwasserbrunnen erschlossen.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie ist zu einem hohen Grad flächendeckend möglich.

Erdwärmekollektoren sind nahezu unbegrenzt einsetzbar, sofern ausreichend Platz vorhanden ist. Grundwasserbrunnen und Erdsonden, sofern sie ins Grundwasser eingebracht werden, erfordern eine spezifische wasserrechtliche Behandlung. In Wasserschutzgebieten ist ihr Einsatz grundsätzlich unzulässig. Zusätzlich ist der Betrieb von Grundwasserbrunnen nur möglich bzw. wirtschaftlich, wenn die Grundwasser führende Schicht (Aquifer) nicht zu tief liegt. Nach [46] liegt die Wirtschaftlichkeitsgrenze von Grundwasserbrunnen zwischen 20 und 50 m Tiefe. Die Nutzung von Erdsonden ist sehr verbreitet möglich. Bei Böden mit einer ungünstigen Beschaffenheit hinsichtlich der Wärmeleitfähigkeit (z. B. trockener Sand/Kies) ist die entziehbare Wärmemenge jedoch sehr gering.

Die Nutzung oberflächennaher Geothermie eignet sich vor allem für die individuelle, gebäudebezogene Wärmeversorgung mit Niedertemperatur-Heizsystemen, weshalb kein absolutes Gesamtpotenzial ausgewiesen werden kann. In Tabelle 3.15 finden sich Auslegungswerte für die verschiedenen Technologien.

Hinsichtlich der späteren Konzeptentwicklung ist zu untersuchen, wo und in welcher Form im Gemeindegebiet eine Nutzung möglich ist. Dafür kann die Karte „Für oberflächennahe Geothermie nutzbare Wärmequellen und Wärmesenken“ in [46] herangezogen werden (Abb. 3.10).

Zu bedenken ist auch, dass eine Wärmeversorgung durch oberflächennahe Geothermie nicht für alle Gebäude gleichermaßen sinnvoll ist. Geeignet sind in erster Linie Heizsysteme mit

niedriger Vorlauftemperatur (Flächenheizung), da hier der durch die Wärmepumpe zu leistende Temperaturhub und damit die erforderliche Antriebsenergie begrenzt bleiben. In der Regel wird dies nur in neueren Wohngebieten der Fall sein. Die Ausweisung von geeigneten Gebieten zur Nutzung oberflächennaher Geothermie lässt sich dadurch weiter präzisieren.

Bei der konkreten Planung im Einzelfall sind dann Bodenbeschaffenheit, Grundwasserstand, -temperatur und -zusammensetzung genauer zu untersuchen.

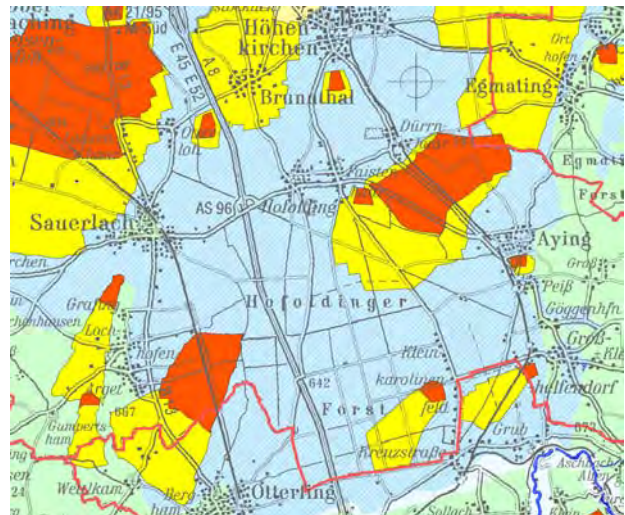


Abb. 3.10: Ausschnitt aus der Karte „Für oberflächennahe Geothermie nutzbare Wärmequellen und Wärmesenken“ [46]

- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand größer als 20 m
- Für Erdwärmesonde hydrogeologisch/ausbautechnisch günstig; Festlegung der maximalen Bohrtiefe nach Einzelfallprüfung
- Schutzgebiet festgesetzt: WSG Zone III, IIIA, IIIB und HQSG Zone III, III/1, III/2, B
- Schutzgebiet festgesetzt: WSG Zone I, II und HQSG Zone I, II, A

Tabelle 3.15: Beispielhafte Auslegungswerte bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie [46]

Technologie	Auslegungswerte
Erdwärmekollektor	- Kollektorfläche: 15-30 m <sup>2</sup> /kW <sub>Heizleistung</sub> - spez. Entzugsleistung <sup>1)</sup> : 10-40 W/m <sup>2</sup>
Erdwärmesonde	- spez. Entzugsleistung <sup>1) 2)</sup> : 20-80 W/m
Grundwasserbrunnen	- spez. Grundwasserförderate <sup>3)</sup> : 0,25 m <sup>3</sup> /(h·kW <sub>Verdampferleistung</sub> )

1) jährliche Betriebsdauer ca. 1.800-2.400 h

2) nur Wärmeentzug, Leistung Heizungsanlage < 30 kW

3) ΔT = 6 K

Referenz: [46]



### 3.5.4 Tiefengeothermie

Bei der Tiefengeothermie wird Erdwärme in Tiefen zwischen 400 m und mehreren Kilometern erschlossen. Dies ist nicht in allen Regionen Bayerns möglich und hängt davon ab, ob ein Aquifer (Grundwasser führende Schicht) mit ausreichend hoher Temperatur (80 bis 150 °C) und Schüttung in einer erschließbaren Tiefe vorhanden ist.

Bei einem Temperaturniveau über 100 °C kann Tiefengeothermie zur Stromerzeugung eingesetzt werden. Um die dafür entnommene geothermische Wärme optimal auszunutzen, ist es erforderlich, die nach der Stromerzeugung zurückbleibende Restwärme zur Wärmeversorgung einzusetzen. Dies kann sinnvollerweise über Wärmenetze erfolgen.

Ist die Temperatur des Tiefenwassers von Grund auf für eine effiziente Stromerzeugung zu niedrig, kann sie direkt zur ausschließlichen Wärmeversorgung eingesetzt werden.

Im Gegensatz zur oberflächennahen Geothermie ist die Tiefengeothermie aufgrund des hohen finanziellen und technischen Aufwands nur in Verbindung mit gemeinschaftlichen Versorgungskonzepten denkbar. Dafür muss sichergestellt werden, dass eine ausreichend hohe Zahl von Wärmeabnehmern vorhanden ist.

In Bayern bildet das Süddeutsche Molassebecken prinzipiell das einzige zur Nutzung von Tiefengeothermie geeignete Gebiet (Abb. 3.11 und Abb. 3.12). Wasser mit einer Temperatur von über 100 °C kann dort in Tiefen von weniger als 4.000 m erschlossen werden. Für eine Prüfung im Einzelfall sind aber auch in diesem Gebiet detaillierte Untersuchungen, unter anderem zu Temperatur und Schüttung, und entsprechende Probebohrungen durchzuführen. Darüber hinaus unterliegt die Nutzung von Tiefengeothermie dem Bergrecht.

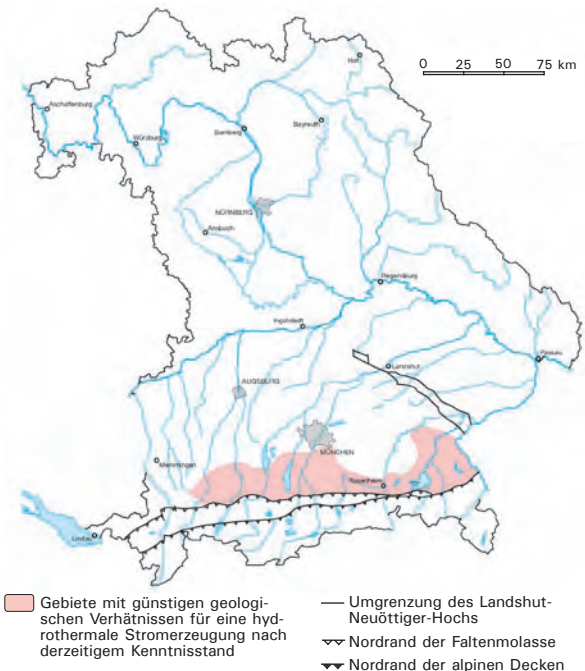


Abb. 3.11: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Stromerzeugung [47]

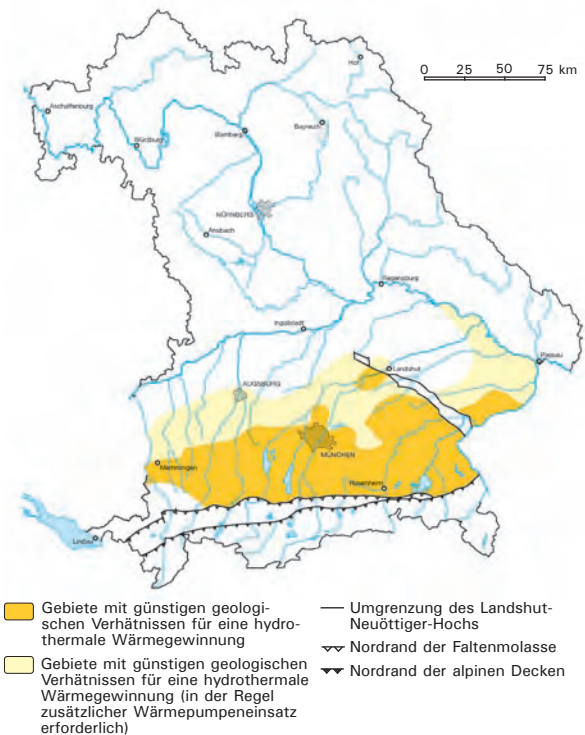


Abb. 3.12: Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeerzeugung [47]

### 3.5.5 Abwärme

#### Erforderliche Daten:

Wärmeträger, verfügbare Wärmeleistung, verfügbare Wärmemenge, Temperaturniveau, zeitlicher Anfall, Verortung, Firmenname, Branche (je Abwärmequelle)

Allgemein versteht man unter Abwärme ungenutzte, an die Umgebung abgegebene thermische Energie. Die sinnvolle Nutzung von Abwärme kann einen wichtigen Beitrag für eine effiziente und nachhaltige Energieversorgung liefern.

Abwärme entsteht in verschiedenen Formen, z. B. als „verbrauchtes“ Kühlwasser, als Abwasser, als Abgas oder als Abluft. Grundsätzlich kann sie in all diesen Formen genutzt werden. Dafür ist entscheidend, ob entsprechende Abnehmer (z. B. Wohnsiedlungen) vorhanden sind, ob und mit welchem Aufwand die Wärme ausgekoppelt werden kann, wie sie zeitlich zur Verfügung steht und auf welchem Temperaturniveau sie vorliegt.

Je nachdem kann die verfügbare Abwärme dann direkt genutzt werden (z. B. zur Speisung eines Nahwärmenetzes), oder aber sie muss z. B. mittels einer Wärmepumpe vorher auf ein höheres Temperaturniveau angehoben werden.

Das jeweilige Abwärmepotenzial entspricht letztlich dem Anteil an Wärme, der aus dem Entstehungsprozess (z. B. industrieller Fertigungsprozess) technisch ausgekoppelt werden kann. Dies gestaltet sich sehr individuell und muss daher in jedem Fall einzeln geprüft werden. Eine der Hauptquellen für Abwärme sind Industriebetriebe. Daher sollten bei deren Befragung im Zuge der Ermittlung des Wärmeverbrauchs (3.2.4, S.20, 3.2.5, S.29 und Anhang 7) auch ggf. vorhandene Abwärmemengen erfasst werden.

Eine detaillierte Hilfestellung für die Erfassung des Abwärmepotenzials in einer Gemeinde bietet der „Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen“ [19].

Anfang 2011 wird zudem ein Leitfaden „Wärmelandkarte“ des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit zur Verfügung stehen, der eine Methode zur systematischen flächendeckenden Erfassung, Bewertung und Darstellung von Abwärmepotenzialen beschreibt.

**Referenz:** [19]

### 3.5.6 Abwasser

#### Erforderliche Daten:

Karte des Abwasserkanalisationsnetzes, Angaben zu den Kanalisationsquerschnitten (aus Netzplan), Abwasserdurchfluss (in den Hauptkanalisationen), Temperaturniveau (in den Hauptkanalisationen)

Datenquelle: Abwasserzweckverbände

Kommunales Abwasser kann im Zusammenhang mit dem Kanalisationsnetz als leitungsgebundene Quelle für Abwärme betrachtet werden.

Die Abwassertemperaturen im Kanalisationsnetz bewegen sich im Jahresverlauf zwischen 10 und 20 °C. Damit liegen sie in der Regel im Winter oberhalb und im Sommer unterhalb der Außenlufttemperatur. Die Auskopplung dieser Wärme mittels eines Wärmetauschers mit anschließender Temperaturerhöhung durch eine Wärmepumpe erlaubt eine Nutzung, z. B. zur Gebäudebeheizung. Aufgrund des technischen Aufwands für die Entnahme von Abwärme aus der Kanalisation ist dies meist nur in Verbindung mit gemeinschaftlichen Versorgungskonzepten und in Kombination mit einem zweiten Wärmeerzeuger (z. B. BHKW) denkbar. Damit eine Abwasserwärmenutzung wirtschaftlich ist, müssen bestimmte Grundbedingungen gegeben sein [48]:

- Mindestabwasserdurchfluss im Kanal 15 Liter pro Sekunde (Tagesmittelwert Trockenwetter)
- Abwassertemperatur möglichst höher als 10 °C (auch im Winter)
- Kanalquerschnitt min. 80 cm (Wärmetauscher)
- Kanalverlauf an Entnahmestelle möglichst ohne Kurven; idealerweise gerader Kanalabschnitt mit min. 20 m Länge (100 m bei großen Anlagen)
- gute Zugänglichkeit (reduziert die Investition)
- gute Anbindung an zu versorgende Gebäude
- Einbau idealerweise bei Kanalsanierungen
- günstig ab einer Gesamt-Heizleistung von ca. 150 kW nahe geeigneter Abwasserkanäle/ Kläranlage

#### Abschätzung der maximalen Entzugsleistung aus einem gegebenen Abwasserkanal [kW] [48]

= Tagesmittelwert des Trockenwetterabflusses [l/s] \* 8

Annahmen:

- mittlere Abkühlung des Abwassers: 3 K
- Sicherheitsfaktor: 0,64



Je nach eingesetzter Wärmepumpe und deren Jahresarbeitszahl kann dann die maximale Heizleistung errechnet werden.

Kläranlagen sind auch heute oft noch große Energieverbraucher. Durch geeignete Maßnahmen lässt sich bei ihrem Betrieb jedoch auch eine gewisse Menge an Energie (rück-)gewinnen. Dafür bestehen mehrere Möglichkeiten:

- die Abwasserwärmenutzung aus dem gereinigten Abwasser (analog zur Kanalisation)
- die thermische Verwertung von Klärschlamm
- die Verwertung von Klärgas zur Strom- und Wärmeerzeugung in einem BHKW

Die in einer Kläranlage gewonnene Energiemenge kann sowohl zur Deckung des eigenen Energiebedarfs, als auch zur Versorgung weiterer Verbraucher eingesetzt werden.

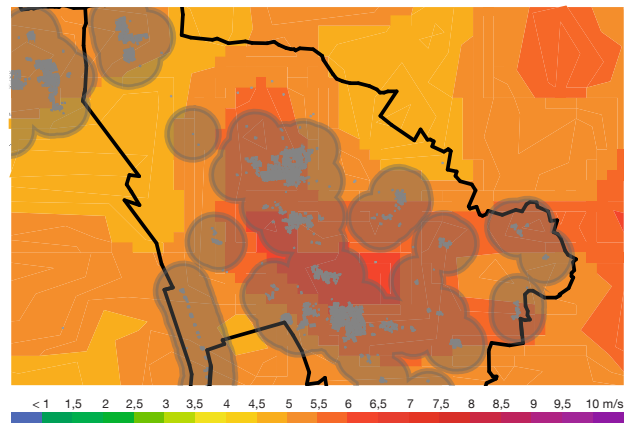
**Referenz:** [19], [48], [49], [50]

### 3.5.7 Wind

Die Nutzung von Windenergie dient der Erzeugung von Strom, der in der Regel ins Netz eingespeist wird (4.5.5, S.71). Daher steht das Potenzial von Windkraft hinsichtlich der Deckung des Energiebedarfs nur bedingt und bilanziell betrachtet in einem räumlichen Bezug zur Gemeinde. Eine erste Hilfestellung bei der Frage, ob Windkraft vor Ort sinnvoll genutzt werden kann, gibt der Bayerische Windatlas [51] (Abb. 3.13).

Für eine genauere Ermittlung des lokalen Windpotenzials ist im Einzelfall zu klären, ob und in welchem Ausmaß Windkraft-Anlagen in einer Gemeinde realisiert werden können. Ausschlaggebend dafür sind neben den Windverhältnissen die Besitzverhältnisse im Bezug auf in Frage kommende Standorte und einzuhaltende Vorgaben, z. B. hinsichtlich des Abstands der Anlagen untereinander und zum bewohnten Gemeindegebiet. Obwohl Mindestabstände gesetzlich nicht geregelt sind, werden dennoch Abstandsempfehlungen gegeben [52], [53], [54]. Je nach Siedlungs- und Landschaftsstruktur weisen diese in der Regel eine Bandbreite von 500 bis 1.000 m auf.

In Abbildung 3.13 sind für Windkraftanlagen ungeeignete Flächen dargestellt, wenn ein Mindestabstand von 500 m eingehalten werden soll.



**Abb. 3.13:** Ausschnitt aus dem Windatlas Bayern [51] für die Gemeinde Aying (Windgeschwindigkeiten, mittlere Jahreswerte in 80 m Höhe über Grund) sowie beispielhafte Darstellung eines Mindestabstands von 500 m zu den Hauptgebäuden (graue Flächen)

**Referenz:** [14], [51], [55], [56]

### 3.5.8 Wasser

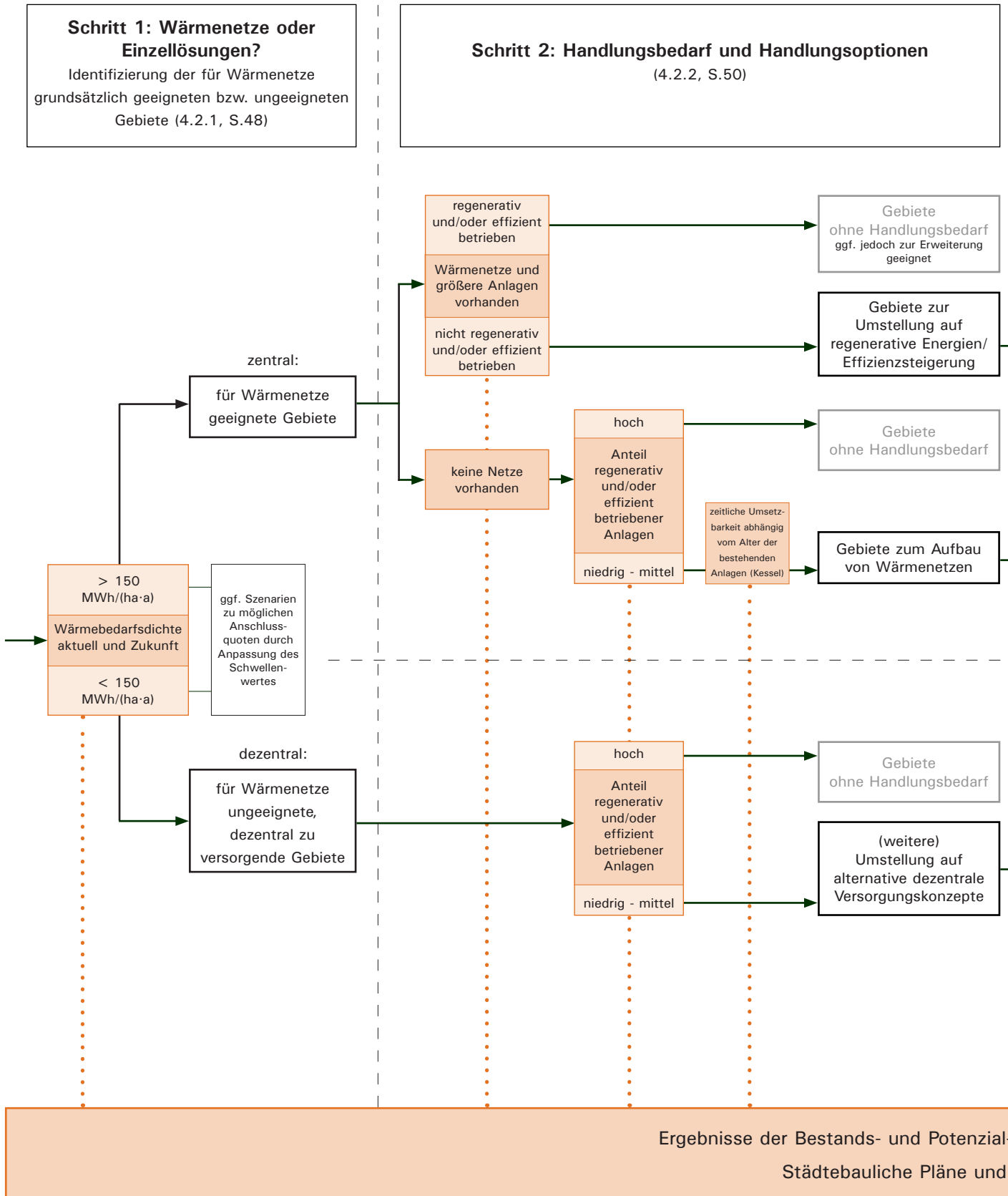
Ähnlich wie für Wind verhält es sich mit dem Potenzial von Wasserkraft. Aufgrund der auch dabei reinen Stromproduktion ist das Wasserkraftpotenzial primär von bilanzieller Bedeutung. Ein prinzipiell großes Potenzial zur Nutzung von Wasserkraft in Bayern bietet der Voralpenraum mit seinem günstigen Gefälle.

Obwohl die existierenden Wasserkraftpotenziale insgesamt noch nicht vollständig ausgenutzt werden, ist ein weiterer Ausbau nur begrenzt sinnvoll und möglich. Der Betrieb von Wasserkraftwerken stellt immer einen bedeutenden Eingriff in die Ökologie eines Gewässers und des daran angrenzenden Naturraums dar, so dass Aspekte des Natur- und Gewässerschutzes verstärkt zu berücksichtigen sind. Von den deutschlandweit 7.000 Wasserkraftanlagen befinden sich zwei Drittel im Freistaat Bayern und liefern dort mehr als 90 % des regenerativ erzeugten Stroms. Da mittlerweile nur noch ein kleiner Anteil der bayerischen Flüsse einen naturnahen Zustand aufweist, führen Überlegungen zur weiteren Potenzialerschließung zwangsläufig zu kontroversen Diskussionen. Der Fokus bei der Nutzung von Wasserkraft sollte demzufolge vorrangig auf Ersatz, Modernisierung und Reaktivierung bereits bestehender Anlagen liegen (4.5.5, S.71).

**Referenz:** [14]

# 4 Konzeptentwicklung

## 4.1 Schnelleinstieg - Übersicht



Flussdiagramm 4.1: Übersicht Konzeptentwicklung

### Schritt 3: Entwerfen von Energiekonzepten

Priorisierung und Verteilung der vorhandenen Energiepotenziale (4.2.3, S.52)

### Schritt 4: Energienutzungsplan

Zusammenfassung (Bewertung), Abwägung und Entscheidung (4.2.4, S.57)

Zusammenschluss von Rastern zu sinnvollen Konzeptflächen

(z. B. aufgrund von Potenzialen, bereits existierender Infrastruktur, Siedlungsentwicklung, Sanierungsstand, usw.)

+

Verteilen der vorhandenen Energiepotenziale mit Hilfe der Prioritätenliste (Abb. 4.11, S.53)

Energiekonzepte - Abgleich von Wärme- und Strombedarf und Potenzialen unter Berücksichtigung von:

- Energiemenge und Leistung
- Temperaturniveau (Exergie)
- zeitlicher Verteilung (Lastgang)

vorhandene Energiepotenziale

Berücksichtigung des Strombedarfs

Konzeptalternativen\*



\* Jede Farbe mit entsprechender Nummer steht für eine mögliche Konzeptalternative

Energienutzungsplan (Infobox 4.1, S.57)



Abwägungs- und Entscheidungsprozess in der Kommune

bei weiterer Bearbeitung / konkreter Umsetzung

vertiefte Bewertung

#### Ökologie

Emissionen, KEA, u. a.

#### Wirtschaftlichkeit

- Investitionskosten
- Betriebs-, Verbrauchs-, Wartungs- und Personalkosten
- Preisentwicklungen

#### Versorgungssicherheit

#### Regionale Wertschöpfung

Schwerpunkt, Gewichtung

#### Sonstige

Rückwirkung

Rückwirkung

analyse - „Input-Daten“ (Kap. 3, S.13)

Untersuchungen (Infobox 4.1, S.51)

## 4.2 Vorgehensweise

Die Ergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse bilden die wesentliche Grundlage für die Konzeptentwicklung. Im Folgenden wird beschrieben, wie sie fortlaufend in den Entstehungsprozess der Konzepte einfließen. Auch städtebauliche Basisdaten, wie der Flächennutzungsplan, Bebauungspläne, informelle Pläne und Entwicklungskonzepte sowie ein kommunales Flächenmanagement liefern wichtige Informationen und Beurteilungskriterien für die Erarbeitung von Versorgungskonzepten (Infobox 4.1, S.51).

### 4.2.1 Schritt 1: Wärmenetze oder Einzellösungen?

Bei der Entwicklung kommunaler Energiekonzepte stellt sich zunächst die grundsätzliche Frage, in welchen Gebieten die Wärmeversorgung zentral (über Wärmenetze) oder dezentral (über Einzellösungen) erfolgen kann bzw. muss. Dies lässt sich im Wesentlichen aus der Struktur des Wärmebedarfs ableiten. Seine Verteilung auf dem Gemeindegebiet ist die Basis für die Konzeption von Versorgungskonzepten.

Da es sich beim Aufbau von Wärmenetzen um kostenintensive und langfristig wirksame Maßnahmen handelt, muss möglichst auch die zukünftig zu erwartende Situation berücksichtigt werden. Dies geschieht auf Basis von Zukunftsszenarien zum Wärmebedarf, in denen Sanierung und soweit möglich auch Nachverdichtung und demographische Entwicklungen abgeschätzt werden (Infobox 3.3, S.25).

Auf Basis der gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Wärmebedarfsdichte kann dann unter Anwendung eines groben Richtwerts nach für Wärmenetze grundsätzlich geeigneten und ungeeigneten Gebieten unterschieden werden.

Überschlägiger Schwellenwert der Wärmebedarfsdichte zur Identifizierung von für Wärmenetze grundsätzlich geeigneten bzw. ungeeigneten Gebieten:

**150 MWh/(ha·a)**

Richtwerte, wie dieser dienen immer nur einer ersten Annäherung bei der Konzeption von Wärmenetzen und sind nicht als absolut unverrückbar zu verstehen. Unter bestimmten Voraussetzungen können sich Wärmenetze auch unterhalb dieser Schwelle als realisierbar bzw. wirtschaft-

lich erweisen, z. B. wenn Abwärme kostenlos oder zu sehr geringen Kosten erhältlich ist.

Weitere Informationen zu Wärmenetzen sind unter 4.4.1, S.64 zu finden.

### Beispiel: Durchführung von Schritt 1 am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn

Ausgangsbasis ist die Karte zur Wärmebedarfsdichte (3.2, ab S.15).

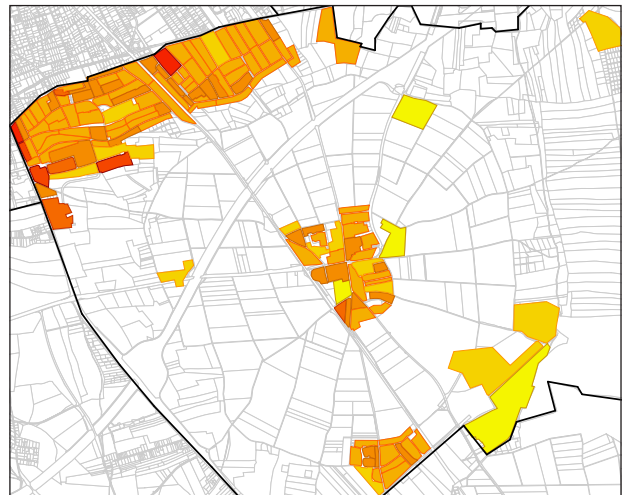


Abb. 4.1: Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn aktuell (Legende: Abb. 3.3, S.19 bzw. Anhang 10)

Bei Anwendung des Schwellenwerts von 150 MWh/(ha·a) können schnell einige Gebiete hinsichtlich der grundsätzlichen Eignung für Wärmenetze ausgeschlossen werden.

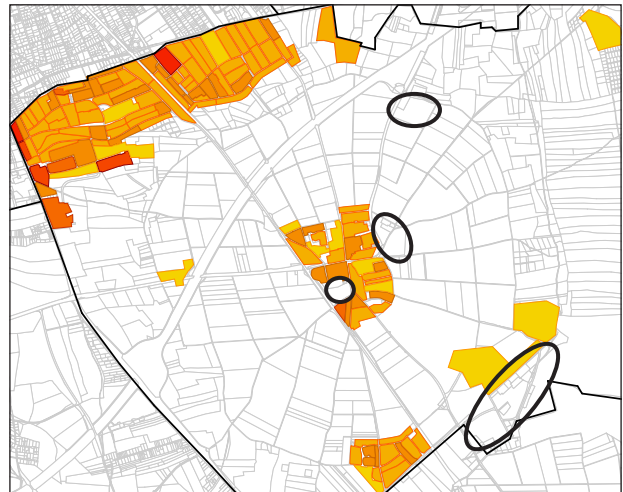


Abb. 4.2: Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn aktuell, Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte unter 150 MWh/(ha·a)



Im Fall der Gemeinde Hohenbrunn wurde unter Annahme von Sanierungsszenarien zusätzlich zur Karte mit der aktuellen Bedarfssituation auch ein Zukunftsszenario erstellt. Prinzipiell können derartige Szenarien je nach Intention und Datenlage für beliebige Zeitspannen generiert werden. Abbildung 4.3 zeigt beispielhaft ein 20-Jahre-Zukunftsszenario der Wärmebedarfsdichte. Diese Prognose basiert auf einer eher zurückhaltenden Einschätzung. Ihr liegen für Wohngebäude typische Vollsanierungszyklen von 40 bis 50 Jahren zu Grunde. Die Entwicklung neuer Wohngebiete sowie die demografische Entwicklung der

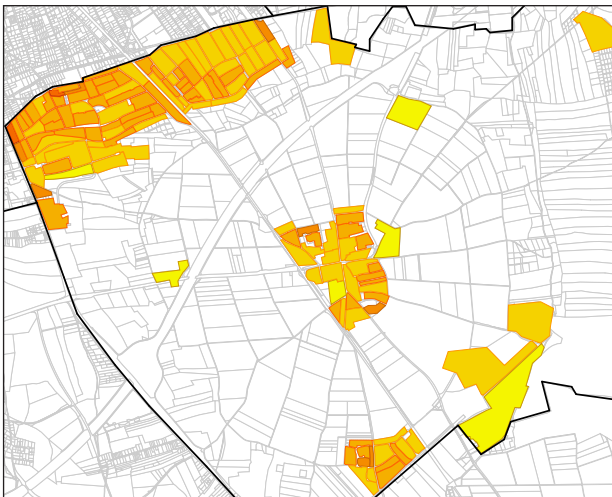


Abb. 4.3: Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn 20-Jahre-Zukunftsszenario (in diesem Fall Reduzierung des Wärmebedarfs in der Gemeinde um insgesamt 20 %)

Gemeinde sind hier nicht berücksichtigt. Auch sind keine einzelnen energetischen Sanierungsmaßnahmen (Fenstertausch, Kellerdämmung, etc.) berücksichtigt.

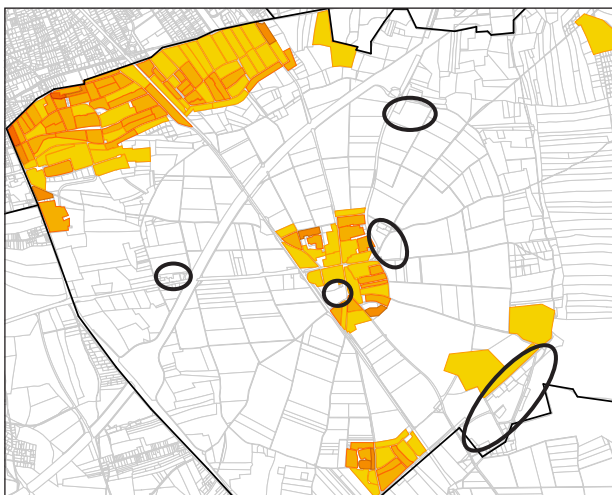


Abb. 4.4: Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn 20-Jahre-Zukunftsszenario, Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte von weniger als 150 MWh/(ha·a)

Für GHD und Industrie wurde keine Reduktion des Wärmebedarfs angenommen. Durch Anwendung des Schwellenwerts von 150 MWh/(ha·a) lassen sich die auf lange Sicht für Wärmenetze ungeeigneten bzw. geeigneten Gebiete herausfiltern (Abb. 4.4). Nun können noch verschiedene Szenarien zur erwarteten Anschlussquote gebildet werden, in diesem Beispiel unter der Annahme, dass durchschnittlich nur 50 % des Wärmebedarfs durch mögliche Netze abgedeckt werden könnten. Der Schwellenwert zur Filterung wird dementsprechend auf 300 MWh/(ha·a) erhöht (Abb. 4.5).



Abb. 4.5: Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn, 20-Jahre-Zukunftsszenario, 50 % Abnahmequote, entspricht Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte von weniger als 300 MWh/(ha·a)

Die Ergebniskarte (Abb. 4.6) zeigt die grundsätzlich für Wärmenetze geeigneten und ungeeigneten Gebiete auf Basis der gegenwärtigen und zukünftig zu erwartenden Wärmebedarfsdichte.

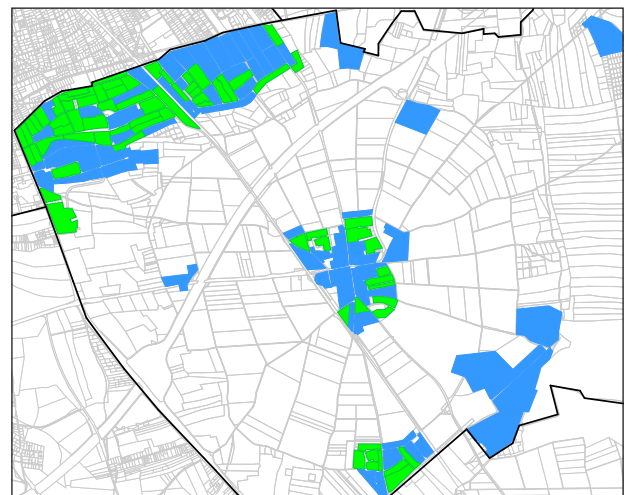


Abb. 4.6: Hohenbrunn, grundsätzlich für Wärmenetze geeignete (grün) und ungeeignete (blau) Gebiete

## 4.2.2 Schritt 2: Handlungsbedarf und Handlungsoptionen

Nach der Differenzierung zwischen für zentrale bzw. dezentrale Wärmeversorgungskonzepte geeigneten Gebieten muss jeweils geklärt werden, ob und wo Handlungsbedarf besteht bzw. welche Handlungsoptionen gegeben sind. Dies lässt sich im Wesentlichen durch die Auswertung der bestehenden Energieinfrastruktur und Wärmebedarfsdichte erreichen.

### Bestehende Energieinfrastruktur - Wärmenetze und größere Anlagen (3.4, S.34)

Bereits bestehende Wärmenetze und größere Anlagen sind darauf hin zu überprüfen, ob sie bereits regenerativ und/oder effizient (z. B. KWK) betrieben werden. Falls ja, ergibt sich für die entsprechenden Gebiete kein (kurzfristiger) Handlungsbedarf. Falls nicht, bestehen dafür die Handlungsoptionen „Umstellung auf regenerative Energien“ (4.5, S.67) und/oder „Effizienzsteigerung“ (4.4, S.64). Generell können bestehende Wärmenetze und größere Anlagen auch als „Keimzellen“ für einen Aus- bzw. Umbau genutzt werden.

### Bestehende Energieinfrastruktur - Individuelle Anlagen (3.4, S.34)

Liegen Informationen oder auch fundierte Abschätzungen zum Bestand an individuellen Anlagen vor (z. B. auf Basis von Kaminkehrer-Daten, 3.4, S.34), können diese bei der Abklärung von Handlungsbedarf und -optionen verwertet werden.

Ist der Anteil bereits regenerativ und/oder effizient betriebener Anlagen hoch, so besteht (zumindest kurzfristig) kein Handlungsbedarf. Ist er niedrig, ergibt sich für die zur zentralen Wärmeversorgung geeigneten Gebiete die Handlungsoption „Aufbau von Wärmenetzen“. Für die für Wärmenetze ungeeigneten Gebiete besteht Bedarf einer (weiteren) Umstellung auf alternative dezentrale Wärmeversorgungskonzepte. Zusätzlich können, falls verfügbar, Informationen zum vorherrschenden Anlagenalter zur Abschätzung der Umsetzungschancen von Wärmenetzen herangezogen werden.

### Beispiel: Durchführung von Schritt 2 am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn

Die erste auszuwertende Karte zur Energieinfrastruktur (Abb. 4.7) zeigt in der Gemeinde bestehende Wärmenetze und größere Anlagen (3.4, S.34).

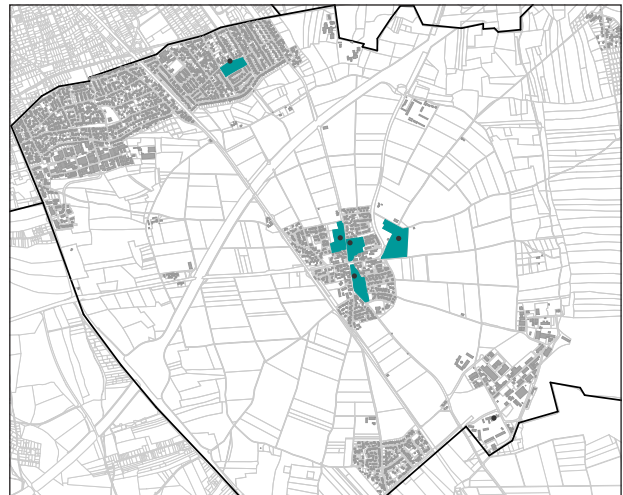


Abb. 4.7: Energieinfrastruktur Hohenbrunn, bestehende Wärmenetze und größere Anlagen

Da es sich bei den Anlagen in Hohenbrunn mit Blockheizkraftwerken und Biomasse-Kesseln ausschließlich um regenerativ betriebene bzw. effiziente Anlagen handelt, ergeben sich daraus Gebiete ohne akuten Handlungsbedarf (Abb. 4.8).

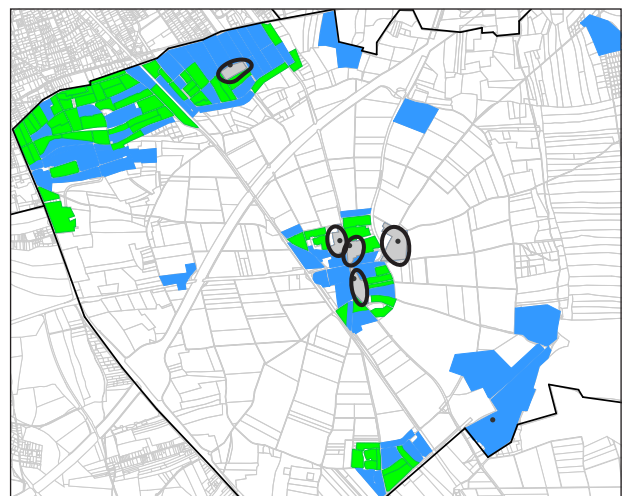


Abb. 4.8: Energieinfrastruktur Hohenbrunn. Gebiete ohne Handlungsbedarf, da regenerativ und/oder effizient betriebene Wärmenetze und größere Anlagen (eingekreiste graue Gebiete)

Um die Struktur bestehender dezentraler Anlagen (z. B. Kessel, Wärmepumpen) hinsichtlich Handlungsbedarf und -optionen zu überprüfen,



wird die entsprechende Energieinfrastruktur-Karte herangezogen. Der Grad an Information, der dieser Karte hinterlegt ist, unterscheidet sich je nach Datenverfügbarkeit in der Bestands- und Potenzialanalyse. Im vorliegenden Beispiel waren Daten zu den installierten genehmigungspflichtigen Wärmepumpen verfügbar, nicht jedoch zu installierten Kesseln.

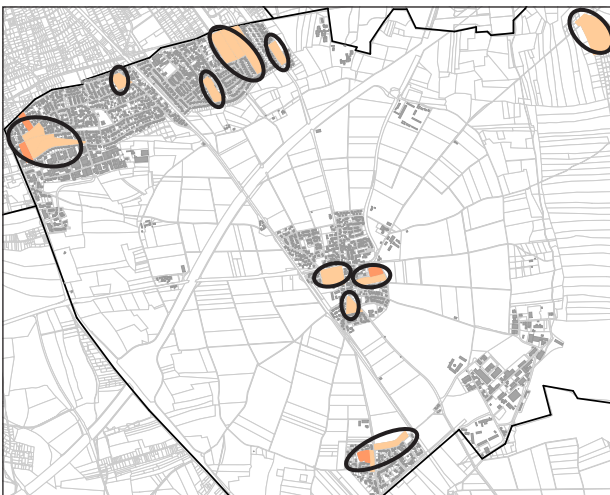


Abb. 4.9: Energieinfrastruktur Hohenbrunn, installierte genehmigungspflichtige Wärmepumpen nach Dichte je Rastereinheit (Legende: Abb. 3.5, S.35 bzw. Anhang 10)

In Hohenbrunn ist der Anteil installierter Wärmepumpen (Abb. 4.9) nirgendwo so hoch, dass sich daraus Gebiete ohne Handlungsbedarf ableiten ließen.

Angenommen, es bestünden Gebiete mit einem sehr hohen Anteil an Wärmepumpen oder anderen regenerativ betriebenen Anlagen, wie etwa Pellet-Kesseln, so wäre in diesen Gebieten kein

(kurzfristiger) Handlungsbedarf gegeben. Zudem wäre im Bereich der für Wärmenetze geeigneten Gebiete wahrscheinlich, dass keine große Bereitschaft zum Anschluss an Wärmenetze zu erwarten ist.

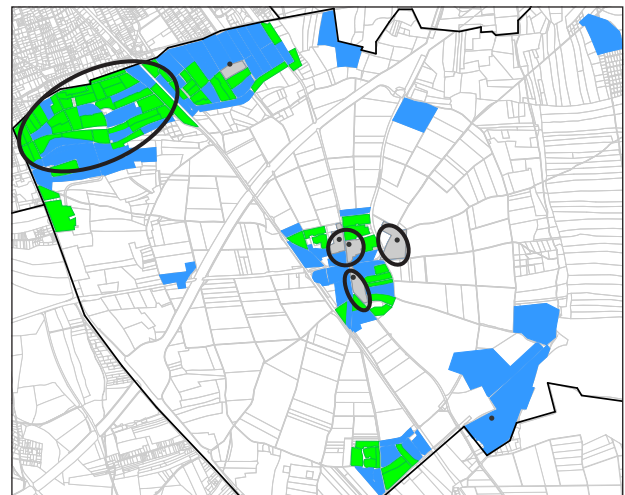


Abb. 4.10: Ergebniskarte aus Schritt 1 und 2, Handlungsbedarf und Handlungsoptionen: „Aufbau von Wärmenetzen“ (grün)“, „Umstellung auf alternative, dezentrale Versorgungskonzepte“ (blau) und „kein Handlungsbedarf“ (grau)

Zusammenfassend ergeben sich aus Schritt 2 am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn nur wenige Veränderungen bzw. Einschränkungen gegenüber Schritt 1. Identifiziert wurden geeignete Gebiete für Wärmenetze, Gebiete zur Umstellung auf alternative dezentrale Versorgungskonzepte und Gebiete ohne Handlungsbedarf (Abb. 4.10).

#### Infobox 4.1: Städtebauliche Aspekte

Städtebauliche Aspekte stehen in enger Wechselwirkung zur Konzeptentwicklung und müssen bei dieser daher ständig mit berücksichtigt werden. Auf der Ebene der Ortsplanung werden die Rahmenbedingungen für eine nachhaltige Entwicklung gelegt:

Die Umsetzung kompakter Siedlungsstrukturen kann zu einer Reduzierung des Energiebedarfs beitragen. Zudem ist es sinnvoll, Lage, Art und Größe von Baugebieten mit bestehenden oder geplanten Versorgungssystemen sowie bestimmten Energiepotenzialen (z. B. Abwärmequellen) abzustimmen. Im Hinblick auf die Wärmebedarfsdichte und möglichst kurze Leitungstrassen kann eine effiziente Flächennutzung Einfluss auf die Realisierbarkeit von Wärmenetzen haben. Orientierung der Gebäude und Verschattungseffekte haben Auswirkungen auf die Nutzungsmöglichkeiten von Solarenergie. Weitere Informationen finden sich unter 5.2.1, S.74 sowie in [57].

### 4.2.3 Schritt 3: Entwerfen von Energiekonzepten

Das Entwerfen von Energiekonzepten gestaltet sich in jeder Gemeinde individuell und hängt von den jeweiligen Gegebenheiten ab. Die prinzipielle Herangehensweise ist jedoch übertragbar.

#### Priorisierung der Energiepotenziale

Die Nutzung erneuerbarer Energien ist in der Regel mit dem Einsatz von nicht erneuerbarer Primärenergie verbunden und insofern nicht völlig treibhausgasneutral. Auch hinsichtlich anderer Einflüsse auf die Umwelt sowie in Bezug auf Energieinhalt und Wertigkeit (Exergie, Infobox 4.4, S.67) können die einzelnen Energiequellen bzw. -träger nicht als gleichwertig betrachtet werden. Daher ist es notwendig, eine grundlegende Bewertung der verschiedenen Energiepotenziale vorzunehmen. Dies stellt sicher, dass sie entsprechend ihres Grades an Nachhaltigkeit genutzt werden.

Eine erste Bewertung der verschiedenen Energiepotenziale kann auf Basis von Primärenergiefaktoren erfolgen. Sie definieren, wie viel nicht erneuerbare Primärenergie benötigt wird, um eine gegebene Menge erneuerbarer Endenergie bereitzustellen. Der hier verwendeten Priorisierung von Energiepotenzialen (Abb. 4.11) liegen die Primärenergiefaktoren aus DIN V 4701-10 zu Grunde (Tab. 4.1).

**Tabelle 4.1: Benötigte Primärenergie (nicht erneuerbarer Energieanteil) zur Erzeugung von 1.000 kWh Wärme (Endenergie) je nach Energieträger und Technologie [58]**

Energieträger und Technologie	Primärenergie (nicht erneuerbar)
<b>Leitungsgebundene Wärme</b>	
Hochwertige Abwärme ( $> 70\text{ °C}$ )	ca. 0 kWh
Solares Nahwärmenetz	ca. 0 kWh
Tiefengeothermie-Wärme ( $< 100\text{ °C}$ )	k.A.
Biomasse KWK	0 kWh
Biomasse Heizwerk	100 kWh
Ortsgebundene niederwertige Abwärme und Umweltwärme (JAZ $> 4,5$ )	$< 577\text{ kWh}$
Wärme aus fossiler KWK	700 kWh
<b>Einzellösungen zur Wärmeversorgung</b>	
Solarthermie	0 kWh
Biomasse-Kessel	200 kWh
Ortsungebundene Umweltwärme (bei JAZ = 3 bis 4,5)	577 - 866 kWh
<b>Strom</b>	
Strom-Mix Deutschland	2.600 kWh

Die Nutzung nicht vermeidbarer hochwertiger Abwärme aus Industrie- und Stromerzeugungsprozessen steht dabei an erster Stelle. Der dahinter stehende Primärenergieeinsatz ist nach DIN V 4701-10 dem grundsätzlichen Zweck des Prozesses zuzuschreiben. Daher kann die Nutzung hochwertiger Abwärme mit dem Primärenergiefaktor „Null“ bewertet werden, sofern keine weitere Temperaturerhöhung unter Einsatz von Hilfsenergie stattfindet. Analog dazu muss bei der Nutzung von Abwärme auf einem niedrigen Temperaturniveau immer berücksichtigt werden, dass unter Umständen eine beträchtliche Menge an Hilfsenergie (meistens Strom) nötig ist, um die Temperatur auf ein nutzbares Niveau zu erhöhen.

Im Sinne einer ganzheitlichen Betrachtung sollten die Umweltwirkungen der Nutzung einzelner Energiepotenziale vor der Umsetzung eines Energienutzungsplans untersucht werden, insbesondere bei der Nutzung von Biomasse (4.2.5, S.59).

#### Verteilen der vorhandenen Energiepotenziale - Energiekonzepte

Beim Entwerfen kommunaler Energiekonzepte geht es im Wesentlichen darum, die lokal vorhandenen Potenziale erneuerbarer Energien optimal zur Deckung (eines Teils) des bestehenden Energiebedarfs, in erster Linie des Wärmebedarfs, einzusetzen. Dabei können sich für bestimmte Gebiete auch mehrere Konzeptalternativen ergeben. Konkret bedeutet dies, die Energiepotenziale nach Priorisierung, unter Berücksichtigung von Energiemenge, Leistung, Temperaturniveau und zeitlichem Anfall, der Deckung eines geeigneten Wärmebedarfs zuzuordnen und so grobe Versorgungskonzepte zu entwickeln. Dabei sollten verschiedene Grundprinzipien beachtet werden, die im Folgenden kurz beschrieben sind.

#### Optimierte Kraft-Wärme-Kopplung (4.4.2, S.64)

Ungenutzte Wärmeanteile bei KWK-Prozessen sind im Hinblick auf eine effiziente Ausnutzung der eingesetzten Energieträger bzw. Wärmequellen zu vermeiden oder zu minimieren. Für bestehende KWK-Anlagen, bei denen die produzierte Wärme nicht sinnvoll genutzt wird, sind geeignete Wärmeabnehmer zu finden. Dies erfordert vor allem auch den zeitlichen Abgleich von Bedarf und Erzeugung (Abb. 4.24, S.64 und Abb. 4.25, S.65).

### Wärmenetze / dezentrale Solarthermie

Für Ausnutzungsgrad und Wirtschaftlichkeit von Wärmenetzen bildet die Höhe des zu deckenden Grundlastanteils (Sommerfall) einen entscheidenden Parameter. Wenn der Grundlastbedarf der angeschlossenen Gebäude durch individuelle solarthermische Anlagen bereitgestellt wird, mindert das den durch das Netz gedeckten Anteil und dadurch die Effizienz des Netzes. Daraus ergibt sich, dass individuelle Solarthermie-Anlagen im Hinblick auf die Effizienz möglichst nicht mit grundlastversorgenden Wärmenetzen kombiniert werden sollten. Sie eignen sich daher eher für Gebiete mit dezentralen Lösungen.

### Wärmenetze / Sanierung

Für die Machbarkeit und die Rentabilität von Wärmenetzen muss eine ausreichend hohe Wärmeabnahme gewährleistet sein. Insofern sind bei der Konzeption und Planung von Wärmenetzen Sanierungsszenarien für den Gebäudebestand mit ihren Auswirkungen auf die zukünftige Wärmebedarfsdichte bestmöglich einzubeziehen. Dies gilt in gleicher Weise für Nachverdichtung und demografische Entwicklung (Infobox 3.3, S.25). Werden Wärmenetze mit Abwärme gespeist, die nicht anderweitig einsetzbar ist und deren Nutzung ohne den Einsatz (großer Mengen) an Hilfsenergie erfolgt, bedeutet dies wiederum, dass eine energetische Sanierung der Gebäude in den entsprechend versorgten Gebieten nicht priorisiert werden muss, aber für den Verbraucher eventuell dennoch von Vorteil sein kann.

### Solarthermie / Photovoltaik (4.5.4, S.70 und 4.5.5, S.70)

Bei zur Solarenergienutzung geeigneten (Dach-) Flächen stellt sich die grundlegende Frage, ob sie mit Solarthermie- oder Photovoltaik-Anlagen besetzt werden sollen. Eine Hilfestellung dafür leistet das Grundprinzip, dass solarthermische Anlagen nach dem durch sie sinnvoll deckbaren Anteil des Wärmebedarfs (typischerweise 60 % bei Warmwasserbereitung) dimensioniert werden sollten. Die dann noch verbleibenden (Dach-) Flächen können prinzipiell zur Stromerzeugung verwendet werden (3.5.1, S.36). Bei an Wärmenetze angeschlossenen Gebäuden sowie Nebengebäuden steht prinzipiell die ganze Fläche für Photovoltaik zur Verfügung.

### Niedertemperatursysteme

Heizsysteme mit niedriger Vorlauftemperatur (Flächenheizung, Bauteilaktivierung) ermöglichen es, auch Niedertemperaturwärmequellen (z. B.

Abwärme, oberflächennahe Geothermie) direkt oder durch eine geringe Temperaturerhöhung (Hilfsenergie) zu nutzen. Insofern ist der Einsatz solcher Systeme generell anzustreben.

### Stromerzeugung

Die im Zusammenhang mit Wärmekonzepten gewinnbaren Strommengen aus KWK-Prozessen können der Gemeinde bilanziell (Netzeinspeisung)

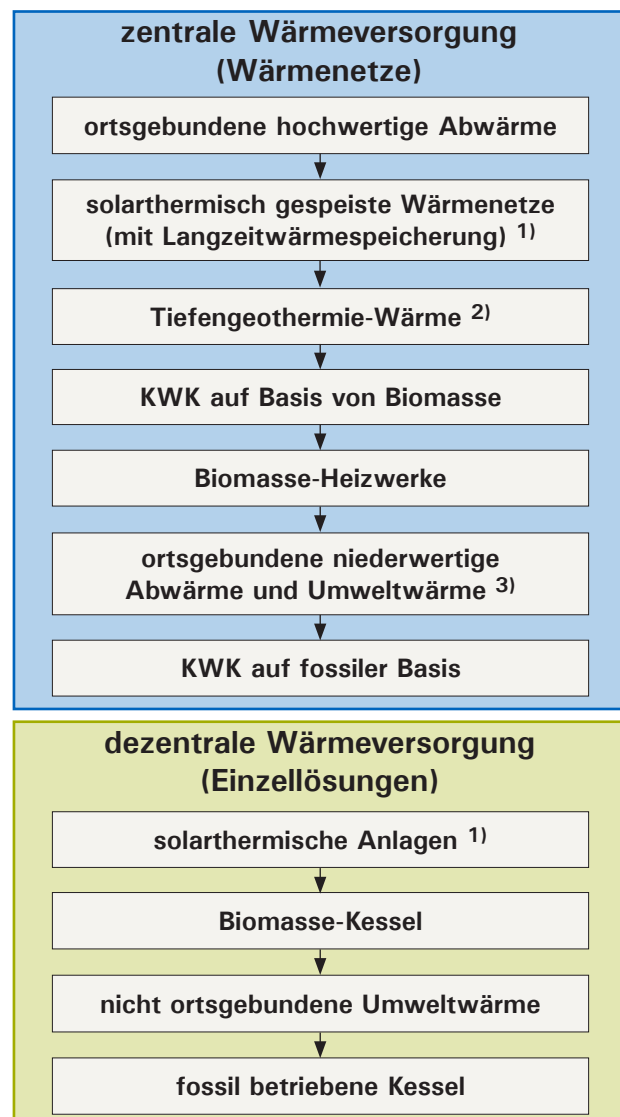


Abb. 4.11: Priorisierung der Energieressourcen

1) nur im Kombination mit einer weiteren Wärmequelle möglich (Zeitdiskrepanz)

2) Temperatur unter 100 °C, ohne Stromerzeugungsmöglichkeit, ausreichend hohes Temperaturniveau, um die Wärme ohne Hilfsenergie zu nutzen.

3) Abwärme aus Abwasserreinigungsanlagen und Industrie sowie Umweltwärme aus Flüssen, Seen und Grundwasser, die vor der Nutzung mittels Wärmepumpen auf ein höheres Temperaturniveau gebracht werden. Diese Nutzung ist sinnvoll, solange eine Jahresarbeitszahl (JAZ) der Wärmepumpe von über 4 erreicht werden kann (möglichst mit Niedertemperaturverteilssystemen in den Gebäuden).

oder direkt (im Fall von Selbstverbrauch) angeordnet werden. Potenziale bzw. Technologien zur reinen Stromerzeugung (4.5.5, S.70), also Wind- und Wasserkraftanlagen sowie Photovoltaikanlagen auf Flächen, die räumlich nicht mit einem Wärmebedarf in Bezug stehen, können in der Regel unabhängig von Wärmekonzepten entwickelt werden. Dafür werden in der Phase der Konzeptentwicklung, soweit vorhanden, geeignete Gebiete ausgewiesen und ggf. mit einem groben Anlagenkonzept, z. B. der Anzahl und Größe möglicher Windräder, hinterlegt.

### Beispiel: Durchführung von Schritt 3 am Beispiel der Gemeinde Hohenbrunn

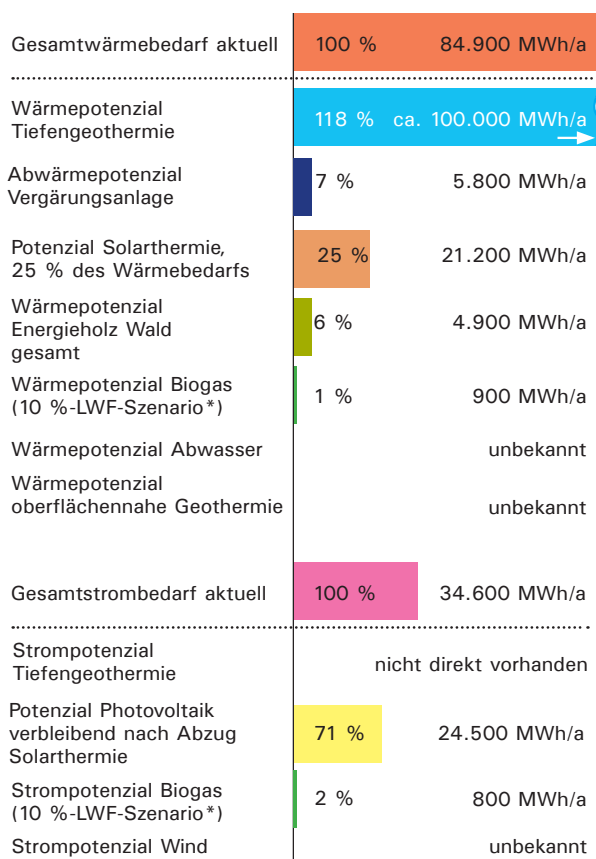


Abb. 4.12: Priorisierung der im Gemeindegebiet vorhandenen Energiepotenziale

\* angelehnt am nutzbaren Anteil der gesamten landwirtschaftlichen Fläche (LWF) für Energiepflanzen in Deutschland

### Nutzung hochwertiger Abwärme

Gemäß Priorisierung der Energiepotenziale (Abb. 4.11, S.53) wird das Gemeindegebiet als erstes auf hochwertige Abwärmequellen überprüft.

In Hohenbrunn konnten in der Bestands- und Potenzialanalyse keine Gewerbe- oder Industriebetriebe identifiziert werden, bei denen nennenswerte Mengen an Abwärme anfallen. Jedoch ist die besondere Situation gegeben, dass auf dem Gebiet einer benachbarten Gemeinde eine Tiefengeothermie-Anlage gebaut wird (Abb. 4.13). Aufgrund der hohen Temperatur des Thermalwassers ist diese zur Stromproduktion vorgesehen. Um die Ausnutzung des Tiefengeothermie-Potenzials effizient zu gestalten, ist jedoch anzustreben, die bei dem Stromerzeugungsprozess anfallende Abwärme zu nutzen.

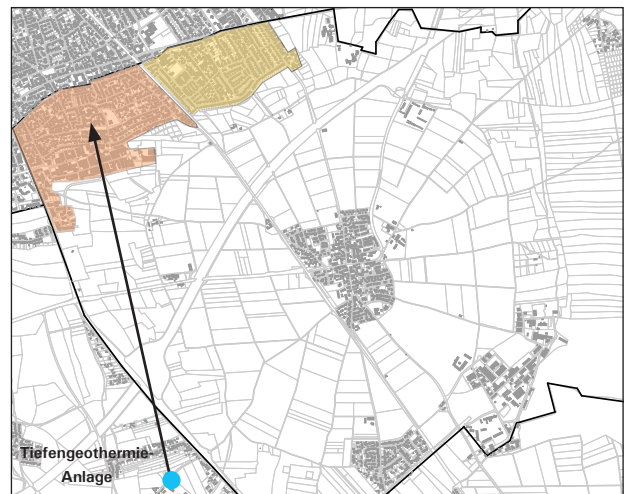


Abb. 4.13: Gebiet zum Aufbau eines Tiefengeothermie-Wärmenetzes (orange Fläche), langfristige Erweiterungsmöglichkeit (gelb)

Auf Basis von Schritt 1 und Schritt 2 wird deshalb untersucht, in welchen Gebieten der Gemeinde Hohenbrunn eine Nutzung dieser Abwärme am sinnvollsten ist. Da der Aufbau eines Wärmenetzes zur Nutzung der Tiefengeothermie mit beträchtlichen Investitionen verbunden ist, sollten sich durch möglichst kurze Leitungstrassen große Abnahmepotenziale mit der Option einer sukzessiven Erweiterung erschließen lassen. Das im Nordwesten von Hohenbrunn gelegene Siedlungsgebiet (Abb. 4.13) kann dementsprechend als geeignet betrachtet werden. Für das östlich daran angrenzende Gebiet kann trotz des geringeren Anteils an für Wärmenetze geeigneten Rastern eine langfristige Erweiterung des Wärmenetzes als mögliche Konzeptalternative angedacht werden. Dies ist vor allem dadurch zu begründen, dass die Haupttrasse dann schon vorhanden und die Ausweitung des Netzes auf Gebiete mit etwas niedrigerer Wärmeabnahme eher möglich wäre, z. B. auch in Gebieten angrenzender Gemeinden (Infobox 4.3, S.57).



### Solarthermie

Entsprechend der Prioritätenliste wird im nächsten Schritt überprüft, inwieweit das solarthermische Potenzial sinnvoll genutzt werden kann. Die Schwierigkeit bei dessen Einsatz liegt in der jahreszeitlichen Diskrepanz zwischen Solarstrahlungsangebot und Wärmebedarf. In Verbindung mit einem Langzeit-Wärmespeicher ist teilweise auch eine alleinige Versorgung mit Solarthermie denkbar.

### Biomasse

In Hohenbrunn bestehen bereits einige größere Biomasse-Kessel (Abb. 4.10, S.51). Für diese wurde überschlägig berechnet, wie viel Brennstoff sie im Jahr beanspruchen. Dieser Wert wurde dem zur energetischen Nutzung verfügbaren Holzpotenzial auf dem Gemeindegebiet gegenübergestellt (Abb. 4.14).

Wärmepotenzial  
Energieholz Wald  
gesamt

4.900 MWh/a

Wärmepotenzial  
Energieholz Wald  
ausgeschöpft

1.650  
MWh/a

Abb. 4.14: Potenzial Energieholz Hohenbrunn, gesamt und bereits ausgeschöpft

Daraus ergibt sich in Verbindung mit einzelnen angrenzenden Gebieten, die zum Aufbau von Wärmenetzen geeignet sind, ein weiteres Ausbau-Potenzial für Holz-Biomasse-Nutzung. Die bereits bestehenden Anlagen können dabei als „Keimzellen“ für den Aufbau eines größer-

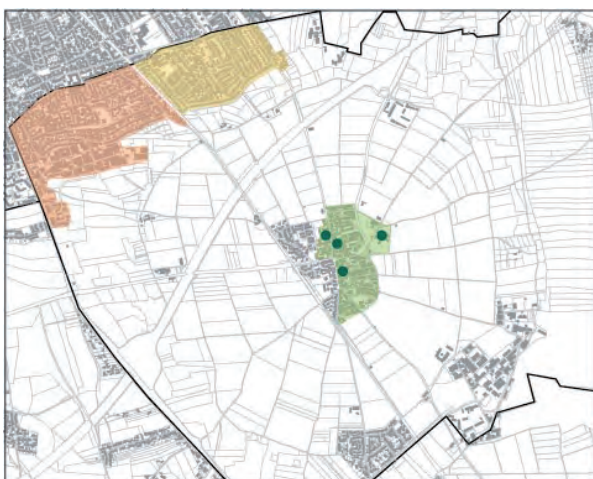


Abb. 4.15: Aufbau eines größeren Holz-Biomasse-Wärmenetzes (grüne Fläche)

ren Biomasse-basierten Wärmenetzes fungieren (Abb. 4.15).

Im Zuge dieses Ausbaus ist eine optimale Koordination der einzelnen bestehenden und neu hinzukommenden Wärmeerzeuger anzustreben (4.4.2, S.64).

### Niederwertige Ab- und Umweltwärme

Als Potenzial für niederwertige Abwärme wurden die für eine Abwasserwärmenutzung grundsätzlich geeigneten Kanalabschnitte (3.5.6, S.44) im Gemeindegebiet identifiziert (Abb. 4.16).

Die Bestimmung der Größe dieses Potenzials war

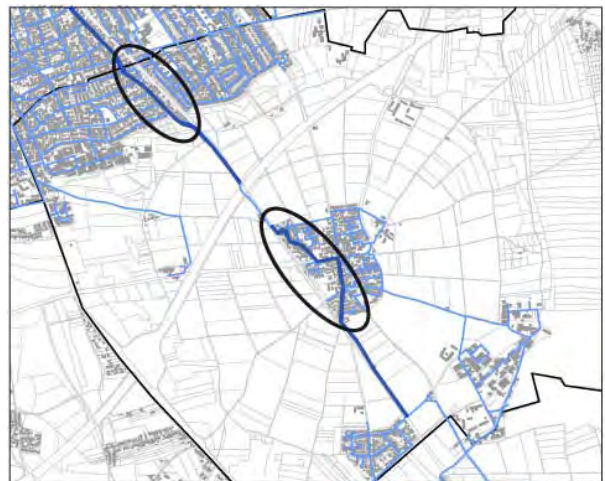


Abb. 4.16: Hohenbrunn, für Abwasserwärmenutzung geeignete Kanalabschnitte

aufgrund fehlender Daten zu Durchflussmenge und Abwassertemperatur nicht möglich. Im Zuge der Umsetzung des Energienutzungsplans müssten dementsprechend weitergehende Unter-

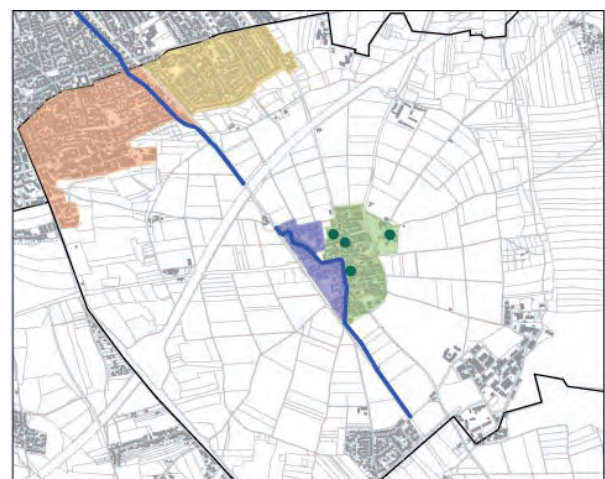


Abb. 4.17: Grundsätzlich denkbare Strecken und Gebiete zur Abwasserwärmenutzung (dunkelblaue Linien bzw. Flächen)

suchungen stattfinden. Als für eine Abwasser-  
nutzung denkbar werden darauf aufbauend die  
entlang der identifizierten Kanalabschnitte lie-  
genden Gebiete ausgewiesen (Abb. 4.17, S.55).  
Eine Verteilung dieses Potenzials über weitere  
Strecken erweist sich im Hinblick auf das gene-  
rell niedrige Temperaturniveau als nicht empfeh-  
lenswert.

**Oberflächennahe Geothermie**

Das Potenzial oberflächennaher Geothermie wird  
dahingehend ausgewertet, welche besiedelten  
Gemeindeteile sich für Grundwasserwärmenut-  
zung eignen bzw. wo die Nutzung dieses Poten-  
zials ausgeschlossen ist (Abb. 4.18). Dabei zeigt  
sich, dass diese in fast allen besiedelten Gebie-  
ten möglich ist, vor allem auch in den abseits  
liegenden Siedlungsteilen.

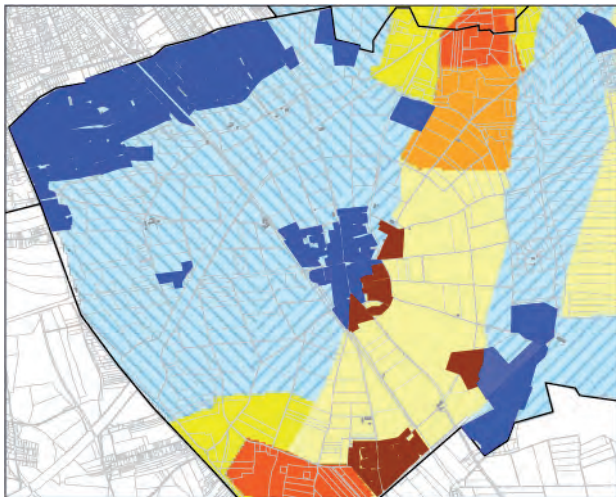


Abb. 4.18: Hohenbrunn, für Grundwasser-Wärmenutzung geeignete (dunkelblaue) und ungeeignete (rotbraune) Gebiete (Legende aus [46])

- Schutzgebiet planungsreif Zone III, IIIA
- Schutzgebiet festgesetzt Zone III, IIIA
- Schutzgebiet planungsreif Zone I, II
- Schutzgebiet festgesetzt Zone I, II
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand größer 20 m
- Grundwasserwärmepumpe und direkte Grundwassernutzung möglich, Grundwasserflurabstand größer 10 m und kleiner 20 m

Dementsprechend wird die Grundwasserwärme-  
nutzung als Versorgungskonzept für diese Ge-  
biete ausgewiesen (Abb. 4.19). An dieser Stelle  
ergibt sich nun auch der sinnvolle Einsatz von  
Solarthermie. Ergänzend zu den Grundwasser-  
pumpen kann in diesen Gebieten ein Großteil des  
Warmwasserbedarfs solarthermisch gedeckt wer-  
den. Zugleich sollten die betroffenen Gebäude in  
diesem Gebiet sukzessive saniert und auf Nieder-  
temperatur-Heizsysteme umgestellt werden.

Ein Konzept für Grundwasserwärmepumpen plus  
Solarthermie kann auch als sinnvolle Alternativ-  
lösung für das mögliche Erweiterungsgebiet des  
Tiefengeothermie-Wärmenetzes betrachtet wer-  
den. Zusätzlich wird die Sinnhaftigkeit des Holz-  
Biomasse-Wärmenetzes dadurch bestätigt, dass  
in einem Teil des dafür vorgesehenen Gebiets  
keine Grundwasserwärmenutzung möglich wäre.

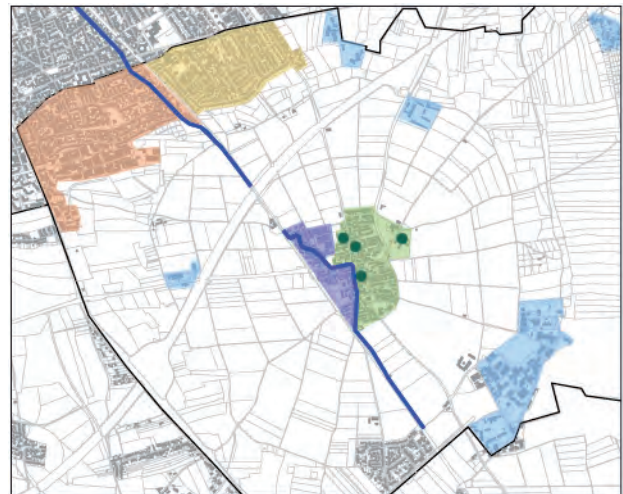


Abb. 4.19: Gebiete zur Versorgung durch Grundwasser-  
Wärmepumpen und Solarthermie (hellblaue Fläche)

**Verbleibendes Gebiet**

Für das verbleibende Gebiet an der südlichen Ge-  
meindegrenze wird aufgrund schon bestehender  
Überlegungen der Aufbau eines Nahwärmenetzes  
auf Erdgas-Basis mit einer Deckung der Grund-  
last durch KWK vorgeschlagen (Abb. 4.20).  
Dafür spricht auch, dass das im Gemeindegebiet  
vorhandene Energieholzpotenzial bereits für die  
Versorgung eines Teils des Dorfkerns vorgesehen  
ist.

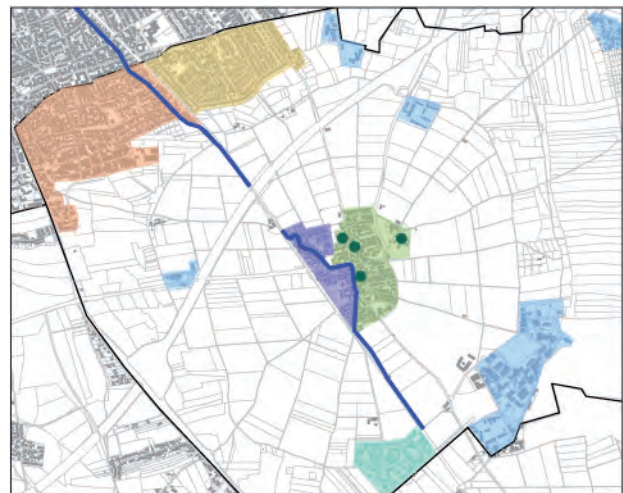


Abb. 4.20: Gebiet zum Aufbau eines fossil betriebenen  
Nahwärmenetzes (türkisfarbene Fläche)



## 4.2.4 Schritt 4: Energienutzungsplan

Die Zusammenfassung der entwickelten Energiekonzepte und Alternativen in Form von Kartenmaterial und erläuternden Texten bildet den eigentlichen Energienutzungsplan (Infobox 4.2). Ein Beispiel für ein mögliches Wärmeversorgungskonzept ist in Abbildung 4.21 (S.58) dargestellt.

Die Inhalte des Energienutzungsplans fließen in andere Planungsinstrumente (5.2.1, S.74) ein, nachdem der Energienutzungsplan beschlossen wurde (5.1, S.74). Grundlage für den Beschluss ist ein Abwägungs- und Entscheidungsprozess in der Gemeinde. Dabei spielen weiche Faktoren eine große Rolle, z. B. Grad an zu erwartender Akzeptanz unter der Bevölkerung oder die Beteiligung der Bürger (Kap. 6, ab S.81).

Die entwickelten Konzeptalternativen können nach weiteren Aspekten bewertet werden. Dies erhöht die Detailtiefe des Energienutzungsplans und dient im Fall mehrerer konzeptioneller Möglichkeiten der Entscheidungsfindung. In der Praxis erfordert dies tiefgehendes Fachwissen und die intensive Auseinandersetzung mit den jeweiligen gemeindespezifischen Gegebenheiten.

Die wesentlichen Bewertungsfelder „Klimaschutz und andere Umweltwirkungen“, „Wirtschaftlichkeit“, „Regionale Wertschöpfung“ und „Versorgungssicherheit“ werden in 4.2.5 (S.59) kurz eingeführt.

### Infobox 4.2: Bestandteile eines Energienutzungsplans

#### Bestandskarten:

- Wärmebedarfsdichtekarte
- Karten zum zukünftigen Wärmebedarf (Szenarien)
- Karten zur Infrastruktur
- Karten zu vorhandenen Energiepotenzialen

#### Ergebniskarte:

- Wärmeversorgungskonzept
- Hinweise für geeignete Flächen zur regenerativen Stromerzeugung

#### Daten:

- den Karten hinterlegtes Material
- zusätzliche Daten auf Gemeindeebene (nicht rasterbezogen):  
Strombedarf, Potenziale (Solar, Biomasse)

#### Erläuternde Texte

### Infobox 4.3: Gemeindeübergreifende Konzepte

Neben einer Betrachtung der einzelnen Gemeinde ist es je nach örtlichen Gegebenheiten wichtig, gemeindeübergreifende Überlegungen in den Energienutzungsplan miteinzubeziehen. Dies erfordert generell einen intensiven Informationsaustausch und ggf. die engagierte Zusammenarbeit benachbarter Gemeinden. So können gemeinsame Konzepte identifiziert und entwickelt werden, die sich gegenüber auf eine Gemeinde begrenzten Ansätzen durch Vorteile hinsichtlich Effizienz, Wirtschaftlichkeit und Realisierungsaufwand auszeichnen.

Beispiele für gemeindeübergreifende Synergieeffekte:

- Aufbau gemeindeübergreifender Wärmenetze durch den Zusammenschluss mehrerer „Keimzellen“ und/oder eine Erhöhung der Wärmeabnahme
- ein für ein Wärmenetz geeignetes Gebiet befindet sich in günstiger Lage zu einem vorhandenen Wärmenetz oder einer Wärmequelle in der Nachbargemeinde
- im eigenen Gemeindegebiet besteht zwar eine zum Aufbau von Wärmenetzen geeignete Wärmequelle, jedoch keine geeigneten eigenen Abnehmerstrukturen, wohl aber in der Nachbargemeinde
- Transfer von Energiepotenzialen (z. B. Biomasse)

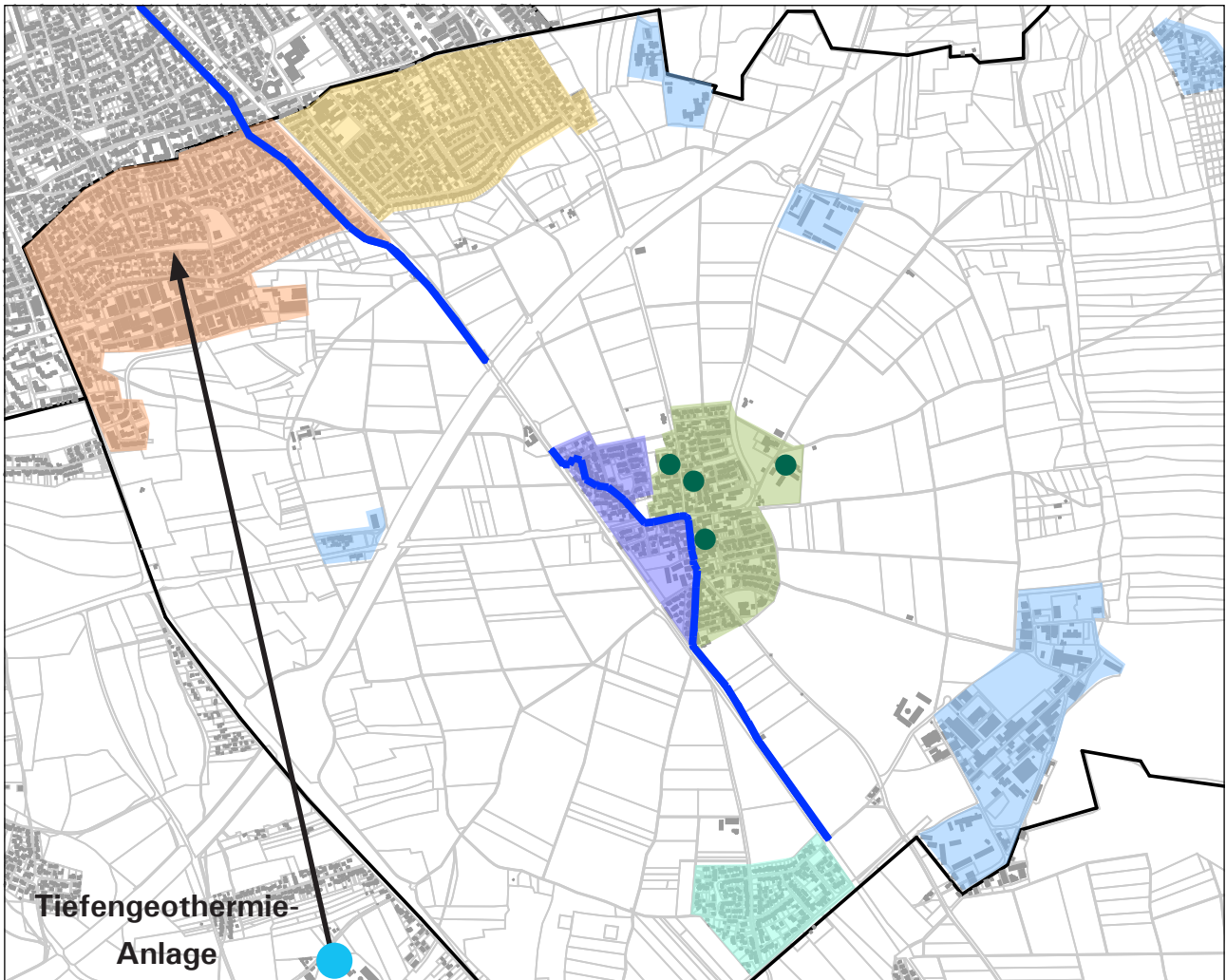


Abb. 4.21: Mögliches Wärmeversorgungskonzept für die Gemeinde Hohenbrunn

Legende

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f4a460; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Priorisierungsgebiet für den Aufbau eines Wärmenetzes (Tiefengeothermie)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #f1c232; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Geeignetes Gebiet für die Erweiterung des Wärmenetzes; alternativ Grundwasserwärmepumpe + Solarthermie</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #90c17e; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Geeignetes Gebiet zum Aufbau eines Biomasse-Nahwärmenetzes auf Basis der vorhandenen Hackschnitzel-Heizwerke (Keimzellen, Umstellung auf Grund- und Mittellastdeckung, Spitzenlast auf fossiler Basis)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #a2d4c9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Gebiet zum Aufbau eines Nahwärmenetzes auf Basis eines Gas-BHKW</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #66b3ff; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Gebiet für dezentrale (individuelle) Wärmeversorgungskonzepte: Sanierung (soweit möglich auf Niedertemperatur-Heizsystem); wenn bereits geschehen, oberflächennahe Geothermie in Kombination mit Solarthermie</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: #4a59a8; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Gebiet zur Nutzung von Abwasserwärme; alternativ oberflächennahe Geothermie in Kombination mit Solarthermie</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border-bottom: 2px solid #007bff; margin-right: 5px;"></span> Grundsätzlich denkbare Strecken zur Abwasserwärmenutzung (weitere Untersuchungen sind in den umliegenden Gebieten möglich)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; background-color: #008000; border-radius: 50%; margin-right: 5px;"></span> Existierende Anlage, die als Keimzelle für den Auf- bzw. Ausbau eines Wärmenetzes genutzt werden kann.</li> </ul> |
|---|---|

## 4.2.5 Vertiefte Bewertung von Energiekonzepten

In den ersten drei Schritten der Konzeptentwicklung sind bereits erste grobe Bewertungen zu Wirtschaftlichkeit und Klimaschutz erfolgt, z. B. durch die Priorisierung der Energieträger sowie durch den überschlägigen Schwellenwert für die Machbarkeit von Wärmenetzen. Die vertiefte Bewertung erfordert genauere Angaben zu technischen Anlagen, Netztrassen, etc. und muss daher innerhalb einer weitergehenden Detailplanung stattfinden. Im Folgenden sind grundlegende Hinweise für eine vertiefte Bewertung beschrieben.

### Klimaschutz und andere Umweltwirkungen

Eines der Hauptziele eines Energienutzungsplans ist der Klimaschutz.

Neben den zu vermeidenden Treibhausgas-Emissionen sollten soweit möglich immer auch andere Umweltwirkungen betrachtet werden. Nahezu jede Maßnahme verbraucht im Fall ihrer Umsetzung Ressourcen (Stoff, Energie) und verursacht Emissionen - bevor, während und nachdem sie zur erwünschten Wirkung führt. Idealerweise wird diesbezüglich der gesamte Lebenszyklus einer Maßnahme untersucht, d. h. Erstellung/Herstellung, Nutzungszeit und Rückbau mit Entsorgung/Wiederverwertung. Eine solche Lebenszyklusanalyse (engl. „Life Cycle Assessment“ (LCA), Abb. 4.22) berücksichtigt unter anderem folgende Parameter:

- kumulierter Energieaufwand (KEA) bzw. kumulierter Energieverbrauch (KEV)
- Stoffverbrauch
- schädliche Immissionen in Luft, Wasser, Boden
- Abfälle je gelieferter kWh Endenergie, eingesparter kWh Nutzenergie bzw. Menge Material

Umfangreiche Datenbanken des Umweltbundesamts und des Ökoinstitut e. V. (PROBAS) liefern anzusetzende Werte für eine Vielzahl möglicher Versorgungsalternativen sowie Materialien [59]. Dabei werden z. B. für unterschiedliche Solaranlagen, Holzheizwerke, fossil betriebene KWK-Anlagen oder Nahwärmenetze allgemeine Umweltauswirkungen unter gegebenen Bedingungen analysiert. Für die Analyse von konkreten Maßnahmen bietet sich auch das Programm GEMIS an [60]. Informationen zu Baustoffen liefert die Datenbank „Ökobau.dat“. [61]. Zur Erstellung einer kommunalen Energie- und CO<sub>2</sub>-Bilanz sowie für das Monitoring dieser sollten aufgrund der Komplexität nur anerkannte Softwarelösungen eingesetzt werden. Diese können gegen Gebühr am Markt bezogen werden.

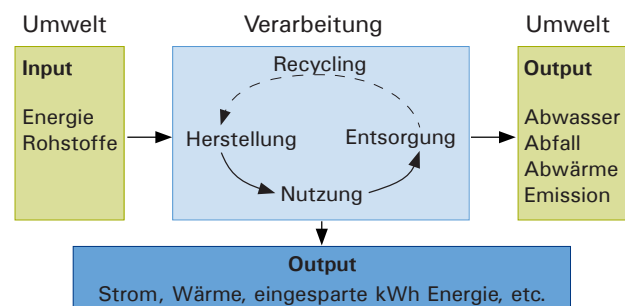


Abb. 4.22: Lebenszyklusanalyse

### Wirtschaftlichkeit

Für die Realisierung von Energiekonzepten haben finanzielle Rahmenbedingungen einen hohen Stellenwert. Um belastbare Aussagen zur wirtschaftlichen Sinnhaftigkeit treffen zu können, bestehen verschiedene Investitionsrechenverfahren: vergangenheitsorientierte, auf Ist-Daten basierende, sogenannte statische Verfahren; zukunftsorientierte, auf Plan-Daten basierende, sogenannte dynamische Verfahren. Solche Vergleichs- und Vorteilhaftigkeitsanalysen bilden das Rückgrat jeder Anlage- und Finanzierungsentscheidung. Die in der Praxis übliche Vorgehensweise, Kosten bzw. Investitionen im Geltungsbereich von gebäudetechnischen Anlagen zu bewerten, wird in der Richtlinie VDI 2067 (Blatt 1) [16] erläutert. Planungs- und Ingenieurbüros arbeiten meist nach dieser Richtlinie oder einem ähnlichen Berechnungsverfahren. Hierbei handelt es sich um ein dynamisches Berechnungsverfahren. Berücksichtigt wird dabei neben den Investitionskosten auch der Zinseffekt, welcher dazu führt, dass der Geldfluss in der Gegenwart mehr wert ist als der Geldfluss in der Zukunft.

Durch den Einbezug kapitalwirtschaftlicher Aspekte einer Investitionsbewertung kann eine genauere Aussage zum jeweiligen Investitionsvorhaben getroffen werden. Voraussetzung dafür ist die richtige Einschätzung der zukünftig zu erwartenden Zahlungsströme.

Viele, sich auf die Zukunft beziehende Parameter sind reine Annahmewerte (z. B. Energiepreise, Inflationsrate, Kapitalzinssätze), die unterschiedlich starken Schwankungen unterworfen sind. Damit etwaige Preissteigerungen in den einzelnen Bereichen (z. B. Strom-, Öl- und Gaspreis sowie Biomassepreise in 20 Jahren) in einer wirtschaftlichen Bewertung abgebildet werden können, sind auch dafür Annahmen zu treffen. Zusätzlich müssen, je komplexer die jeweiligen Anlagenkonzepte werden, neben den rein finanzmathematischen Werten auch Technologie-,

Anlagen- und Personal-spezifische Annahmen (z. B. zu Anlagen- und Modulkosten, Wartungs- und Instandhaltungskosten, Netzverlegungskosten) getroffen werden. Wirtschaftliche Betrachtungen stellen somit keinen punktuell richtigen Kostenwert dar, sondern bewegen sich je nach Gewichtung der Werte innerhalb einer Bandbreite.

Werden nun regenerative Konzepte zu einem konventionellen Referenzsystem bilanziert, können je nach Schwerpunktsetzung in der Parametervergabe unterschiedliche Technologien oder Anlagen den Vorzug erhalten. Es ist durchaus möglich, dass bei Berechnungen verschiedene Technologien und Anlagenkonzepte aufgrund von unterschiedlichen Ideologien oder einer nicht allumfassenden Wissensbasis eher zu konservativ oder auch übereuphorisch bewertet werden.

Die Schwierigkeit für Kommunen liegt nun darin, sich eine objektive Sichtweise zu verschaffen. Um mögliche Parameter für die Entscheidungsträger einschätzbar zu machen, kann Tabelle 4.2 herangezogen werden.

### Versorgungssicherheit

Tabelle 4.2: Durchschnittliche Steigerungsraten pro Jahr (auf Basis von [62])

Durchschnittliche Steigerung pro Jahr	in den letzten 5 Jahren <sup>1)</sup>	in den letzten 10 Jahren <sup>2)</sup>
Allgemeiner Zinssatz (nach Leitzins der EZB)	2,9 %	3,1 %
Inflation (BIP)	1,5 %	1,1 %
Löhne	2,0 %	2,5 %
Erdöl	4,0 %	5,7 %
Erdgas	4,0 %	3,8 %
Holz-scheite	5,0 %	2,5 %
Hackschnitzel	11,0 %	6,7 %
Holzpellets	2,5 %	2,8 %
Strom	5,4 %	4,0 %

1) Jahre 2005 bis 2010

2) Jahre 2000 bis 2010

Ein entscheidendes Bewertungskriterium von Energiekonzepten ist auch die damit verbundene Versorgungssicherheit. Diese ist gegeben, wenn Verbraucher ihren Energiebedarf unterbrechungsfrei und nachhaltig decken können. Versorgungssicherheit bezieht sich damit auf alle Stufen der Energie-Wertschöpfungskette, von der Bereitstellung von Primärenergieträgern bis zu Verteilung, Handel und Vertrieb von Energie.

Eine Erhöhung des Anteils lokaler Energieressourcen (dezentrale Versorgung) wirkt grundsätzlich positiv auf die Versorgungssicherheit. Dennoch müssen auch Einflussparameter auf überkommener

ner Ebene berücksichtigt werden.

Desweiteren ist, insbesondere bei regenerativen Energiequellen wie Sonne und Wind, die zeitliche Diskrepanz zwischen Energieverbrauch und -angebot zu beachten. Um dem zeitlich unterschiedlichen Leistungsverlauf entgegenzuwirken sowie dadurch eine höhere Versorgungssicherheit zu gewährleisten, muss der Ausgleich über eine technisch aber auch wirtschaftlich machbare Energiespeicherung erfolgen. Während Biomasse oder biogene Zwischenprodukte (z. B. Kraftstoffe, Synthesegase oder Chemikalien) dauerhaft und relativ problemlos gespeichert werden können, erweist sich die Speicherung von Sonnen- und Windenergie sowie Strom als weitaus schwieriger.

### Regionale Wertschöpfung

Der Energienutzungsplan soll zu einer verstärkten Nutzung lokal bzw. regional vorhandener erneuerbarer Energieressourcen sowie zur Entwicklung dezentraler Energiekonzepte führen. Insofern sind die enthaltenen Maßnahmen in der Regel mit einer Stärkung der regionalen Wertschöpfung durch unterschiedliche Wertschöpfungsketten verbunden.

Die möglichen positiven Effekte auf die regionale Ökonomie und Entwicklung können auf verschiedenen Ebenen identifiziert werden. Abbildung 4.23 zeigt einen Überblick dieser Ebenen und der daraus resultierenden Wertschöpfungsketten innerhalb der regionalen Energiewirtschaft und der dezentralen Energieerzeugung.

Die konkrete Erfassung der erzeugten Wertschöpfung, regionale Effekte durch gegebene Maßnahmen und deren Vergleich, ist aufgrund der vielfältigen Einflussfaktoren und Analyseebenen sowie der unterschiedlichen Voraussetzungen in der regionalen Wirtschaftsstruktur sehr aufwändig. Ein Modellansatz für diese Erfassung findet sich in [63].



Abb. 4.23: Wertschöpfungsketten [63]

## 4.3 Energieeinsparung (verbraucherseitig) - Grundlagen

Energieeinsparung bildet die entscheidende Voraussetzung für den Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung und damit verbundene Klimaschutz-Ziele.

### 4.3.1 Bauliche Maßnahmen

Die grundsätzlichen Möglichkeiten zur Reduzierung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes durch bauliche Maßnahmen sind:

- Minimierung der Transmissionswärmeverluste
- Minimierung der Lüftungswärmeverluste
- optimierte passive Solarenergienutzung
- optimierte Nutzung interner Wärmequellen

Obwohl prinzipiell für alle Gebäude geltend, unterscheiden sich Potenzial und Umsetzbarkeit entsprechender baulicher Maßnahmen zwischen Neubau und Bestand (energetische Sanierung).

Dementsprechend sind die wichtigsten Sachverhalte zur Energieeinsparung durch bauliche Maßnahmen in Tabelle 4.4 (S.62) getrennt nach Neubau und Bestand aufgeführt.

Für den Bauherrn oder Immobilieneigentümer ist das Kosten-Nutzen-Verhältnis und die Amortisation von Maßnahmen zur Energieeinsparung letztlich ein entscheidendes Kriterium für oder gegen deren Umsetzung.

Bei der energetischen Sanierung liefern überschlägige Werte zu den Kosten pro eingesparter kWh Heizwärmebedarf je nach Maßnahme eine hilfreiche Entscheidungsgrundlage. In Tabelle 4.3 sind solche Richtwerte beispielhaft für ein Mehrfamilienhaus zusammengefasst. Aus dem Vergleich mit dem jeweils aktuellen bzw. zukünftig zu erwartenden Energiepreis kann die wirtschaftliche Rentabilität von Maßnahmen abgeschätzt werden. Entsprechend den Rahmenbedingungen unterliegen solche Richtwerte jedoch einer ständigen Veränderung.

Tabelle 4.3: Kostenübersicht von Wärmeschutzmaßnahmen im Bestand (nachgezeichnet nach [64])

Bereich	Maßnahmen		Maßnahmenkosten gesamt (brutto)	energiebedingte Mehrkosten (brutto)			Energieeinsparung	Kosten der eingesparten Energie
				spezifisch <sup>1)</sup>	Modernisierungsanteil <sup>3)</sup>	spezifisch <sup>1)</sup>		
<b>Außenwand</b>	Wärmedämmverbundsystem	16 cm Dicke	114 €/m <sup>2</sup> (BTF)	50 %	57 €/m <sup>2</sup> (BTF)	34 €/m <sup>2</sup>	41 kWh/(m <sup>2</sup> a)	5,3 Cent/kWh
<b>Dach</b>	Zwischen- + Aufsparrendämmung bei Neueindeckung des Daches	24 cm Dicke	136 €/m <sup>2</sup> (BTF)	25 %	34 €/m <sup>2</sup> (BTF)	11 €/m <sup>2</sup>	23 kWh/(m <sup>2</sup> a)	3,0 Cent/kWh
<b>oberste Geschossdecke</b>	Dämmauflage, begehrbar	24 cm Dicke	50 €/m <sup>2</sup> (BTF)	100 %	50 €/m <sup>2</sup> (BTF)	14 €/m <sup>2</sup>	31 kWh/(m <sup>2</sup> a)	2,8 Cent/kWh
<b>Kellerdecke</b>	Dämmung unter Decke	8 cm Dicke	32 €/m <sup>2</sup> (BTF)	100 %	32 €/m <sup>2</sup> (BTF)	9 €/m <sup>2</sup>	11 kWh/(m <sup>2</sup> a)	5,3 Cent/kWh
<b>Fenster</b>	3-fach-Wärmeschutzverglasung, Passivhausrahmen <sup>2)</sup>		571 €/m <sup>2</sup> (BTF)	27 %	155 €/m <sup>2</sup> (BTF)	31 €/m <sup>2</sup>	9 kWh/(m <sup>2</sup> a)	21,4 Cent/kWh
<b>Lüftung</b>	Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung		5.950 €/WE	100 %	5950 €/WE	74 €/m <sup>2</sup>	16 kWh/(m <sup>2</sup> a)	35,0 Cent/kWh

Beispielhafte Kosten und Energieeinsparung für ein Mehrfamilienhaus mit 1000 m<sup>2</sup> Wohnfläche (Stand: November 2007)

Die jeweils angegebene Energieeinsparung gilt für Einzelmaßnahmen, bei Maßnahmenkombination ist die erzielte Einsparung geringer als die Summe der Einsparungen der Einzelmaßnahmen.

Randbedingungen für die Ermittlung der Kosten der eingesparten kWh: reale Kosten; Nutzungsdauer: Wärmeschutz 25 Jahre / Anlagentechnik 20 Jahre; Kapitalzins: 4 % (real)

1) bei Wärmeschutz bezogen auf Bauteilfläche (BTF) / bei der Anlagentechnik bezogen auf Anzahl Wohneinheiten (WE)

2) für den Fall einer anstehenden Fenstererneuerung (Referenz: Fenster mit 2-Scheiben-Wärmeschutz-Verglasung)

3) Anteil der energiebedingten Mehrkosten (brutto) an den gesamten Maßnahmenkosten (brutto)

#### Referenz:

Neubau: [65], [66], [67], [68]  
Sanierung im Bestand: [64], [69], [70]

Denkmalschutz: [71], [72]  
Kosten-Nutzen-Optimierung: [73], [74]



Tabelle 4.4: Überblick über bauliche Maßnahmen bei Neubau und Bestand

	Neubau	Bestand
<b>Bedeutung</b>	Neubauten haben nur einen geringen Anteil am gesamten Gebäudebestand. Pro Jahr wird nur ca. 1 % des gesamten Gebäudebestands erneuert.	In Deutschland wurden ca. 75 % aller Wohngebäude vor 1979 gebaut [75]. Die jährliche Sanierungsquote dieser Gebäude lag 2006 bei 2,2 %. Kumuliert wurden zwischen 1989 und 2006 nur 30 % aller möglichen Sanierungsmaßnahmen durchgeführt [76]. Das noch bestehende Einsparpotenzial ist dementsprechend hoch.
<b>Mindestanforderungen</b>	In Deutschland regelt seit 2002 die Energieeinsparverordnung (EnEV) als Zusammenführung von Wärmeschutzverordnung (WärmeschutzVO) und Heizungsanlagenverordnung (HeizAnlV) den zulässigen Primärenergiebedarf von Gebäuden. Gemäß der EU-Richtlinie zur Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden sollen ab 2021 alle Neubauten in der EU Niedrigstenergiegebäude (engl. „nearly zero-energy buildings“) sein.	Die EnEV greift auch bei der Modernisierung von Altbauten, sofern größere bauliche Änderungen an der Gebäudehülle durchgeführt werden. Die sanierten Bauteile dürfen dann einen bestimmten U-Wert nicht überschreiten oder es muss nachgewiesen werden, dass das sanierte Gebäude die Neubau-Anforderungen der EnEV insgesamt um höchstens 40 % überschreitet [77], [78]. Neben einer Reduzierung des Energiebedarfs führt die energetische Sanierung von Gebäuden auch zu deren Wertsteigerung sowie zu einer höheren Behaglichkeit für die Bewohner.
<b>Andere Gebäudestandards</b>	Verschiedene Gebäudestandards bzw. -konzepte gehen über den durch die EnEV festgelegten energetischen Mindeststandard hinaus: Gebäude nach KfW-Standards, Passivhäuser, Null- und Plusenergiegebäude, Autarkhäuser	Über die gesetzlich festgelegten Mindestanforderungen hinausgehende Standards lassen sich prinzipiell auch bei der Sanierung von Bestandsgebäuden umsetzen, jedoch kann dies mit teilweise erheblichem konstruktiven und finanziellen Mehraufwand verbunden sein.
<b>Allgemeine Handlungsmöglichkeiten</b>	Gestaltung und Konstruktion eines Gebäudes wirken sich unmittelbar auf dessen Energiebedarf, vor allem den Heizwärmebedarf, aus. Auch auf städtebaulicher Ebene kann der Energiebedarf von Gebäuden beeinflusst werden, insbesondere im Bereich der Bauleitplanung. Die Einbeziehung von Stadtplanern, Architekten, Ingenieuren und anderen Fachplanern innerhalb eines ganzheitlichen Planungsansatzes ist dabei unerlässlich.	Die baulichen Maßnahmen zur Reduzierung des Energiebedarfs sind bei Bestandsgebäuden stärker begrenzt als bei Neubauten. Der wesentliche Hebel liegt bei der Reduktion der Transmissionswärmeverluste durch die Dämmung von Außenwänden, Kellerdecke, Dach bzw. oberster Geschossdecke sowie durch die Erneuerung von Fenstern und Türen. Der nachträgliche Einbau einer kontrollierten mechanischen Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung ist möglich, jedoch mit einem höheren konstruktiven Aufwand verbunden bzw. durch die baulichen Gegebenheiten begrenzt.
<b>Einschränkungen</b>	---	Das Potenzial zur energetischen Sanierung ist bei denkmalgeschützten Gebäuden schwieriger zu erschließen. Hierfür müssen, soweit möglich, individuelle Konzepte unter enger Abstimmung von Denkmalschutz und technischen Möglichkeiten entwickelt werden.
<b>Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde</b>	Für kommunale Liegenschaften können Niedrigstenergiestandards bei Neubauten umgesetzt werden (Vorbildfunktion). Im privaten Bereich ist nur eine beschränkte unmittelbare Einflussnahme der Gemeinde möglich: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisierung, Information und Beratung</li> <li>- kommunale Programme zur Förderung von Energieeinsparung (5.2.2, S.78)</li> <li>- Definition städtebaulicher Rahmenbedingungen (Bauleitplanung)</li> <li>- weitergehende Regelungen, z. B. über städtebaulichen Vertrag (5.2.1, S.74)</li> </ul>	Durch die energetische Sanierung kommunaler Liegenschaften kann eine Gemeinde direkt Maßnahmen zur Energieeinsparung umsetzen. Mögliche Handlungsmöglichkeiten der Gemeinde für den privaten Bereich: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sensibilisierung, Information und Beratung</li> <li>- kommunale Programme zur Förderung von energetischen Sanierungen (5.2.2, S.78)</li> </ul>
<b>Kosten</b>	Durch die Zusammenarbeit mit qualifizierten Architekten und Planern lassen sich Neubauten mit energetisch hohem, über die EnEV 2009 hinausgehenden, Standard oftmals wirtschaftlich umsetzen. Bei Passivhäusern beispielsweise ist laut Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [14] im Vergleich zu Standard-Häusern nach EnEV 2007 mit zusätzlichen Investitionskosten von ca. 10 % zu rechnen [14].	Aufwand und Kosten für energetische Sanierungen hängen in hohem Maße von Gebäudetyp und -alter ab. Als unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten besonders interessant erweist sich die energetische Sanierung im Zusammenhang mit ohnehin fälligen Instandsetzungs- oder Renovierungsarbeiten. Bei Dämmarbeiten können Kosten und Aufwand auch durch Einsatz vorgefertigter Komponenten reduziert werden.

### 4.3.2 Nutzerverhalten

Das Nutzerverhalten, also der individuelle Umgang mit dem Gebäude und dessen technischen Systemen, birgt oft beträchtliche Einsparpotenziale, welche sich zum Teil ohne oder mit nur geringem Kostenaufwand umsetzen lassen (Tab. 4.5).

Generell muss zwischen Nutzerverhalten und Nutzereinfluss unterschieden werden. Zum Nutzereinfluss zählen Nutzungsdauer, Belegungsdichte und andere wenig veränderliche bzw. beeinflussbare Parameter. So macht es einen Unterschied, ob z. B. ein Wohngebäude von Berufstätigen oder von Rentnern genutzt wird [64].

In ihren eigenen Liegenschaften können Kommunen relativ direkt Einfluss auf das Verhalten der Nutzer nehmen, z. B. durch Mitarbeiterschulungen, Energieworkshops oder eine Verbrauchs-

datenerfassung. Eine Schlüsselfunktion kommt dabei in den meisten Fällen dem Hausmeister bzw. dem technischen Betriebspersonal zu.

Für den privaten Bereich sind neben der Vorbildwirkung der Gemeinde auch bestimmte Anreizmodelle (Win-Win-Modelle) möglich, welche dem Nutzer einen unmittelbaren Mehrwert durch erzielte Einsparungen bringen.

Beispiele dafür sind [79]:

- Bonuszahlungen bei messbaren Energieeinsparungen im Vergleich zur definierten Basis
- Ideenwettbewerbe
- Energiesparpreise

Tabelle 4.5: Nutzerverhalten - beispielhafte Maßnahmen in Anlehnung an [79], [80], [81]

Einflussbereiche		Beispiele	
Raumwärme	Temperatur	- Minderung der mittleren Raumtemperatur (Komfortanspruch) - Teilbeheizung	- Reduktion der mittleren Raumtemperatur um 1 °C entspricht im Mittel einer Einsparung beim Heizwärmebedarf von ca. 6 % - Absenkung der Raumtemperatur nachts und bei Abwesenheit - Thermostatventile an Heizkörpern nur bis Stufe 3 öffnen, auch während der Aufheizphase (entspricht einer Raumtemperatur von ca. 20 °C)
	Luftwechsel	- Lüftungsverhalten - Regelung	Stoßlüftung anstelle von Kipplüftung mit gleichzeitiger Drosselung der Heizung
	Interne / Solare Gewinne	- Lebensgewohnheiten - Geräteausstattung - Verschattung	solare Einstrahlung im Winter gezielt nutzen, z. B. Rollläden tagsüber offen lassen
Warmwasser	Temperatur	- Temperaturniveau - Zapfprofil	- Bewusste Verwendung eines niedrigeren Temperaturniveaus (z. B. beim Hände waschen, Zähne putzen)
	Warmwasserbedarf	- Minderung des Bedarfs (Komfortanspruch) - Ausstattung	- Duschbad erfordert im Vergleich zum Wannenbad nur ca. 30 % an Warmwasser - Einsatz von wassersparenden Armaturen
Strom	Umgang mit elektrischen Geräten	- Lichtkontrollen - Abschaltung nicht benötigter Elektrogeräte - „Leerlaufverluste“ - Vermeidung von Stand-By-Betrieb	- „Licht aus“ in Pausen, Lichtschalter beschriften - Abschaltung von Warmwasserboilern, Getränkeautomaten, Computern, Druckern, Kaffeemaschinen, etc. manuell, per Zeitschaltuhr oder per Standby-Sensor - Verwendung von schaltbaren Steckerleisten

## 4.4 Effiziente Energieversorgung - Grundlagen

### 4.4.1 Wärmenetze

Ein Wärmenetz versorgt mehrere Verbraucher (Gebäude) über ein Rohrleitungsnetz mit Wärme und wird von einer oder mehreren Heizzentralen mit heißem Wasser/Dampf gespeist. Man kann dabei zwischen Fern- und Nahwärmenetzen unterscheiden. Fernwärmenetze arbeiten meist mit einer Vorlauftemperatur von etwa 130 °C und einem Druckniveau von 16-25 bar. Dadurch können sie Wärme über größere Entfernungen wirtschaftlich transportieren. Nahwärmenetze versorgen kleinere Gebiete, meist mit einem Wasserdruck um 6 bar und einer Vorlauftemperatur von max. 90 °C [19]. Gegenüber individuellen Anlagen weisen Wärmenetze folgende Vorteile auf:

- Ermöglichen des Einsatzes bestimmter Energiepotenziale und (größerer) Anlagen mit höherem Wirkungsgrad, z. B. Tiefengeothermie, Abwärme und Hackschnitzel-Heizwerke
- optimale Auslegung der Anlagen getrennt nach Grund-, Mittel- und Spitzenlast; Anpassung der zeitlichen Verteilung von Bedarf und Angebot
- Umsetzbarkeit verbesserter Umweltschutzmaßnahmen im Vergleich zu dezentralen Anlagen, z. B. Einsatz von Partikelfiltern bei Biomasseverbrennung
- höhere Flexibilität bei Veränderung energiewirtschaftlicher Rahmenbedingungen (z. B. Kosten und Verfügbarkeit von Rohstoffen)

Das Verlegen der Leitungstrassen erfordert in der Regel die größten Investitionen bei der Realisierung von Wärmenetzen. Die Amortisationszeit dafür sinkt, je mehr Wärme pro Trassenmeter später aus dem Netz abgenommen wird. Dies hängt, neben dem bestehenden Wärmebedarf in den für die Versorgung durch das Netz vorgesehenen Gebieten, maßgeblich von der erreichbaren Abnahmekquote ab.

Um die Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes schon bei der ersten Konzeption pauschal abschätzen zu können, sind in Tabelle 4.6 typische Richtwerte zusammengefasst. Bei der konkreten Planung von Wärmenetzen sind detaillierte Analysen und Kalkulationen erforderlich (Anhang 11).

Tabelle 4.6: Kosten Wärmeverteilung

Leitungslänge pro Fläche	80	m/ha
Leitungskosten pro Länge	800	€/m
Leitungskosten pro Fläche	64.000	€/ha

### 4.4.2 Koordinierung

Durch Maßnahmen zur Koordinierung von bzw. zwischen verschiedenen Verbrauchsstellen und Energieerzeugern kann die Effizienz von Energieversorgungssystemen erhöht werden. Solche Maßnahmen lassen sich hauptsächlich in Wärme- und Strom-, aber auch in Gasnetzen durchführen.

#### Lastgänge

Die nachgefragte Leistung von Energieverbrauchern weist üblicherweise deutliche jahres- und tageszeitliche Schwankungen auf.

Saisonale Schwankungen zeigen sich am deutlichsten beim Wärmebedarf. In Abbildung 4.24 ist schematisch der typische saisonale Lastgang des Wärmebedarfs von Wohngebäuden dargestellt. Dieser lässt sich nach Grund-, Mittel- und Spitzenlastanteil differenzieren.

Da bei KWK-Prozessen in der Regel das ganze Jahr über die gleiche Wärmemenge produziert wird, eignen sich diese besonders zur Deckung der Grundlast. Durch eine Erhöhung des nachgefragten Grundlastanteils kann bei gemeinschaftlichen Versorgungskonzepten somit auch der Deckungsgrad durch effiziente KWK-Prozesse gesteigert werden. Dies geschieht durch den gezielten Zusammenschluss von Verbrauchern mit sich ausgleichenden saisonalen Lastgängen. Ein Beispiel dafür ist die Einbindung eines Freibads mit hohem sommerlichem Wärmebedarf in ein Nahwärmenetz mit Wohngebäuden. Das durch den fehlenden Heizwärmebedarf bedingte „Sommerloch“ kann so aufgefüllt und die Höhe des Grundlastanteils erhöht werden (Abb. 4.24). Tageslastgänge sind am deutlichsten bei der Stromnachfrage ausgeprägt. Abbildung 4.25 zeigt schematisch den Tageslastgang eines Stromverbrauchers und das Prinzip des Lastmanagements. Dabei wird die Spitzenlast  $P_{\max}$  durch die Abschaltung bzw. Verschiebung der Laufzeit einzelner Verbraucher reduziert. In der Industrie

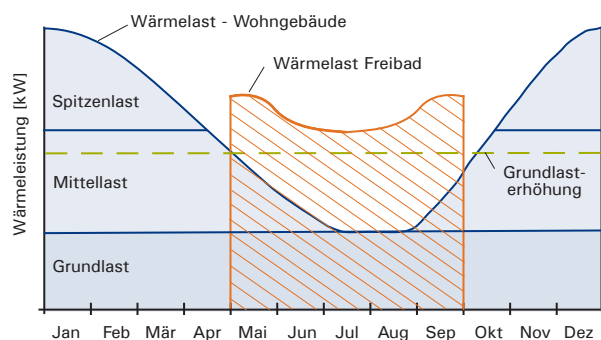


Abb. 4.24: typischer Jahres-Wärmelastgang von Wohngebäuden

ist Lastmanagement für Strom Stand der Technik, vor allem bei stromintensiven Prozessen. Privaten Betreibern von Wärmepumpen stellen Energieversorgungsunternehmen (EVU) oft einen günstigen Stromtarif zur Verfügung, der an die Bedingung geknüpft ist, die Wärmepumpe für einen bestimmten Zeitraum am Tag abzuschalten. Ähnliche Regelungen sind auch für größere Gasverbraucher gängige Praxis und für Großverbraucher in Wärmenetzen allemal denkbar. Der Energieversorger hat so die Möglichkeit, auf Versorgungsengpässe entsprechend zu reagieren.

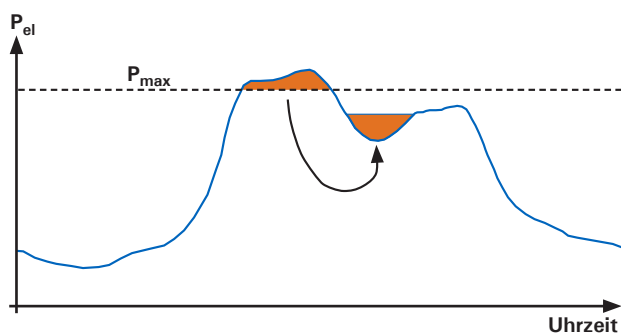


Abb. 4.25: Tagesgang der Stromlast und Prinzip des Lastmanagements

## Auslegung von Anlagen

Eine optimale Auslegung der Erzeugungsanlagen in einem Netz (Wärme, Strom) besteht darin, Energieerzeuger so zu kombinieren und zu koordinieren, dass Grund-, Mittel- und Spitzenlast jeweils mit möglichst hohem Nutzungsgrad gedeckt werden. Da Wärme- und Stromerzeugungsanlagen in der Regel bei Nennlast am effizientesten arbeiten, ist ihr Teillastbetrieb zu minimieren. Dies kann dadurch erreicht werden, dass Grund-, Mittel- und Spitzenlast durch verschiedene, jeweils am besten geeignete Anlagen gedeckt werden. Dies ermöglicht zugleich die Kombination verschiedener Energieträger. In Tabelle 4.7 (S.67) finden sich Angaben zur Eignung verschiedener Antriebsaggregate für den Teillastbetrieb. Auch Speichersysteme können zur Nivellierung der verschiedenen Lastanteile verwendet werden.

Bei der Auslegung von Anlagen spielt auch das Verhältnis von Investitions- und Brennstoffkosten eine Rolle. Mit hohen Investitionskosten und eher niedrigen Brennstoffkosten verbundene Anlagen eignen sich im Hinblick auf möglichst hohe Laufzeiten besser für die Deckung von Grund- und Mittellast. Abbildung 4.26 zeigt beispielhaft dafür die Dauerlastkurve eines hybriden Heizsystems. Der Biomassekessel dient zur Grund-

lastwärmebereitstellung, da Biomasse relativ geringe spezifische verbrauchsgebundene Kosten aufweist, die Anlage jedoch höhere spezifische Anschaffungskosten. Mit dem Spitzenlastkessel sind aufgrund höherer Brennstoffpreise und eines schlechteren Wirkungsgrads bei Teilbetrieb höhere spezifische Wärmekosten, aber niedrigere spezifische Anschaffungskosten verbunden.

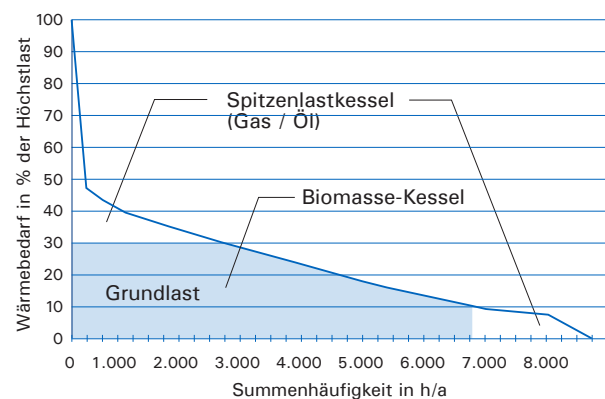


Abb. 4.26: Beispiel einer Jahresdauerlinie bei Raumwärme und Brauchwarmwasserbedarf und Möglichkeit einer hybriden Auslegung der Erzeugungsanlagen (nachgezeichnet nach [39])

## Abwärmenutzung

Entscheidende Faktoren für die Machbarkeit einer Abwärmenutzung sind Menge, Temperaturniveau, zeitliche Verfügbarkeit und Aufwand zur Auskopplung der Abwärme. Oft ist dies nur in Verbindung mit einem Wärmenetz möglich. Aufgrund der Amortisationszeiten für ein Netz müssen die Lieferanten von Abwärme gegebenenfalls längerfristige Lieferverträge eingehen. Ein (teilweiser) Ausfall der Abwärmequelle muss durch redundante Anlagen abgesichert werden. Empfehlenswert ist daher der Netzbetrieb durch Dritte, z. B. Stadtwerke.

## Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Der elektrische Wirkungsgrad ist bei thermischen Prozessen zur Stromerzeugung grundsätzlich begrenzt. Daher wird der nicht in elektrische Energie umwandelbare Wärmeanteil bei Prozessen zur reinen Stromerzeugung ungenutzt an die Umgebung abgegeben. Kraft-Wärme-Kopplung bildet durch die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme eine hocheffiziente Alternative hierzu. Obwohl dies im Vergleich zu reinen Kraftwerken mit Stromeinbußen verbunden ist,

liegt der gesamte Ausnutzungsgrad des Brennstoffs bei KWK-Prozessen deutlich höher (Abb. 4.27 und Kap. 4.5, S.67). Da Strom aufgrund der flächendeckenden Netzstruktur leicht verteilt werden kann, lassen sich KWK-Anlagen räumlich entsprechend dem Wärmebedarf platzieren. Im Hinblick auf die Vermeidung ungenutzter Wärmeanteile eignen sich KWK-Anlagen mit ihrer über das Jahr gleichmäßigen Wärmeabgabe vor allem für die Deckung der Grundlast.

KWK-Anlagen lassen sich in große Heizkraftwerke (HKW) und (kleinere) Blockheizkraftwerke (BHKW) unterteilen. In Verbindung mit bestimmten regenerativen Energieträgern (z. B. Holz) sind mit den heute verfügbaren KWK-Technologien nur relativ niedrige Stromwirkungsgrade zu erreichen, was bei Energieversorgungskonzepten entsprechend berücksichtigt werden muss.

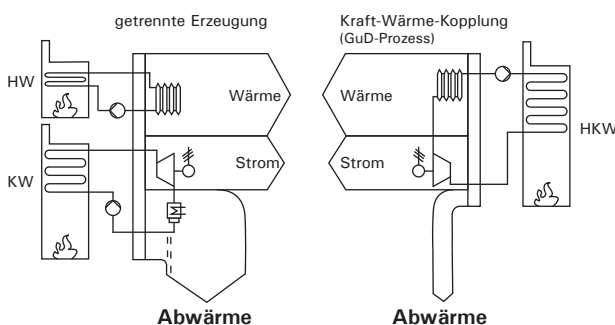


Abb. 4.27: Vergleich der Brennstoffausnutzung bei Kraft-Wärme-Kopplung und bei getrennter Erzeugung (nachgezeichnet nach [82])

### 4.4.3 Modernisierung

Der Ersatz alter durch neue Anlagen bzw. Komponenten (Modernisierung) führt im Allgemeinen zu einer Steigerung der Gesamteffizienz.

#### Feuerungsanlagen und KWK

Durch die technische Weiterentwicklung der Anlagen konnte deren Wirkungsgrad ständig verbessert werden (Abb. 4.28). Dies gilt sowohl für kleine als auch für größere Anlagen (Heiz- und Heizkraftwerke). Tabelle 4.9 (S.69) gibt einen Überblick über die Entwicklung der Jahresnutzungsgrade verschiedener Kesseltypen. Damit können Effizienzsteigerung und Brennstoffeinsparung durch entsprechende Modernisierungsmaßnahmen (Kesseltausch) abgeschätzt werden.

## Umwälzpumpen

Umwälzpumpen von Heizungsanlagen haben einen bedeutenden Stromverbrauch. In einem Vier-Personen-Haushalt entfallen darauf ca. 10 % des jährlichen Strombedarfs [83]. Moderne Umwälzpumpen weisen eine deutlich höhere Effizienz auf, so dass sich der Stromverbrauch gegenüber älteren um bis zu 80 % reduzieren lässt [84]. Die Kosten für einen Tausch amortisieren sich so schon nach zwei bis vier Jahren [84].

## Elektrogeräte

Auch bei Elektrogeräten hat sich die Effizienz der Stromumwandlung in den letzten Jahren verbessert. 1998 wurde von der EU mit dem Energielabel die Kennzeichnungspflicht der Energieeffizienz von Haushaltsgeräten eingeführt. Die erreichte Reduktion des spezifischen Verbrauchs von Haushaltsgeräten von ca. 30 % zwischen 1991 und 2007 wurde jedoch durch die gestiegene Ausstattung in Summe wieder ausgeglichen. Die EU hat mit einer entsprechenden Verordnung eine schrittweise Reduzierung der maximal erlaubten Leistung von Glühlampen festgesetzt, so dass ab 2012 keine Lampen mit mehr als 10 W Leistung mehr verkauft werden dürfen. Dadurch wird eine Reduktion des Stromverbrauchs um 5 % bis 2020 angestrebt [85]. Auch in den Bereichen GHD und Industrie besteht ein hohes Potenzial zur Effizienzsteigerung durch den Austausch alter Geräte.

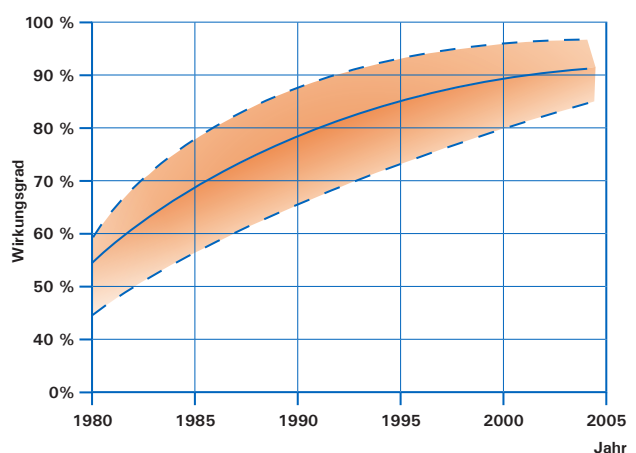


Abb. 4.28: Zeitliche Entwicklung der Wirkungsgrade am Beispiel kleiner Festbrennstoffkessel (nachgezeichnet nach [86])

Referenz: [83], [84], [87], [88]



## 4.5 Energieversorgungsanlagen - Grundlagen

### 4.5.1 KWK-Anlagen

Bei den meisten KWK-Prozessen wird durch einen Motor (Kolbenmaschine) oder eine Turbine (Strömungsmaschine) mechanische Arbeit verrichtet, die dann mittels eines Generators in elektrischen Strom umgewandelt werden kann. Eine direkte Umwandlung des Brennstoffs in Gleichstrom, d. h. ohne das zwischengeschaltete Verrichten mechanischer Arbeit, leistet die Brennstoffzelle.

Findet die Brennstoffumsetzung direkt im Inneren der Maschine statt, z. B. bei Gasturbinen, Verbrennungsmotoren und Brennstoffzellen, spricht man von Verbrennungs-Kraft-Maschinen (VKM). Wird hingegen ein extern zugeführter Wärmestrom genutzt, z. B. bei Stirlingmotoren, Dampfturbinen oder ORC-Prozessen, spricht man von Wärme-Kraft-Maschinen (WKM). Die zugeführte Wärme kann dabei aus solarer Strahlung, Geothermie oder einem Verbrennungsprozess (Kessel) stammen.

GuD-Anlagen (Gas und Dampf) sowie die Kombination von BHKW mit ORC-Prozessen stellen eine

Kopplung von zwei Krafterzeugungsarten dar. Die Entscheidung über die zu verwendende Technologie hängt vor allem vom zur Verfügung stehenden bzw. gewünschten Brennstoff ab (Tab. 4.7).

Abbildung 4.29 zeigt eine Übersicht der Wirkungsgrade verschiedener Stromerzeugungstechnologien in Abhängigkeit von der Leistung.

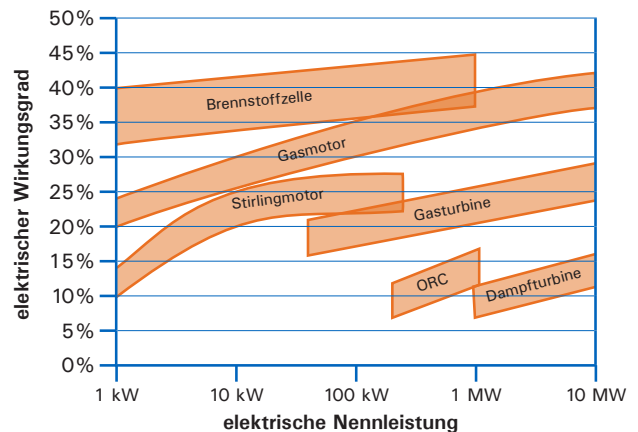


Abb. 4.29: Übersicht der Wirkungsgrade verschiedener Stromerzeugungstechnologien in Abhängigkeit von der Leistung

Tabelle 4.7: Richtwerte zu BHKW mit verschiedenen Antriebsaggregaten [40], [89]

Richtwerte	Einheit	Diesel-Motor	(Gas)-Otto-Motor	Stirlingmotor	Brennstoffzelle	Gasturbine <sup>1)</sup>
Art der Krafterzeugung	-	VKM	VKM	WKM	VKM	VKM
Üblicher Brennstoff	-	PÖ, HÖ, (Gas)	BG, Gas, OK	BG, Gas, Holz	Gas, BG, H <sub>2</sub>	Gas, HÖ
elektr. Leistungsbereich	kW	5 - 20.000	1 - 5.000	1 - 40	1 - 250	30 - 250.000
Gesamtwirkungsgrad	%	bis 90	bis 90	bis 85	bis 90	bis 85
elektr. Wirkungsgrad	%	28 - 44	25 - 42	10 - 30	30 - 47	25 - 30
Stromkennzahl	-	0,5 - 1,1	0,4 - 1,1	0,4	0,3 - 0,7	0,3 - 0,6
Teillastverhalten	-	gut	gut	weniger gut	sehr gut	weniger gut
Stand der Technologie	-	bewährt	bewährt	Testphase	Pilotanlagen	bewährt
Kosten Invest	€/kW <sub>el</sub>	4.500 - 400	ca. 3.000 - 300	k.A.	50.000 - 2.500 <sup>2)</sup>	1.200 <sup>3)</sup> - 200

1) Mikrogasturbinen 30 bis etwa 200 kW<sub>el</sub> 2) Kosten für PAFC (Phosphorsäure-Brennstoffzelle) ca. 2.500 €/kW<sub>el</sub>; Hochtemperatur-Brennstoffzelle 50.000 - 10.000 €/kW<sub>el</sub> 3) Kosten für Mikrogasturbinen etwa 1200 €/kW<sub>el</sub>

#### Legende

BG Biogas, Klärgas  
Gas Erdgas  
H<sub>2</sub> Wasserstoff

HÖ Heizöl  
OK Otto-Kraftstoff  
PÖ Pflanzenöl

VKM Verbrennungs-Kraft-Maschine  
WKM Wärme-Kraft-Maschine  
k.A. keine Angabe

### Infobox 4.4: Exergie

Energie ist in der Umwelt im Übermaß vorhanden. Oft kann diese Energie jedoch nicht dazu genutzt werden, Arbeit zu verrichten. Für die Klassifizierung von Energie hat sich der Begriff der Exergie als besonders hilfreich erwiesen. Exergie gibt an, welche Arbeit eine bestimmte Menge an Energie leisten kann. Liegt die Energie als Wärme vor, dann bestimmt das Temperaturniveau ihren Anteil an Exergie. Dieser kann über den Wirkungsgrad des idealen Carnot-Prozesses abgeschätzt werden ( $\eta_c = 1 - T_u / T_o$ ), mit  $T_u$  als unterer bzw. Umwelttemperatur und  $T_o$  als oberer Temperatur des Prozesses.

Der Exergieanteil von elektrischem Strom ist 1, da die Energie von Strom quasi zu 100 % in Arbeit umgewandelt werden kann.

## 4.5.2 Feuerungsanlagen

Feuerungsanlagen dienen der Wärmeerzeugung durch Verbrennung von Brennstoffen wie Öl oder Gas. Die Konstruktion der Kessel hängt maßgeblich von der Art des Brennstoffs ab. Im Folgenden wird deshalb nach festen, flüssigen und gasförmigen Brennstoffen unterschieden. In Tabelle 4.8 sind Richtwerte zu verschiedenen Arten von Feuerungsanlagen zusammengefasst.

### Festbrennstoffe aus Biomasse

In der Regel werden Festbrennstoffkessel mit Holz befeuert, aber auch andere biogene Stoffe werden verwendet. Kessel für feste Brennstoffe unterscheiden sich von solchen für flüssige und gasförmige durch einen meist komplizierteren Aufbau.

Die Verfeuerung in kleinen (dezentralen) Anlagen verursacht dabei deutlich mehr Schadstoffemissionen, da diese meist (noch) nicht über ausreichende Vorrichtungen zur Rauchgasreinigung verfügen. So sind die Kohlenstoffmonoxidemissionen durchschnittlich um das 200-fache höher als bei vergleichbaren Öl- oder Gaskesseln. Partikelemissionen und Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen (VOC) zeigen etwa die 100-fache Konzentration [90]. Wird Biomasse zentral in größeren Anlagen verbrannt, sind die Betreiber verpflichtet, aufwändige Abgasreinigungs- und -waschverfahren in ihren Anlagen zu installieren.

Holzessel werden noch weiter nach der Form des Brennstoffs (Stückholz, Hackschnitzel, Pellets) unterschieden. Pellet-Kessel weisen tendenziell die höchsten Wirkungsgrade auf, gefolgt von Scheitholz- und Hackschnitzelkesseln. Holzhackschnitzel zeichnen sich durch die geringsten spe-

zifischen Brennstoffkosten aus und unterbieten Scheitholz bzw. Pellets dabei teilweise um bis zu 50 % [62].

Zu den Feuerungsanlagen auf Feststoffbasis zählen auch offene Kamine, Kamin- und Kachelöfen.

### Flüssige und gasförmige Brennstoffe

Für flüssige und gasförmige Brennstoffe werden folgende Kesseltypen eingesetzt:

#### Konstanttemperaturkessel

Diese Bauart fand überwiegend bis in die 90er Jahre Verwendung. Heute kommen sie nur noch bei Festbrennstoffkesseln zum Einsatz. Die Betriebstemperatur ist so festgelegt, dass keine Kondensation auftritt.

#### Niedertemperaturkessel

Die Bauart und Betriebsweise erlauben es, die Vorlauftemperatur bei höheren Außentemperaturen sowie bei Teillast abzusenken. Dadurch wird ein höherer Nutzungsgrad im Teillastbetrieb erzielt.

#### Brennwertkessel

Bei Brennwertkesseln wird durch Kondensation des Wasserdampfs auch die im Rauchgas enthaltene latente Wärme genutzt. Brennwertkessel können außerdem mit variablen Temperaturen betrieben werden. Heute bilden sie die am häufigsten installierte Bauart von Gaskesseln. In Kombination mit einem Niedertemperaturheizsystem (NTH) lässt sich der Wirkungsgrad nochmals erhöhen.

Typische Werte für Jahresnutzungsgrade sind in Tabelle 4.9 zusammengestellt.

Tabelle 4.8: Richtwerte zu Feuerungsanlagen [86]

Richtwerte	Einheit	HW-Hackschnitzelkessel	Stückholzkessel	Hackschnitzelkessel	Pellets-kessel	Gaskessel modulierend (Heizwert)	Gaskessel modulierend (Brennwert)	Ölkessel modulierend (Brennwert)
Aggregatzustand des Brennstoffs	-	fest	fest	fest	fest	gasförmig	gasförmig	flüssig
Üblicher Brennstoff	-	Hackschnitzel	Scheitholz	Hackschnitzel	Pellets	Gas	Gas	Heizöl
Leistungsbereich	kW <sub>th</sub>	> 500	10 - 800	10 - > 1000	< 10 - 60	10 - 25	5 - 100	15 - 500
Kesselwirkungsgrad	%	80 - 90	80 - 90	80 - 90	80 - 90	80 - 90	90 - 95	90 - 95
Kosten Invest <sup>3)</sup>	€/kW <sub>th</sub>	400 - 20	350 - 200 <sup>1)</sup>	950 - 400 <sup>1)</sup>	2.000 <sup>2)</sup> - 200	220 - 90	560 - 90	300 - 50

1) Die angegebene Preisspanne bezieht sich auf Anlagen mit einer Nennwärmeleistung zwischen 20 und 60 kW, da solche Anlagen in diesem Leistungsbereich am häufigsten anzutreffen sind [86].

2) Da Pelletheizkessel in den niedrigen Nennwärmeleistungsbereich von weniger als 10 kW vorstoßen, liegen die spezifischen Anschaffungskosten mit durchschnittlich 1.000 €/kW (bei 10 kW, mit Raumaustrag) scheinbar vergleichsweise hoch, allerdings kommen Hackschnitzel- oder Scheitholzfeuerungen hierfür nur bedingt in Frage. Unter vergleichbaren Bedingungen (z. B. bei 30 kW) sind Pelletfeuerungsanlagen bei den Investitionskosten günstiger als Hackschnitzelanlagen [86].

3) Bei Stückholzkesseln sowie bei Hackschnitzel- und Pelletheizungen muss neben den Kosten für den Kessel desweiteren mit Kosten für Pufferspeicher, Installationskosten, den Schornstein und das Brennstofflager kalkuliert werden.[86]

Tabelle 4.9: Jahresnutzungsgrade verschiedener Kesseltypen [92]

	Öl			Gas		
	Vor 1980	1980-1990	Nach 1990	Vor 1980	1980-1990	Nach 1990
Standardkessel	76	83	-	78	84	-
Niedertemperatur	-	89	92	-	89	92
Brennwert	-	93	96	-	95	98
Brennwert (NTH)	-	94	98	-	99	102

NTH: Niedertemperatur-Heizsystem

### 4.5.3 Wärmepumpen

Wärmepumpen (WP) können sowohl elektrisch als auch mit Gas betrieben werden, wobei elektrisch betriebene am weitesten verbreitet sind (Abb. 4.30).

Mit der Jahresarbeitszahl (JAZ) wird die Effizienz einer Wärmepumpe beschrieben. Sie beschreibt das Verhältnis der über das Jahr abgegebenen Wärmemenge zur aufgenommenen (elektrischen) Energie:

$$JAZ = Q_{th\_out} / Q_{el\_in}$$

$Q_{th\_out}$  : pro Jahr abgegebene Wärme (kWh/a)

$Q_{el\_in}$  : pro Jahr eingesetzte (elektrische) Energie (kWh/a)

Je höher die Arbeitszahl, desto größer ist die Menge an abgegebener Wärme im Verhältnis zur aufgenommenen Antriebsenergie. Dies hängt im Wesentlichen von der Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmesenke ab. Je geringer diese ist, desto größer ist die JAZ. Aus diesem Grund sollten Wärmepumpen bevorzugt in Verbindung mit Niedertemperatur-Heizsystemen (Flächenheizungen) eingesetzt werden. Für die Warmwasserbereitung bietet sich zudem eine Kombination mit Solarthermie an.

Tabelle 4.10 beinhaltet neben anderen Richtwerten auch typische Jahresarbeitszahlen für verschiedene Arten von Wärmepumpen.

Wärmepumpen kommen üblicherweise in Verbindung mit folgenden Wärmequellen zum Einsatz:

- Grundwasser
- Erdreich
- Außenluft
- Abluftströme von Lüftungsanlagen
- Oberflächenwasser
- Abwasser

Grundsätzlich sind bei der Planung und Installation von Wärmepumpen zur Nutzung oberflächennaher Geothermie die gesetzlichen Regelungen zu beachten.

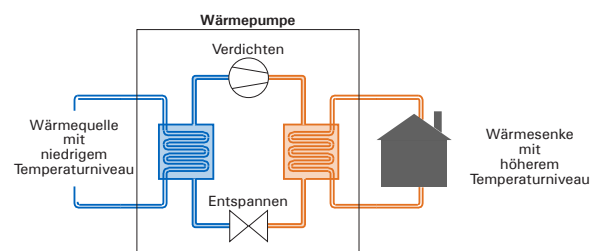


Abb. 4.30: Schematische Darstellung einer Wärmepumpe

Tabelle 4.10: Richtwerte zu Wärmepumpen [93], [94]

Richtwerte	Einheit	Luft	Erdwärme	Grundwasser
Medien	-	Luft/ Wasser	Sole/ Wasser	Wasser/ Wasser
mittlere JAZ	-	bis 3,3	bis 4,5 (bei Erdwärmesonden)  bis 4,0 (bei Erdwärmekollektoren)	bis 4,5
Kosten der Wärmequellenerschließung <sup>1)</sup>	€ (Luft)  €/kW (Erdwärme)  €/15 m (Grundwasser)	200 - 600 (unabhängig von der Heizleistung)	650 - 900 (bei Erdwärmesonden)  250 - 300 (bei Erdwärmekollektoren)	4.500 - 5.500 (Brunnenanlage mit 2 Brunnen je 15 m)
Kosten Invest WP <sup>2)</sup>	€/kW	1.500 - 1.000	1.400 - 900	1.500 - 1.100

<sup>1)</sup> Nach [94] handelt es sich bei den Angaben um Durchschnittswerte. Die Angaben sollten als Richtwerte betrachtet werden, Abweichungen sind möglich, z. B. durch die vor Ort gegebenen geologischen Bedingungen.

<sup>2)</sup> Die Kosten für eine Wärmepumpe sind von der Heizleistung abhängig. Geht man beispielsweise von einer zu beheizenden Fläche von ca. 180 m<sup>2</sup> aus, wird dafür eine Heizleistung von ca. 8-9 kW (Neubau mit ca. 40 W/m<sup>2</sup>) benötigt. Durchschnittliche Anlagenlistenpreise inkl. Regelung, Pufferspeicher und Umwälzpumpe ergeben sich. Nicht im Preis enthalten sind Erschließung der Wärmequelle und Wärmeverteilsystem [94].

#### 4.5.4 Solarthermische Anlagen

Solarthermische Anlagen absorbieren mittels eines Kollektors Sonnenstrahlung und wandeln diese in Wärme um, welche dann auf einen Wärmeträger übertragen wird. Nach ihrer Bauart werden Flach- und Vakuumröhrenkollektoren unterschieden.

Flachkollektoren sind in Deutschland am weitesten verbreitet. Sie bestehen aus einem Absorber (dunkles Metallblech) sowie Dämmung und Glasplatte, um die Wärmeverluste an die Umgebung zu verringern.

Bei Vakuumröhrenkollektoren erfolgt die thermische Isolierung durch ein evakuiertes Glasrohr, in dem sich der Absorber befindet. Sie werden vor allem eingesetzt, wenn wenig Fläche zur Verfügung steht oder höhere Temperaturen als bei Flachkollektoren erreicht werden sollen. Der Jahresdeckungsgrad solarthermischer Anlagen beim Einsatz in Wohngebäuden beträgt typischerweise ca. 60 % bei der reinen Brauchwarmwassererwärmung und max. 25 % bei zusätzlicher Heizungsunterstützung. Tabelle 4.11 beinhaltet weitere Richtwerte zu solarthermischen Anlagen. Bei solar gestützten Nahwärmenetzen werden große Kollektorflächen in Verbindung mit einem saisonalen Langzeit-Wärmespeicher verwendet. Seit den 90er Jahren wurden in Deutschland insgesamt zwölf Pilotanlagen errichtet. Der erfolgreiche Betrieb konnte demonstriert werden, die Potenziale der Kostensenkung müssen allerdings weiter ausgeschöpft werden, um die Wirtschaftlichkeit dieses Anlagentyps zu erhöhen [95].

**Tabelle 4.11: Richtwerte zu solarthermischen Anlagen [96], [97]**

Richtwerte	Einheit	Flachkollektor	Vakuumröhrenkollektor
Einsatztemperaturbereich	°C	20 - 80	50 - 120
Jahresertrag	kWh/m <sup>2</sup>	450 - 500	575 - 625
Anwendung	-	Warmwasserbereitung, Raumheizungsunterstützung	Raumheizungsunterstützung, Warmwasserbereitung, Prozesswärme, solare Kühlung
Kollektorfläche Warmwasser (Deckungsanteil ca. 60 %/a)	m <sup>2</sup> /Person	1,0 - 1,3 (veranschlagtes Speichervolumen ca. 60-80 l/Person)	0,8 - 1,0 (veranschlagtes Speichervolumen ca. 60-80 l/Person)
Kollektorfläche Kombibetrieb (Warmwasser + Heizungsunterstützung; Deckungsanteil ca. 20 - 25 %/a)	m <sup>2</sup> /10 m <sup>2</sup> Wohnfläche	0,9 - 1,0 (Pufferspeichervolumen: ca. 50 l/m <sup>2</sup> + ca. 50 l/Person für Warmwasserbedarf)	0,5 - 0,6 (Pufferspeichervolumen: ca. 50 l/m <sup>2</sup> + ca. 50 l/Person für Warmwasserbedarf)
Kosten Invest	€/m <sup>2</sup>	350 - 250	950 - 450

#### 4.5.5 Stromerzeugungsanlagen

##### Photovoltaik

Es werden drei Silizium-Zelltypen (Si-Zelltypen) unterschieden: monokristallin, polykristallin und amorph. Für die Herstellung von monokristallinen Si-Zellen wird hochreines Halbleitermaterial benötigt. Daher sind diese auch sehr teuer. Kostengünstiger ist die Produktion von polykristallinen Zellen. Durch den Fertigungsprozess entstehen aber auch mehr Kristalldefektstellen, was den Wirkungsgrad verringert. Die geringsten Herstellungskosten weisen amorphe Si-Zellen (sog. Dünnschichtzellen) auf. Dabei wird auf ein Substrat (z. B. Glas) eine sehr dünne Si-Schicht (< 1 µm) aufgetragen. Allerdings zeigen diese Zelltypen die geringsten Wirkungsgrade. Tabelle 4.12 zeigt Richtwerte zu verschiedenen Zellen.

**Tabelle 4.12: Richtwerte zu Photovoltaikanlagen [14], [98], [99], [100], [101], [102], [103]**

Richtwerte	Einheit	Mono-kristalline Zellen	Poly-kristalline Zellen	Amorphe Zellen (Dünnschichtzellen)
Herstellungsaufwand	-	hoch	mittel	gering
Wirkungsgrad der Solarzelle	%	14 - 17 bis 24 (unter Laborbedingungen)	13 - 15 bis 20 (unter Laborbedingungen)	5 - 7 bis 13 (unter Laborbedingungen)
Jahresnutzungsgrad Photovoltaik-Anlagen (inkl. Umwandlungsverluste) (Tab. 3.11, S.36)	%	ca. 8 - 9		k.A.
Leistungsbereich	kW <sub>p</sub>	0,001 - 1000		
Energieertrag pro Solarzelle	kWh/m <sup>2</sup>	100 - 150		
Stromgestehungskosten <sup>1)</sup>	€/kWh	max. 0,55 bis 0,30 (Tendenz fallend)		
CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>2)</sup>	g CO <sub>2</sub> /kWh	474 - 694		
CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten <sup>3)</sup>	€/t CO <sub>2</sub>	846		
Kosten Invest <sup>4)</sup>	€/kW <sub>p</sub>	ca 3.000		

1) Nach [14] liegen die Stromgestehungskosten in Mitteleuropa je nach Anwendungsfall und Technologie zwischen 0,30 €/kWh bei großen netzgekoppelten Generatoren und bis maximal 0,55 €/kWh bei kleineren Anlagen auf Einfamilienhäusern. Bis 2012 erwartet die Branche nochmals eine Halbierung der heutigen Kosten.

2) Die Stromerzeugung mit Photovoltaik folgt mit ihrem Einspeiseprofil der Stromnachfrage. Nach [101] ersetzt Photovoltaik vornehmlich Spitzenlaststromerzeugung in Erdgaskraftwerken. Der spezifische CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktor liegt dieser Argumentation folgend bei 474 g/kWh<sub>el</sub>. Bei einer Substitution von 50 % Erdgaskraftwerken und 50 % Steinkohlekraftwerken liegt der spezifische CO<sub>2</sub>-Minderungsfaktor bei 694 g/kWh<sub>el</sub>.

3) Nach [100] gibt der angegebene Wert die durchschnittlich errechneten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei ganzheitlicher Bewertung an (Referenz: Strommix Deutschland).

4) Die Investitionskosten für eine Hausdachanlage (durchschnittlicher Endkundenpreis für fertig installierte Aufdachanlagen bis 100 kW<sub>p</sub> ohne USt) liegen seit 2006 unter 5.000 €/kW<sub>p</sub> installierter Leistung, seit 2009 unter 4.000 €/kW<sub>p</sub> und seit 2010 erstmals unter 3.000 €/kW<sub>p</sub> [103].

## Windkraftwerke

Die durch Windkraftanlagen erreichbaren Stromerträge sind stark abhängig von Umgebungsbedingungen (Geländestruktur, Windgeschwindigkeiten, Windhäufigkeitsverteilung) und Anlagengröße (Nabenhöhe, winddurchströmte Rotorfläche). Windkraftanlagen arbeiten ab einer Windgeschwindigkeit von etwa 3 m/s. Darunter sind die Reibungs- und Trägheitsmomente der Anlage zu groß. Werden diese allerdings überwunden, nimmt die Leistung mit der dritten Potenz der Windgeschwindigkeit zu. Verdoppelt sich die Windgeschwindigkeit, verachtfacht sich die Anlagenleistung. Bei zu hohen Windstärken muss die Anlage den Leistungsüberschuss wegregele.

Da auch Windkraftanlagen entsprechend der naturschutzrechtlichen Regelungen mit Landschaftsbild und Naturschutz verträglich zu gestalten sind, sollte an bereits bestehenden Standorten der Schwerpunkt auf der Leistungsausweitung liegen, also auf dem Ersatz alter durch effizientere neue Anlagen (Repowering) [104]. Tabelle 4.13 zeigt Richtwerte zu Windkraftanlagen. Weiterführende Informationen sowie ausgiebiges Kartenmaterial liefert der bayerische Windatlas [51].

**Tabelle 4.13: Richtwerte zu Windkraftanlagen [14], [101], [105]**

Richtwerte	Einheit	Windkraftanlage
Antriebsprinzip	-	Auftriebsprinzip
Wirkungsgrad	%	20 - 50
Leistungsbereich	kW	0,05 - 5000
Stromgestehungskosten (Onshore)	ct/kWh	5 - 12
CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>1)</sup>	g CO <sub>2</sub> /kWh	754 - 1030
CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten <sup>2)</sup>	€/t CO <sub>2</sub>	124
Kosten Invest <sup>3)</sup>	€/kW	900 - 800

1) Je nach Energiemix werden nach [101] unterschiedliche Einsparungen erzielt. Die angegebenen Werte spiegeln die Bandbreite der CO<sub>2</sub>-Einsparung mit Windenergieanlagen aus mehreren Studien wieder.

2) Nach [100] gibt der angegebene Wert die durchschnittlich errechneten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei ganzheitlicher Bewertung an (Referenz: Strommix Deutschland).

3) Nach [14] kommen neben den reinen Investitionskosten für die Anlage (Turm, Rotoren und Maschinenhaus) Ausgaben für Fundament, Netzanbindung, Anfahrtswege, Grundstück und Planung hinzu. Sie liegen bei etwa 30 % der reinen Anlagenkosten. Für die gesamten Projektkosten einer 2 MW-Anlage mit 100 m Nabenhöhe müssen demnach etwa 3 Mio. Euro veranschlagt werden.

## Wasserkraftwerke

Für die Nutzung der Wasserkraft stehen je nach Wasserdurchfluss und Fallhöhe unterschiedliche Turbinen zur Verfügung: Kaplan-, Pelton- und Francisturbinen.

Für Kleinwasserkraftwerke ist die Francisturbine (schneckenförmiges Gehäuse) die am häufigsten vorkommende Turbinenform, da sie bei geringen Fallhöhen und mittleren Wassermengen zuverlässig arbeitet. Bei dieser Bauform strömt das Wasser radial in das Laufrad hinein und verlässt es entlang der Drehachse.

Da die Potenziale der Wasserkraft in Deutschland weitgehend erschlossen sind, liegt der Schwerpunkt der Handlungsmöglichkeiten auf der Modernisierung großer Laufwasserkraftwerke, auf der Modernisierung und Reaktivierung bestehender Anlagen sowie dem Neubau an bestehenden Querbauwerken [14]. Tabelle 4.14 zeigt Richtwerte zu Kleinwasserkraftanlagen.

**Tabelle 4.14: Richtwerte zu Kleinwasserkraftwerken [14], [101], [105]**

Richtwerte	Einheit	Wasserkraftanlage
Wirkungsgrad	%	bis 90
Leistungsbereich	kW	70 - 1000
Stromgestehungskosten <sup>1)</sup>	ct/kWh	10 - 25
CO <sub>2</sub> -Einsparung <sup>2)</sup>	g CO <sub>2</sub> /kWh	1030
CO <sub>2</sub> -Vermeidungskosten <sup>3)</sup>	€/t CO <sub>2</sub>	30
Kosten Invest <sup>4)</sup>	€/kW	10.000 - 8.500

1) Laut [14] betragen die Stromgestehungskosten bei großen Anlagen aufgrund der Kostendegression in etwa 3 bis 10 Cent/kWh

2) Aufgrund der fehlenden Datenbasis bzw. Studien, beziehen sich die angegebenen CO<sub>2</sub>-Einsparungen nicht auf kleine Wasserkraftwerke, sondern leiten sich von Aussagen aus [101] von großen Wasserkraftanlagen ab.

3) Aufgrund der fehlenden Datenbasis bzw. Studien, beziehen sich die angegebenen CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten nicht auf kleine Wasserkraftwerke, sondern leiten sich von großen Wasserkraftanlagen ab. Nach [100] gibt der angegebene Wert die durchschnittlich errechneten CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten bei ganzheitlicher Bewertung an (Referenz: Strommix Deutschland).

4) Aufgrund der Kostendegression liegen die spezifischen Investitionskosten bei Großanlagen (10 bis 100 MW) nach [14] zwischen 2.000 und 4.000 Euro/kW.



## 4.5.6 Zusammenfassende Übersicht

Tabelle 4.15: Möglichkeiten der kommunalen Wärmeversorgung

Energiequelle	Allgemeines / Charakteristika	zentrale (kollektive)
		mit KWK
Hochtemperaturabwärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in der Regel über 90 °C</li> <li>- meistens in größeren Mengen vorhanden</li> </ul> siehe auch 3.5.5, S.44	Einem Prozess, in dem eine größere Wärmemenge mit hoher Temperatur anfällt, kann ein ORC Prozess zur Stromgewinnung nachgeschaltet werden. Der restliche Wärmestrom eignet sich für eine Niedertemperatur Anwendung.
Solarthermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- saisonale Schwankungen der Quelle, zeitliche Diskrepanz zwischen Anfall und größtem Wärmebedarf</li> </ul> siehe auch 3.5.1, S.36	Der wirtschaftliche Betrieb von solarthermischen Konzentratorkraftwerken wird momentan in Wüstenregionen erprobt. Die Umsetzung als KWK-Anlage in unseren Breiten ist auf absehbare Zeit nicht wirtschaftlich.
Tiefengeothermie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fündigkeitsrisiko bei Bohrungen</li> <li>- Erschließungskosten sehr hoch</li> <li>- je nach Bohrungsort unterschiedliche Temperaturniveaus</li> <li>- sehr große Fördermenge</li> </ul> siehe auch 3.5.4, S.43	KWK ist möglich solange ein ausreichend hohes Temperaturniveau (> 100 °C) vorhanden ist. Die Effizienz der Stromerzeugung ist aufgrund der nicht allzu hohen Temperatur aber dennoch niedrig. Mehrere Tiefengeothermie-Anlagen mit KWK sind in Deutschland in Betrieb. Bei der Planung ist auf ein sinnvolles Konzept zur Wärmenutzung zu achten.
Oberflächennahe Geothermie, Umweltwärme, Abwasserwärme und Niedertemperaturabwärme	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wärmequellen auf niedrigem Temperaturniveau</li> <li>- direkter Einsatz zur Wärmeversorgung deswegen nicht möglich</li> <li>- Erschließungsaufwand überschaubar bis sehr günstig</li> <li>- verfügbare Menge je Quelle meistens überschaubar</li> </ul> siehe auch 3.5.3, S.42; 3.5.5, S.44; 3.5.6, S.44	---
Festbrennstoffe (Holz, Stroh, u. a.)	siehe 3.5.2, S.40	Holz und Stroh können auf zwei Arten verwendet werden: Direkte Verbrennung zur Dampferzeugung oder Konversion zu Brenngas. Beide Prozesswege sind für größere Anlagen Stand der Technik. Die Konversion zu Brenngas mit anschließender Verbrennung in einem Gasmotor besitzt bei kleineren Anlagen höhere Wirkungsgrade.
Gasförmige Energieträger aus Biomasse (Biogas)	Eine Bereitstellung von Bio-Erdgas auf Erdgasqualität zur Einspeisung ins Gasnetz ist möglich. Dies ist aber mit einem größeren Energieaufwand verbunden.  siehe auch 3.5.2, S.40	Biogas wird vornehmlich in Gasmotoren verstromt. Diese Anlagen sollten prinzipiell als KWK-Anlagen ausgelegt werden. Dabei ist das BHKW verbrauchernah, die Biogasanlage dagegen nahe dem Rohstoffaufkommen zu errichten. Dies lässt sich in manchen Fällen mit einer eigenen Gasleitung bewerkstelligen.
Flüssige Energieträger aus Biomasse (Agrarkraftstoffe)	Die Nutzung von Pflanzenöl zur Wärme- und Stromerzeugung tritt in Konflikt mit der Nutzung als Treibstoff für Kraftfahrzeuge. Agrarkraftstoffe als weltweit gehandelte Güter unterliegen den starken Schwankungen des Ölpreises und werden zum großen Teil importiert. Dies muss im Hinblick auf die angestrebte lokale Versorgung beachtet werden.	Pflanzenöle können in Dieselmotor-BHKWs verwendet werden, die dem Kraftstoff angepasst wurden. Die Flächeneffizienz dieser Kraftstoffe ist deutlich schlechter als bei Biogas oder anderen Energiepflanzen.
Konventionelle Energieträger (Kohle, Öl und Gas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- hohe Flexibilität</li> <li>- Verbrennung verursacht CO<sub>2</sub>-Emissionen (spezifische CO<sub>2</sub>-Emissionen von Gas am geringsten)</li> <li>- begrenzte weltweite Reserven</li> <li>- fossile Rohstoffe werden zum großen Teil importiert.</li> </ul>	KWK-Anlagen stellen eine effiziente Form dar, fossile Brennstoffe zu nutzen. Bei kleineren Anlagen kommen hauptsächlich Gasmotoren zum Einsatz.

Versorgung	dezentrale (individuelle) Versorgung	
	ohne KWK	mit KWK
Hochtemperatur-Abwärme wird typischerweise zur Einspeisung in ein Wärmenetz genutzt. Für die Einspeisung in ein Wärmenetz sind allerdings größere Wärmemengen mit ausreichender Temperatur nötig. Diese kommen hauptsächlich in Schmelz- und Brennöfen vor.	---	Primär sollten Abwärmequellen im Haus genutzt werden, um den eigenen Wärmebedarf zu reduzieren. Ist noch Wärme übrig, sollte die Möglichkeit zur Bildung von sogenannten Nachbarschaftskooperationen genutzt werden.
Solarthermie kann zur Einspeisung in Nahwärmenetze eingesetzt werden. Dies erfolgt jedoch immer in Kombination mit einer zusätzlichen Erzeugungsanlage. Durch eine (saisonale) Wärmespeicherung kann der solare Deckungsgrad erhöht werden. In Deutschland sind dazu mehrere Pilotprojekte vorhanden. Es besteht weiteres Optimierungspotenzial.	Individuelle Konzentratoranlagen in Schlüsselbauweise mit Stirlingmotoren sind als Prototypen erhältlich, jedoch nicht marktreif. Hybride photovoltaisch - solarthermische Anlagen sind in der Testphase.	Solarthermische Kollektoren zur Warmwasserbereitung und zur Heizungsunterstützung sind Stand der Technik und werden serienmäßig eingebaut. Meist ist die Kombination mit einem zusätzlichen Heizungssystem nötig, dessen Effizienz sie steigern.
Eine zentrale Versorgung ohne KWK wird dann eingesetzt, wenn die Erschließungstemperatur < 100 °C liegt. Mehrere solcher Anlagen sind in Deutschland vorhanden.	Aufgrund der größeren Fördermenge und der sehr hohen Investitionskosten nicht möglich	Aufgrund der größeren Fördermenge und der sehr hohen Investitionskosten nicht möglich
<ul style="list-style-type: none"> <li>- möglich, wenn größere Mengen vorhanden sind (Abwasserwärme, Niedertemperaturabwärme)</li> <li>- Eine Temperaturerhöhung mit Wärmepumpe ist nötig; aber dadurch zusätzlicher Einsatz externer Energie (meistens Strom) erforderlich.</li> <li>- Die Effizienz der Wärmepumpe steigt mit abnehmender Temperaturspreizung. Dafür ist eine niedrige Vorlauftemperatur im Netz von großem Vorteil.</li> </ul>	Aufgrund des niedrigen Temperaturniveaus nicht möglich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- gut geeignet, vor allem mit oberflächennaher Geothermie und Luft als Wärmequellen</li> <li>- Temperaturerhöhung mit Wärmepumpe über Stromeinsatz nötig</li> <li>- individuelle Wärmeverteilungsanlagen können mit noch geringeren Vorlaufemperaturen arbeiten als jene zur kollektiven Versorgung. Daraus ergibt sich eine höhere Jahresarbeitszahl für die Wärmepumpe.</li> </ul>
Feste Biomasse kann in einem gewöhnlichen Heizwerk zur Wärmegewinnung verbrannt werden. Die Größe solcher Anlagen ermöglicht den Einbau von Vorrichtungen zur Abgasreinigung. Auch der Wirkungsgrad ist bei größeren Anlagen meistens höher.	Für kleine Anlagen steht die Vergasung oder Pyrolyse mit anschließender Verstromung in einem Verbrennungsmotor zur Verfügung, ist jedoch nicht Stand der Technik. Wärmegetriebene Stirlingmotoren bieten eine weitere Alternative.	Die zu Verfügung stehenden Technologien reichen vom einfachen Kaminofen bis zu vollautomatischen Hackschnitzel- und Pelletkesseln.
Die reine Wärmeerzeugung aus Biogas ist grundsätzlich in einem Heizwerk möglich, aber hinsichtlich der Effizienz nicht zu empfehlen und wird daher in der Praxis eher selten umgesetzt. Prinzipiell ist es auch denkbar, Bio-Erdgas aus dem Netz zu beziehen.	Grundsätzlich aufgrund der Größe der Anlagen nicht möglich, außer durch den Bezug von Bio-Erdgas aus dem Netz zum Betrieb eines Mini- oder Mikro-BHKWs.	Grundsätzlich aufgrund der Größe der Anlagen nicht möglich, außer durch den Bezug von Bio-Erdgas aus dem Netz zum Betrieb eines Mini- oder Mikro-BHKWs.
Pflanzenöl eignet sich, als Alternative zu Heizöl, zur Spitzenlastabdeckung.	Grundsätzlich können Mini- oder Mikro-BHKWs mit Pflanzenöl betrieben werden.	Mit Agrarkraftstoffen kann Heizöl ersetzt werden.
Es existieren fossil gespeiste Wärmenetze ohne KWK-Nutzung. Diese Erzeuger sollten, wenn es die Ausnutzungsdauer ermöglicht, zeitnah mit KWK-Anlagen für Grund- und Mittellast nachgerüstet werden.	Mini- und Mikro BHKWs werden hauptsächlich mit Gas betrieben. Sie stellen bei genügend großer Eigennutzung des erzeugten Stroms eine wirtschaftliche und effiziente Alternative bzw. Ergänzung zu Gaskesseln dar.	Der größte Anteil der Raumwärme wird heute mit fossilen Brennstoffen bereitgestellt.

# 5 Umsetzung

## 5.1 Beschluss des Energienutzungsplans

Erster Schritt für die Umsetzung eines Energienutzungsplans ist sein Beschluss durch den Gemeinderat. Die Gemeinden entscheiden in Beschlüssen der zuständigen Gremien über seine Inhalte und Ziele, die im Rahmen ihrer Möglichkeiten umgesetzt und verwirklicht werden sollen, soweit nicht ohnehin gesetzlich verbindliche Regelungen bestehen. Als informelles Planungsinstrument hat der Energienutzungsplan jedoch keine Rechtsverbindlichkeit nach außen, weshalb bei der Umsetzung seiner Ziele ggf. bestehende Planungsinstrumente zu Hilfe zu nehmen sind.

Für die Umsetzung eines Energienutzungsplans spielt darüber hinaus das Einbeziehen der unterschiedlichen in einer Gemeinde vertretenen Akteure eine entscheidende Rolle. Grundlegende Hilfestellungen dafür sind in Kapitel 6 (S.81) zusammengefasst. Das konkrete Vorgehen zur Einbindung von Akteuren gestaltet sich aufgrund der jeweiligen Ausgangssituation dennoch in jeder Gemeinde individuell. Dementsprechend muss immer ein angepasster Zeit- und Maßnahmenplan dafür entwickelt werden.

## 5.2 Instrumente auf kommunaler Ebene

### 5.2.1 Planungsinstrumente

Fragestellungen zu Energieeinsparung, -effizienzsteigerung und -versorgung sind auf verschiedenen Planungsebenen relevant. Zudem betreffen sie gleichermaßen die Bereiche Neubau wie Bestand. Im Folgenden werden die verschiedenen Planungsinstrumente dargestellt, mit Hilfe derer die Ziele eines Energienutzungsplans umgesetzt werden können.

#### **Bauleitplanung**

Im Rahmen der kommunalen Planungshoheit sind die Gemeinden für ihre städtebauliche Ordnung und Entwicklung verantwortlich. Die Bauleitplanung kann einen wichtigen Beitrag zur nachhaltigen Energienutzung leisten, indem sie die Möglichkeiten des Planungsrechts mit Blick auf eine energiesparende und -effiziente Siedlungsentwicklung anwendet.

Bedeutung haben hier besonders die Reduzierung der Flächeninanspruchnahme, die Konzentration der Siedlungstätigkeit auf Innenstädte und Ortszentren, eine bedarfsgerechte, zurückhaltende Neuausweisung von Bauflächen, die Schaffung kompakter Siedlungseinheiten sowie die dadurch erreichbare Reduzierung des Verkehrs.

Wird der Energienutzungsplan von der Gemeinde beschlossen, müssen die darin festgehaltenen Ergebnisse bei der Aufstellung der Bauleitpläne berücksichtigt werden (§ 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB) [106]. Dabei gilt es, private und öffentliche Belange gerecht abzuwägen (§ 2 Abs. 3 BauGB). Oftmals ergeben sich aus Zielsetzungen des Energienutzungsplans Synergieeffekte mit anderen Planungszielen. Beispielsweise bewahrt eine flächensparende Bauweise unversiegelte

Flächen, die zum Erhalt der natürlichen Ausgleichsfunktionen beitragen. Gleichzeitig wird der Aufwand für Erschließungsmaßnahmen reduziert. Andererseits erlaubt eine Bebauungsstruktur mit geringerer Dichte größere Abstände zwischen den Gebäuden. Dies ermöglicht eine maximale Nutzung der solaren Einstrahlung.

Wie diese manchmal widersprüchlichen Zielsetzungen erfüllt werden können, muss jeweils in einem spezifischen Konzept unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse erarbeitet werden.

#### **Flächennutzungsplan**

Auf Ebene des Flächennutzungsplans werden bereits durch die Auswahl der Flächen, deren Lage und Orientierung sowie die Nutzungsverteilung die Voraussetzungen für eine nachhaltige und damit energieeffiziente und zukunftsfähige Siedlungsentwicklung geschaffen.

Die Verteilung und Zuordnung von Wohn-, Gewerbe-, Industrie- und Sondergebieten kann unter Beachtung möglicher energetischer Synergieeffekte, wie z. B. Abwärmenutzung und geplante Wärmenetze, erfolgen. Es können zudem Flächen für energetische Infrastruktur (§ 5 Abs. 2 Nr. 4 BauGB) sowie Konzentrationszonen z. B. für Windenergienutzung dargestellt werden (letztere auch in Teilflächennutzungsplänen, vgl. § 5 Abs. 2b i.V. m. § 35 Abs. 3 Satz 3 BauGB).

Über Grünflächen kann z. B. ein städtebauliches Belüftungskonzept zur Verbesserung des Stadtklimas in den Flächennutzungsplan Eingang finden. Eine Schneise zur Sicherung der Frischluftzufuhr in Wohngebieten kann als Fläche für Nutzungsbeschränkungen nach § 5 Abs. 2 Nr. 6 BauGB dargestellt werden.

### **Bebauungsplan**

Im Bebauungsplan können detaillierte Aspekte festgelegt werden. Dabei ist zu beachten, dass Festsetzungen nur aus städtebaulichen Gründen und nur auf gesetzlicher Grundlage erfolgen dürfen (Festsetzungskatalog in § 9 Abs. 1 BauGB). Allgemeine Klimaschutzbewertungen alleine können nach geltendem Recht eine bauleitplanerische Festsetzung nicht begründen. Oftmals haben ohnehin zu treffende Festsetzungen gleichzeitig Einfluss auf die Energieeffizienz und -nutzung. Mit folgenden Festsetzungen lassen sich (auch) energetische Ziele umsetzen:

- Über Festsetzungen hinsichtlich Bauweise, überbaubarer Grundstücksfläche, Stellung der baulichen Anlagen (§ 9 Abs. 1 Nr. 2 BauGB) sowie Art und Maß der baulichen Nutzung (§ 9 Abs. 1 Nr. 1 BauGB) können kompakte Gebäudeformen und eine hohe bauliche Dichte erreicht werden. Dadurch werden Grundsteine für einen reduzierten Energiebedarf der Einzelgebäude gelegt. Eine kompakte Bauweise verringert neben den Baukosten auch die Betriebs- und Unterhaltskosten. Je dichter eine Siedlungseinheit, desto höher ist gleichzeitig das Potential für eine wirtschaftliche Umsetzung von Nahwärmenetzen, da die Gesamtenergieabnahme größer ist. Entscheidend sind jedoch der bauliche Kontext sowie die Nachfrage nach bestimmten Gebäudetypen am Ort.
- Für die Nutzung von Solarenergie sind Orientierung und Höhe der Gebäude, Dachform und -neigung bedeutsam. Die Festsetzungen sollten Grundrisse erlauben, die eine maximale Nutzung der solaren Einstrahlung ermöglichen. Über eine geeignete Stellung der baulichen Anlagen und Positionierung der Bepflanzung kann eine unerwünschte Verschattung vermieden werden. Insbesondere bei Gebäuden mit einem sehr guten Energiestandard hat die aktive und passive Nutzung der Solarenergie eine große Bedeutung.
- Des Weiteren können Energieversorgungskonzepte aus dem Energienutzungsplan über Festsetzungen zu Versorgungsflächen, -anlagen und -netzen sowie entsprechenden Leitungsrechten umgesetzt werden (§ 9 Abs. 1 Nrn. 12, 13, 21 BauGB).
- Der Einsatz bzw. die Nutzung bestimmter Energieträger oder Erzeugungsanlagen können derzeit nach dem BauGB nicht vorgeschrieben werden. Jedoch können nach § 9 Abs. Nr. 23b BauGB aus städtebaulichen Gründen Gebiete festgelegt werden, in denen bei der Errichtung

- von Gebäuden bestimmte bauliche Maßnahmen für den Einsatz erneuerbarer Energien, insbesondere Solarenergie, getroffen werden müssen.
- Nach § 9 Abs. 1 Nr. 23a BauGB können Gebiete festgesetzt werden, in denen luftverunreinigende Stoffe, z. B. Brennstoffe wie Kohle oder Heizöl, nicht oder nur beschränkt verwendet werden dürfen. Weitere Festsetzungen für Anlagen und Vorkehrungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind nach § 9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB möglich.

Nach aktueller Rechtslage sind in Bebauungsplänen keine Festsetzungen zum Einbau technischer Anlagen oder die Festlegung bestimmter Energiestandards möglich. Regelungen hierzu sind lediglich auf vertraglicher Basis möglich. Der Bebauungsplan wird von der Gemeinde als Satzung beschlossen und enthält für jedermann rechtsverbindliche Festsetzungen. Dies bietet Planungssicherheit für Bürger und Investoren.

### **Anschluss- und Benutzungszwang**

Gemeinden können über eine kommunale Satzung bei Neubaugrundstücken oder in Sanierungsgebieten den Anschluss an Einrichtungen zur Versorgung mit Fernwärme und deren Benutzung vorschreiben, wenn dies aus besonderen städtebaulichen Gründen oder zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen notwendig ist; ausgenommen sind Grundstücke mit emissionsfreien Heizeinrichtungen (Art. 24 Abs. 1 Nr. 3 GO). Mit der Einführung des EEWärmeG [107] wurde diese Möglichkeit erweitert. Ein Anschluss- und Benutzungszwang an eine öffentliche Wärmeversorgung (z. B. Wärmenetz der Stadtwerke) nach Landesrecht in Neubau- oder Sanierungsgebieten kann nunmehr auch zum Zwecke des Klima- und Ressourcenschutzes erlassen werden (§16 EEWärmeG i.V.m. Art. 24 GO), sofern die Wärme den Anforderungen des EEWärmeG entspricht. Allerdings liegt noch keine Rechtsprechung vor, die eine Rechtssicherheit bei einer derartigen Vorgehensweise verspricht.

### **Städtebaulicher Vertrag**

Eine Kommune kann mit einem Dritten in einem städtebaulichen Vertrag nach § 11 BauGB Regelungen vereinbaren, die über die Festsetzungsmöglichkeiten im Bebauungsplan hinausgehen. Dies gilt auch für einen Durchführungsvertrag im

Rahmen eines vorhabenbezogenen Bebauungsplans (§ 12 BauGB). Soweit dies den städtebaulichen Planungszielen entspricht sind folgende vertragliche Vereinbarungen im Hinblick auf Ziele aus dem Energienutzungsplan denkbar:

- Verpflichtung zur Nutzung bestimmter Energieversorgungssysteme und Wärmenetze, insbesondere im Bereich der Kraft-Wärme-Kopplung;
- Verpflichtung zur Einhaltung festgelegter energetischer Gebäudestandards;
- angemessene Beteiligung an den Folgekosten für Infrastrukturen wie z. B. Solaranlagen, Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen.

### Privatrechtlicher Vertrag

Ist die Gemeinde Eigentümerin der Flächen, kann sie nach dem Grundsatz der Vertragsfreiheit in privatrechtlichen Verträgen im Rahmen des rechtlich Möglichen angemessene Vereinbarungen, z. B. zum Anschluss an ein Versorgungsnetz, zur Nutzung erneuerbarer Energien oder zur Einhaltung bestimmter Energiestandards, treffen.

### Besonderes Städtebaurecht

Auch im besonderen Städtebaurecht bieten sich Anknüpfungspunkte für die Umsetzung energieeffizienter städtebaulicher Strukturen.

#### Städtebauliche Sanierung

In vorbereitenden Untersuchungen nach § 141 BauGB kann auch der energetische Zustand eines Gebiets erfasst werden. Sanierungsmaßnahmen nach §§ 136-164 BauGB können dazu genutzt werden, die Energieeffizienz von Bestandsgebäuden zu verbessern, denn Sanierungsmaßnahmen sollen ausdrücklich auch dazu beitragen, die Siedlungsstruktur an die Erfordernisse des Umweltschutzes anzupassen.

#### Städtebauliches Entwicklungskonzept

Im Rahmen des Stadtumbaurechtes nach §§ 171a-171d BauGB und bei Maßnahmen der Sozialen Stadt nach § 171e BauGB können Ziele und Maßnahmen des Energienutzungsplans, die den Zielen der Stadtumbaumaßnahmen oder Maßnahmen der Sozialen Stadt entsprechen, in ein städtebauliches Entwicklungskonzept einfließen.

Referenz: [57]

### Infobox 5.1: Gebäudesanierung

#### Verfahrensfreie Maßnahmen (BayBO) [108]

Zahlreiche Bauvorhaben zur energetischen Sanierung von Gebäuden sind nach Art. 57 BayBO verfahrensfrei, so beispielsweise Maßnahmen zur nachträglichen Wärmedämmung an Außenwänden und Dächern, Abgasanlagen in und an Gebäuden sowie freistehende Abgasanlagen mit einer Höhe bis zu 10 m, außerdem alle sonstigen Anlagen der technischen Gebäudeausrüstung.

Solaranlagen (Solarthermie und Photovoltaik) bedürfen nur dann einer Genehmigung und bautechnischer Nachweise, wenn sie auf Dächern, die keine Flachdächer sind, aufgeständert sind oder geneigt aus der Fassade hervortreten und dabei mehr als ein Drittel der jeweiligen Dach- oder Außenwandfläche einnehmen. Gebäudeunabhängige Solaranlagen sind mit einer Höhe bis zu 3 m und einer Gesamtlänge bis zu 9 m verfahrensfrei.

#### Befreiungen nach § 31 BauGB, Abweichungen nach Art. 63 BayBO

Die Verfahrensfreiheit von Bauvorhaben nach Art. 57 BayBO entbindet nicht von der Verpflichtung zur Einhaltung der bauordnungsrechtlichen Anforderungen, etwa der Standsicherheit, des Brandschutzes oder der Abstandsflächenregelungen des Art. 6 BayBO. Die Bauaufsichtsbehörde kann nach Art. 63 Abs. 1 BayBO Abweichungen zulassen, wenn sie unter Berücksichtigung des Zwecks der jeweiligen Anforderung und unter Würdigung der öffentlich-rechtlich geschützten nachbarlichen Belange mit den öffentlichen Belangen vereinbar sind. Nach Art. 63 Abs. 2 BayBO ist die Zulassung von Abweichungen, von Ausnahmen und Befreiungen von Festsetzungen eines Bebauungsplans oder einer sonstigen städtebaulichen Satzung - auch bei verfahrensfreien Vorhaben - gesondert schriftlich zu beantragen. Bei verfahrensfreien Vorhaben entscheidet die Gemeinde über Abweichungen von örtlichen Bauvorschriften und über Ausnahmen und Befreiungen von den Festsetzungen eines Bebauungsplans oder einer sonstigen städtebaulichen Satzung, im Übrigen die Bauaufsichtsbehörde.



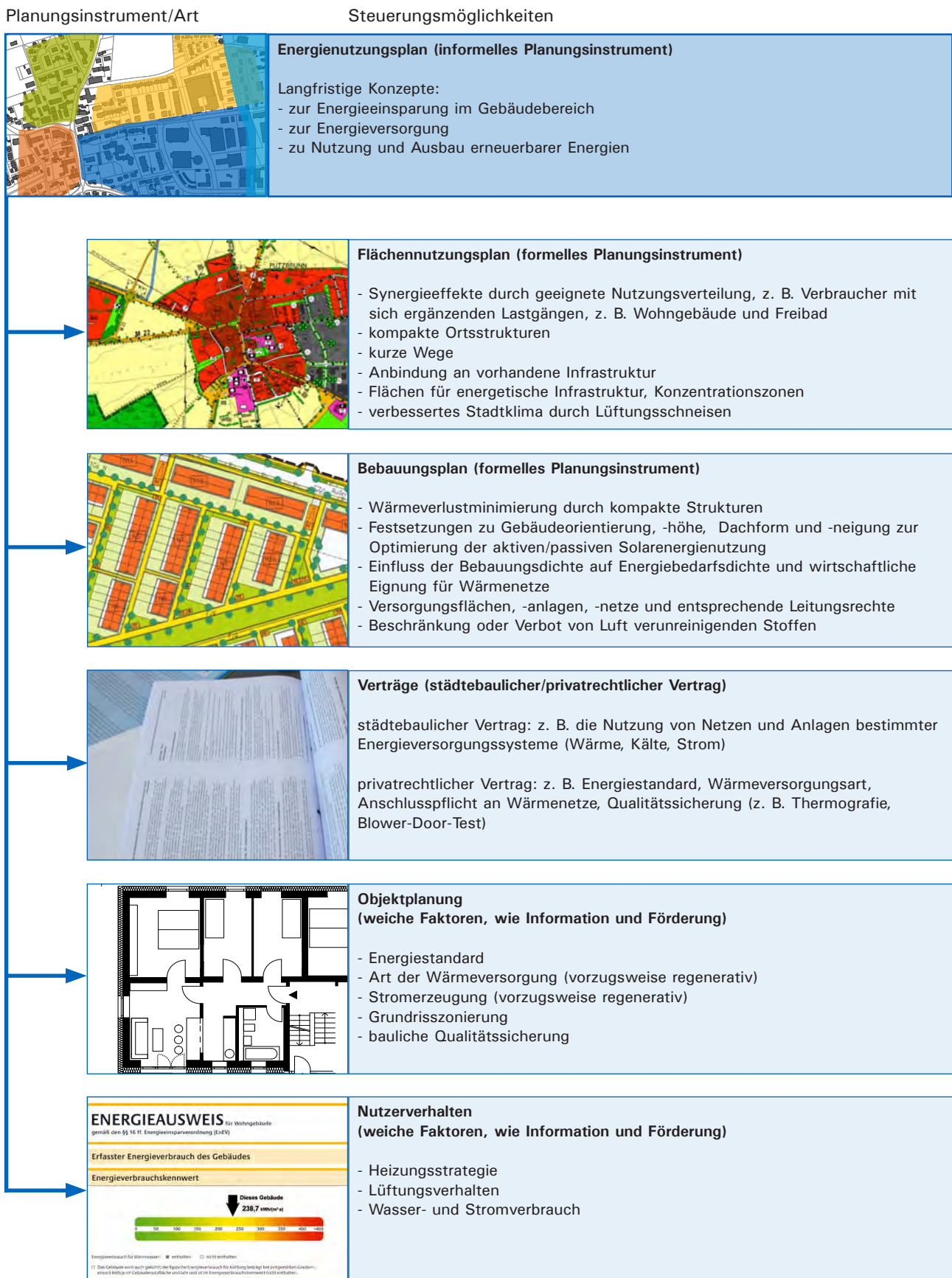


Abb. 5.1: Planungsinstrumente und Steuerungsmöglichkeiten

## 5.2.2 Kommunale Förderinstrumente

Durch kommunale Förderprogramme und Beratungen können Gemeinden Einfluss auf die Umsetzung der Inhalte eines Energienutzungsplans nehmen. Trotz meist begrenzter finanzieller Spielräume kann ein intelligenter Einsatz lokaler Förderprogramme und Beratungen dennoch große Wirkung erzielen bzw. weiter gehende Entwicklungen anstoßen.

Kommunale Förderinstrumente eignen sich generell für folgende Handlungsbereiche:

- Nutzung erneuerbarer Energien
- energetische Sanierung
- Energieberatungen

Die Auslegung solcher Förderprogramme (Was wird gefördert und in welcher Höhe?) sollte auf Basis einer Kosten-Nutzen-Optimierung erfolgen. Nach Möglichkeit wird die Förderhöhe anhand der erzielbaren Einsparungen von CO<sub>2</sub> bzw. kWh pro Euro Fördersumme definiert.

Werden mehrere Förderprogramme in Anspruch genommen, ist zu beachten, dass evtl. eine Doppelförderung unzulässig ist, d. h. ein Kumulierungsverbot besteht. Dies trifft z. B. für Beratungsförderungen der BAFA zu, falls die Beratung bereits ganz oder teilweise aus anderen öffentlichen Mitteln finanziert wird.

Erfolgreiche Praxisbeispiele:

Beispiel 1:

### **Kommunales Förderprogramm zum Austausch von Heizungsumwälzpumpen**

Auf den Betrieb der Heizungsumwälzpumpe entfallen bis zu 10 % des Stromverbrauchs eines Privathaushaltes. Durch einen Austausch dieser Pumpe lässt sich der entsprechende Stromverbrauch um bis zu 80 % senken [83]. Ein Austausch lohnt sich auch insofern, als sich die Investitionskosten in der Regel bereits innerhalb von zwei bis vier Jahren amortisieren. Durch einen hydraulischen Abgleich im Heizsystem können zusätzlich die Heizkosten gesenkt werden [109]. Eine Gemeinde kann den Austausch von Heizungsumwälzpumpen durch ein Förderprogramm gezielt unterstützen, etwa durch pauschale Zuschüsse für Pumpe inklusive Einbau innerhalb eines bestimmten Zeitraums.

Beispiel 2:

### **Kommunales Förderprogramm zu Thermografie-Untersuchungen und Dämmmaßnahmen**

Viele Bürger sind sich über die Wärmeverluste ihrer Wohnhäuser nicht im Klaren. Durch eine von der Gemeinde bezuschusste Thermografie-Aktion kann ein entsprechendes Bewusstsein gefördert werden. Jeder Teilnehmer erhält einen Untersuchungsbericht, anhand dessen zusammen mit fachkundigen Beratern sinnvolle Sanierungsmaßnahmen diskutiert und ausgewählt werden können.

Auch die daraus ggf. resultierenden Wärmedämmmaßnahmen können durch kommunale Förderungen unterstützt werden.

Referenz: [109], [110]

### **Infobox 5.2: Die Gemeinde als Vorbild**

Bei der Umsetzung kommunaler Energiekonzepte kann die Gemeinde selbst eine Vorbildfunktion erfüllen, z. B. durch:

- Sanierung der kommunalen Liegenschaften
- Umstellung der Versorgung kommunaler Liegenschaften auf regenerative Energien
- Bau von Wärmenetzen zur Versorgung der kommunalen Liegenschaften, mit Anschlussmöglichkeit für Bürger.

### **Infobox 5.3: Programme zur Förderung von kommunalen Maßnahmen**

Es gibt eine Vielzahl von Förderprogrammen, die eine Gemeinde für die Finanzierung von energetischen Maßnahmen in Anspruch nehmen kann. Diese können auf Landes- oder Bundesebene verfügbar sein. Aufgrund der hohen Anzahl von Förderprogrammen sowie deren schneller Veränderlichkeit werden diese Programme hier nicht im Detail vorgestellt. Es empfiehlt sich, existierende Datenbanken als Informationsbasis zu verwenden (siehe Referenzen, S.79).

## 5.3 Organisatorische und finanzielle Modelle

Die Umsetzung bestimmter sich aus dem Energienutzungsplan ergebender Maßnahmen erfordert umfangreichere Investitionen und Organisationsstrukturen, insbesondere Bau und Betrieb größerer Anlagen und Wärmenetze. Nicht immer ist eine Gemeinde in der Lage, dies selbst zu leisten. Im Folgenden werden verschiedene gängige Investitions- und Betreiber- bzw. Organisationsmodelle betrachtet [111]. Diese unterscheiden sich nach Einfluss- und Verantwortungsgrad der Gemeinde sowie Risikowahrscheinlichkeit.

### Investition und Betrieb durch die Gemeinde

Die Gemeinde betreibt die Anlagen in Eigenverantwortung. Der Bau kann dabei durch Eigenmittel und/oder über Kredite und Förderungen finanziert werden. Falls vorhanden, ist die Koordination durch Gemeinde- bzw. Stadtwerke grundsätzlich zu empfehlen. Alternativ kann eine kommunale Betreibergesellschaft gegründet werden.

### Errichtung und Betrieb mit einem Vertragspartner (Contracting)

Eine vertraglich geregelte, entgeltliche und langfristige Zusammenarbeit zwischen einem öffentlichen Auftraggeber und einem privaten Partner wird als „Public Private Partnership“ (PPP) bezeichnet.

Eine mögliche Form von PPP ist das Energieliefer-Contracting. Im Vordergrund steht dabei die Lieferung von Nutzenergie. Die Gemeinde hat die Möglichkeit, Anlagen durch einen Vertragspartner, einen sogenannten „Contractor“, planen, errichten und betreiben zu lassen und bezahlt für die Lieferung von Energie ein vertraglich vereinbartes Entgelt. Der Preis für die gelieferte Nutzenergie enthält die zur Refinanzierung des Unternehmens notwendigen Kapitalkostenanteile sowie die Kosten für alle Serviceleistungen wie Wartung und Instandhaltung.

Das Energiespar-Contracting ist eine weitere übliche Form von PPP. Hier investiert ein privatwirtschaftlicher Partner vorwiegend in die technischen Anlagen eines Gebäudes mit dem Ziel, Energie zu sparen. Zwischen der Gemeinde und dem Contractor wird ein Vertrag abgeschlossen, in dem das Einsparziel der Maßnahmen vereinbart wird. Für die Finanzierung und Umsetzung

der Maßnahmen ist der Contractor selbst verantwortlich. Seine Vergütung sowie die Refinanzierung der Investitionen erfolgt aus den Energiekosteneinsparungen. Die Gemeinde wird an den Einsparungen beteiligt.

In der Praxis gibt es verschiedene Modelle, die gemäß den jeweiligen Anforderungen (z. B. Umgriff, Risikoverteilung) individuell anzupassen sind. Hilfestellung dazu geben der Leitfaden Contracting der Obersten Baubehörde (erhältlich unter <http://www.cib.bayern.de>) und der Bayerische PPP-Leitfaden Teil 1-4 [112].

### Zusammenschluss von Bürgern

Bei diesem Modell gründen Bürger eine eigene Betreibergesellschaft und finanzieren über Anteile die Umsetzung bestimmter Maßnahmen. Bürgersolaranlagen und Bürgerwindkraftanlagen bilden typische Beispiele. Die Umsetzbarkeit dieses Modells ist stark von der Motivation der Bürger abhängig.

#### Referenz:

Organisatorische und finanzielle Modelle: [110], [111], [112], [113], [114], [115], [116]

Förderungen für Kommunen: [117], [118], [119], [120]

Förderprogramme (allgemein): [121], [122], [123]

### **Infobox 5.4: Rekommunalisierung der Energieversorgung**

Vor dem Hintergrund auslaufender Konzessionsverträge wird in vielen Kommunen und Städten auch die Möglichkeit einer Rekommunalisierung der Energieversorgung diskutiert.

Dabei übernimmt die Kommune (wieder) den Betrieb der Strom- oder Gasnetze. Grundsätzlich kann sie dies sowohl alleine, als auch in Partnerschaft mit dem bisherigen Konzessionär oder über Stadtwerke durchführen. Denkbar sind auch interkommunale Kooperationen.

Nutzen und Risiken von Rekommunalisierungs-Maßnahmen müssen im Einzelfall geprüft und abgewogen werden.

Einsatz und Ausbau erneuerbarer Energien können auch ohne eine Kommunalisierung der Netze vorangetrieben werden, da Netzbetrieb sowie die Erzeugung und der Vertrieb von Energie in Deutschland streng voneinander getrennt sind. Jeder Netzbetreiber ist verpflichtet, die Erzeuger von erneuerbarem Strom vorrangig anzuschließen und die Energie an Endkunden weiterzuleiten. Eine Kommune ist also in der Lage, z. B. eine umweltfreundliche Stromerzeugung aufzubauen und auch Strom an Kunden zu vertreiben, ohne hierfür das Netz übernehmen zu müssen.

Weiterführende Information und Beispiele: [124]

# 6 Akteursbeteiligung

Gemeindeverwaltung und -politik können einen Energienutzungsplan nicht alleine umsetzen. Die verschiedenen in einer Gemeinde vertretenen Akteursgruppen beeinflussen dies maßgeblich. Ob eher fördernd oder hemmend, hängt letztlich davon ab, ob sie sich mit dem ENP identifizieren. Dies ist auch eine Frage der Beteiligung.

Die im Zusammenhang mit einem Energienutzungsplan wichtigsten Akteursgruppen sind Bürger, Groß- und Sonderabnehmer, Energieversorger und andere Akteure im Bereich Energie (Kaminkehrer, Energieberater, Unternehmen etc.).

Allgemeine Ziele der Akteursbeteiligung im Zusammenhang mit dem Energienutzungsplan sind:

- Interessen der verschiedenen Akteure und der gesamten Gemeinde aufeinander abstimmen
- Umsetzungserfahrungen der einzelnen Akteursgruppen für die Planung erschließen
- Identifikation mit dem Energienutzungsplan verbessern
- Akteure über Planungs- und Umsetzungsstand informieren
- eine lokale Energiewendebewegung anstoßen.

Der Beteiligungsprozess muss möglichst frühzeitig beginnen. Bereits zur Bestands- und Potenzialanalyse ist es nötig, die verschiedenen Akteure umfassend zu informieren und einzubinden. Die Akteursbeteiligung sollte auch parallel zur Phase der Konzeptentwicklung verlaufen und entsprechende Schnittstellen aufweisen. So können Gemeinde und Bürger gegenseitig von Maßnahmen und Vorstellungen profitieren (Abb. 6.1, S.82). Die Gemeinde erhält Kenntnis der Stimmungen und Sichtweisen von Bürgern und kann diese bei der Konzeptentwicklung berücksichtigen.

## 6.1 Bürger

Insgesamt sollen so viele Bürger wie möglich in die Umsetzung eines Energienutzungsplans einbezogen werden. Dabei erweist sich eine Unterscheidung nach verschiedenen Zielgruppen als hilfreich. Die einzelnen Bürger sprechen je nach Persönlichkeit (in Bezug auf Werte, Motivationen, Gewohnheiten), Umfeld und Lebensumständen (z. B. Ressourcen) auf ganz unterschiedliche Informations- und Beteiligungsangebote an. In der Praxis hat sich bewährt, Bürger nach ihrer

Bereitschaft, eigene Ressourcen zur Verfügung zu stellen, zu unterscheiden. Dementsprechend lassen sich vier Gruppen bilden:

- **aktive Bürger** (Mitstreiter), bringen eigene Ressourcen ein
- **neugierige Bürger** (potenzielle Verbündete), haben Interesse, mit zu gestalten
- **indifferente Bürger**, empfinden das Thema als bedeutungslos
- **Gegner**, bringen eigene Ressourcen ein, um Dinge zu verhindern

Der Schwerpunkt der Bürgerbeteiligung liegt auf den ersten beiden Gruppen, wobei auch die Gegner in entscheidenden Projektphasen einzubeziehen sind. Aktive Bürger sind in ihren Kompetenzen und Ressourcen zu koordinieren, Neugierige für eine Beteiligung zu begeistern. Weitere Informationen zu wichtigen Zielgruppen beim Akteursmanagement enthält Infobox 6.1 (S.82).

### Bedingungen für eine Beteiligung von Bürgern

Bereits vor etwa 30 Jahren wurde die Bürgerbeteiligung als Konzept für lokale Planungen entwickelt. Die Erfahrungen, die seitdem gesammelt wurden, haben gezeigt, dass das Hauptproblem von Beteiligungsprozessen darin liegt, dass mit Planung und Umsetzung ein hoher Aufwand verbunden ist, die Beteiligung nach einer ersten Anfangsphase aber tendenziell abnimmt. So bleiben in der Praxis oft nur eine Handvoll Bürger übrig, die über mangelnde Anerkennung, Überlastung und fehlende Ressourcen klagen.

Um diesem Effekt entgegen zu wirken, sollten Mitwirkungsmöglichkeiten entsprechend ihrer Eignung für die jeweilige Zielgruppe angeboten werden. Diese sollten

- ohne großen Aufwand umsetzbar, d. h. mit der Situation der Beteiligten, vereinbar sein
- den Fähigkeiten und Potenzialen der jeweiligen Zielgruppe entsprechen
- Nutzen stiften und die Beteiligten neugierig machen
- auch in kleinen Stufen erkennbare Erfolge zeigen
- in ein übergeordnetes Ganzes eingebettet sein.

Letztlich ist die Beteiligungspraxis in einer Art zu gestalten, welche von den Bürgern als Bereicherung und zusätzliche Lebensqualität empfunden wird. Die Qualität eines laufenden Beteiligungsprozesses lässt sich daran ablesen, in welchem



Maß Bürger eigene Ressourcen für den Energienutzungsplan und seine Umsetzung einbringen. Dazu gehören finanzielle Mittel, Zeit, Beziehungen, Kompetenzen oder auch das Erfüllen einer Vorbildfunktion.

**Infobox 6.1: Wichtige Zielgruppen für das Akteursmanagement**

**Mitstreiter** sind Unterstützer, die den Energienutzungsplan als persönlich relevant erkannt haben und sich an seiner Gestaltung und Umsetzung beteiligen wollen.

**Botschafter** sind wichtige Schlüsselpersonen und Gruppen, die eine breite Beteiligung am Energienutzungsplan-Prozess fördern. Sie verfügen über Fachwissen zum Energienutzungsplan, sind Vorbilder, ressourcenstarke Personen und/oder Vermittler.

Für die Rolle von Botschaftern eignen sich z. B. Personen mit leitenden Vereinsfunktionen, lokale Wirtschaftsakteure oder der Pfarrer im Ort - generell jeder, der eine öffentlichkeitswirksame Position einnimmt.

**Gegner** sind Gemeindemitglieder, die den Prozess hemmen oder blockieren. Sie können öffentlich oder im privaten Umfeld agieren. Gegner sollten nicht ignoriert oder ausgegrenzt, sondern respektiert und fair behandelt werden. Nur so sind Widerstände abzubauen (Konflikte als Chance nutzen).

**Beispielhafter Beteiligungsprozess**

Im Folgenden werden acht typische Schritte für die Beteiligung von Bürgern auf dem Weg zur nachhaltigeren Energieversorgung einer Gemeinde beschrieben (Abb. 6.1). Die Abfolge der Schritte ist idealtypisch gewählt und in der Praxis an die individuellen Bedingungen vor Ort anzupassen. Am Ende jedes Schrittes sind die dafür geeigneten Beteiligungsformate (Tab. 6.1, S.86) aufgeführt. Welche davon sich letztlich in einer Kommune am besten eignen, hängt von Faktoren wie Altersstruktur, Anzahl bereits bestehender Aktionsgruppen und Vereine oder der vorherrschenden Berufsstruktur ab. Gegebenenfalls kann sich die Gemeinde an Experten für Beratung, Coaching und Training für die Anwendung dieser Formate wenden.

Zu empfehlen ist generell, die Wirksamkeit der gewählten Beteiligungsformate im Lauf des Prozesses hin zu überprüfen.

**Schritt 1: Bildung einer Kerngruppe**

Erstellung und Umsetzung eines Energienutzungsplans beschränken sich nicht auf einen Beschluss des Gemeinderates. Um das erforderliche Mitwirken der Bürger und anderer Akteure in Gang zu bringen, muss eine vorbereitende Kerngruppe gebildet werden.

Initiator dafür ist die Gemeindeverwaltung, idealerweise in Person jener, die dort insgesamt mit dem Projekt Energienutzungsplan betraut sind. Potenzielle Mitglieder einer Kerngruppe zeichnen

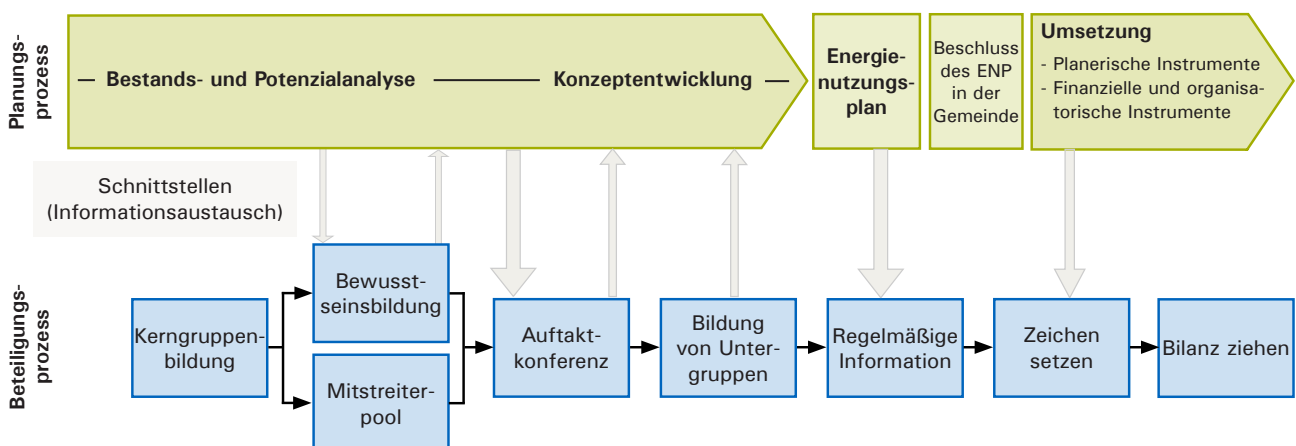


Abb. 6.1: Paralleler Ablauf und Verknüpfung von Planungs- und Beteiligungsprozess (Breite der grauen Pfeile entspricht Wichtigkeit des Austausches)

sich vor allem durch Folgendes aus:

- Sie sind aktiv und glaubwürdig hinsichtlich der Unterstützung einer eigenständigen Energiezukunft der Gemeinde.
- Sie haben unterschiedliche Kompetenzen. Besonders wichtig sind fachlich-technische Kenntnisse und sozial-kommunikative Fähigkeiten [125].
- Sie verkörpern in ihrer Praxis (d. h. Haltung, Beiträge und Arbeitsweise) das „neue Denken“ und wirken dadurch überzeugend und „ansteckend“.
- Sie stammen aus verschiedenen Zielgruppen (Wirtschaft, Vereine etc.) und besitzen einen guten Zugang zur jeweiligen Gruppe.

Entweder sind geeignete Personen in der Gemeinde bekannt (z. B. über Ortsgruppen) oder sie melden sich proaktiv bei der Gemeinde. Zur gezielten Findung von Mitgliedern der Kerngruppe eignen sich aktivierende Befragung und Leitbildworkshop.

Aufgabe der Kerngruppe ist es, den Beteiligungsprozess zu koordinieren, d. h. eine generelle Umsetzungsstrategie zu entwickeln, einen Rahmen für die Arbeitsweise zu setzen, Räume für einen Austausch und eine Beteiligung anzubieten (z. B. diverse Veranstaltungen), Prioritäten und Meilensteine zu setzen sowie die einzelnen Mitstreiter entsprechend ihren Fähigkeiten einzusetzen.

Die optimale Größe für eine Kerngruppe liegt bei ca. sechs (+/- zwei) Personen (inklusive ein bis zwei Vertretern der Gemeindeverwaltung).

Beteiligungsformate: 1, 10, 12, 13, 14 (Tab. 6.1, S.86)

### **Schritt 2: Bildung eines neuen Denkens (Bewusstseinsbildung)**

Es ist davon auszugehen, dass nicht alle Menschen mit den Themen „Klimawandel“ und „Endlichkeit fossiler Energieressourcen“ vertraut sind. Ziel dieses Schritts ist es daher, den entsprechenden geistigen Boden einer „postfossilen Gesellschaft“ zu bereiten und dem erforderlichen Wandel Sinn zu verschaffen. Dies kann z. B. durch Vorträge, Filmvorführungen, Veranstaltungen oder das Vorzeigen guter Beispiele erfolgen.

Wichtig ist, dass die Kerngruppe (Schritt 1) das neue Denken auch in sozialer und kommunikativer Hinsicht verkörpert. Dies umfasst u. a. eine Offenheit für mögliche Lösungen, eine Beteiligung von Bürgern, eine Teilung von Verantwortung, „ins Tun kommen“, eine Synergie von Kompetenzen und eine Zielgruppenorientierung. In der Praxis der Initiativen, z. B. bei Veranstaltungen, sollte dieses neue Denken immer wieder einen konkreten Ausdruck finden.

Beteiligungsformate: 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9

### **Schritt 3: Aufbau eines Mitstreiter-Pools**

Ziel des Schritts ist es, geeignete Mitstreiter für die Umsetzung des Energienutzungsplans zu gewinnen. Um einen möglichst hohen Grad an Mobilisierung zu erreichen, müssen die Eigeninteressen der Bürger mit den Zielsetzungen des Energienutzungsplans und seiner Umsetzungsstrategie verbunden werden. Jeder muss dort abgeholt werden, wo er steht. Das bedeutet, dass die Wünsche, Ressourcen, Alltagssituationen und Fähigkeiten der potentiellen Mitstreiter berücksichtigt werden. Wenn die Bürger darauf angesprochen werden, was sie können und gerne machen und sie eine Unterstützung mit ihrer Situation vereinbaren können, helfen sie gerne.

Wichtige Kompetenzen von Mitstreitern können nicht nur in technischen, sondern auch in kommunikativen Bereichen liegen, wie im Zugang zu bestimmten Zielgruppen, in ihrem Renommee und ihrer Glaubwürdigkeit, in ihrer Ansteckungsfähigkeit von Nachbarn, Freunden oder Bekannten etc..

Zu Beginn ist die gezielte Aktivierung von Mitstreitern überschaubar. Mit der Vergrößerung der Initiative werden die Möglichkeiten und Begrenzungen der einzelnen Bürger zur Mitwirkung jedoch tendenziell unübersichtlicher. Daher empfiehlt sich der Aufbau einer Mitstreiter-Datei, die Informationen zu bisherigen Aktivitäten, Fähigkeiten einzelner Akteure und andere Informationen beinhaltet. Diese Datei kann von der Kerngruppe geführt werden und basiert auf freiwilligen Eintragungen der Mitstreiter. Im Verlauf der Umsetzung werden dann die Fähigkeiten und Begrenzungen der einzelnen Mitstreiter immer deutlicher.

Beteiligungsformate: 1, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14

#### Schritt 4: Auftaktkonferenz

Die Auftaktkonferenz bildet den offiziellen Startschuss der Initiative zur Beteiligung der Bürger an der Umsetzung des Energienutzungsplans. Anhand der drei ersten Schritte hat die Initiative idealerweise eine Gruppe von Mitstreitern versammelt, die mit den Problemen und Chancen der Energiezukunft vertraut und motiviert sind, etwas zu tun.

Ziel der Auftaktkonferenz ist, „Schwung“ zu erzeugen, der eine Verbreiterung der Initiative zur Folge hat. Wichtig ist, dass durch die Veranstaltung als Meilenstein den Menschen im Gedächtnis bleibt, wie alles begann. Hierfür müssen inhaltliche Fakten mit emotionalen Botschaften gemischt werden. Es kann sich strategisch als günstig erweisen, für diese Veranstaltung bereits erste Basisdaten (z. B. Zwischenergebnisse aus der Bestands- und Potenzialanalyse) gesammelt zu haben.

Eine Auftaktkonferenz unterscheidet sich von einer Informationsveranstaltung (vgl. Beteiligungsformat 9), indem sie:

- die attraktiven Möglichkeiten aufzeigt, die in der Gemeinde und ihren Bürgern liegen (z. B. bereits realisierte Projekte)
- die Fantasie, den Gemeinschafts- und Unternehmungsgeist erlebbar macht
- die Mitwirkung wichtiger Schlüsselpersonen an dem Umsetzungsprozess verdeutlicht (vgl. Beteiligungsformat 7)
- die Bedeutung jedes Einzelnen und seine konkreten Beteiligungsmöglichkeiten aufzeigt.

Beteiligungsformate: 7, 9

#### Schritt 5: Bildung von Untergruppen

Nach der Auftaktkonferenz oder anderen Veranstaltungen erweitert sich der Mitstreiter-Pool oft stark. Zu große Gruppen mit zu großen Aktionsfeldern können das soziale Potenzial der Gemeinde jedoch nur schlecht erschließen. Andererseits hat die gesamte Gruppe dann die Möglichkeit, sich zu professionalisieren und die spezifischen Fähigkeiten der Mitstreiter gezielt zu nutzen. Dies kann vom Formulieren von Texten über die graphische Gestaltung bis hin zum Zugang zu wichtigen Akteuren reichen.

Insofern ist es sinnvoll, mehrere kleine Untergruppen zu bilden. Diese können jeweils verschiedene Aspekte des gesamten Prozesses bearbeiten. Die Kerngruppe kann die Bildung einer Untergruppe zu einer spezifischen Fragestellung gezielt initiieren, z. B. indem sie eine themenspezifische Veranstaltung durchführt, um neue Mitglieder zu werben.

Wichtig ist, dass jede Untergruppe sich selbst organisiert und ihre konkreten Umsetzungsprioritäten plant.

Rahmenkriterien für die Bildung und die Arbeit von Untergruppen können u. a. sein:

- regelmäßige Treffen in festem Kreis mit aktivierender Gesprächsführung
- die Offenheit für neue Mitstreiter und eine aktive Suche nach ihnen
- eigene Visionen und Umsetzungsstrategien
- Zugriff auf eine gemeinsame Webseite
- Pflicht zur Dokumentation der eigenen Aktivitäten.

Beteiligungsformate: 4, 10, 12, 13, 14

#### Schritt 6: Regelmäßige Information

Die regelmäßige Information der potenziellen Mitstreiter hat mehrere Funktionen. Zum einen bringt sie Personen, die nicht unmittelbar an Veranstaltungen, Gruppen, Aktionen und sonstigen Aktivitäten beteiligt sind, auf den Planungs- und Umsetzungsstand. Darüber hinaus ist es wichtig, den Mitwirkungsbedarf der Initiative darzustellen. Weiterhin hat der regelmäßige Informationsfluss die Funktion, das neue Denken anhand aktueller Energiethemen zu verankern. Letztlich ist es für die Initiative wichtig, „ins Gerede zu kommen“, um zu signalisieren „da tut sich etwas“.

Bei der Vermittlung von Informationen ist zu berücksichtigen, dass Bürger meist bereits mit solchen überlastet sind. Daher sollten sie knapp und handlungsorientiert verfasst werden. Als sehr wirksam hat sich die Nutzung verschiedener Arten von Informationskanälen erwiesen (z. B. schriftlich als Brief oder Flyer, Newsletter oder Artikel in der Zeitung; mündlich von Person zu Person, im Gruppengespräch oder durch einen Beitrag auf einer Veranstaltung).

Beteiligungsformate: 3, 4, 5, 6, 9, 11

### Schritt 7: Sichtbare Zeichen setzen

Der Gefahr, als reine „Diskussionsrunde“ zu erscheinen, muss entgegen gewirkt werden. Dafür ist es wichtig, den Bürgern mit sichtbaren Zeichen und anhand praktischer Beispiele für Aktionen von Anfang an zu zeigen, worauf es der Initiative ankommt. Beispiele dafür sind die Installation von Solaranlagen, die Einsparung von Energie und Geld an Schulen oder die Errichtung von Bürgeranlagen in Abstimmung mit den Konzepten aus dem Energienutzungsplan.

Viele solcher Schritte sind relativ klein, jedoch in ihrer Summe wichtig. Wird die Bedeutung der vielen kleinen Handlungsschritte immer wieder hervorgehoben und erlebbar gemacht, so wirkt dies sehr motivierend. Wichtig ist, dass die Bürger durch die Aktionen den Eindruck erhalten, dass tatsächlich etwas (Ungewöhnliches) passiert und sie im Familien-, Freundes- und Bekanntenkreis davon berichten können.

Beteiligungsformate: 3, 4, 5, 8, 9, 11

### Schritt 8: Bilanz ziehen und erreichte Erfolge feiern

Nichts ist so überzeugend wie Erfolge, seien es abgeschlossene Projekte, einzelne Aktionen oder erreichte Zwischenziele.

Entscheidend ist, dass sie für die Bürger sichtbar sind. Das schafft Akzeptanz bei Kritikern, Unterstützung bei Mitstreitern und stärkt zudem das Selbstvertrauen und die eigene Motivation, sich weiter zu beteiligen.

Wichtig dafür ist, dass im Prozess Teilziele gesteckt, ihre Erfüllung überprüft und für die Öffentlichkeitsarbeit (Infobox 6.2) genutzt werden. Die Erfolge sollten so konkret wie möglich und veränderungsrelevant sein (z. B. Anzahl der Quadratmeter neuer Solarkollektorflächen, eingesparte kWh oder Zunahme der Anzahl der Mitstreiter).

Ist ein Etappenziel erreicht, besteht Grund zu feiern. Damit sollen alle Beiträge für die erreichten Erfolge gewürdigt und Mut/Motivation für weitere Veränderungen, Maßnahmen und Etappen geschaffen werden.

### Infobox 6.2: Öffentlichkeitsarbeit

Neben der Initiierung von kommunalen Förderprogrammen ist eine gute Öffentlichkeitsarbeit wichtig, um bestimmte Themenschwerpunkte weiter hervorzuheben sowie gesteckte kommunale Klimaschutzziele bei den Bürgern zu verankern:

- Mobilisierung der Bürger und Unternehmen durch gute Informationsbereitstellung
- Einrichtung von Beratungsangeboten für Bürger und Wirtschaft
- Beteiligung der Kommune an Klimaschutzaktionen, z. B. Solarbundesliga, SolarLokal, Klimaschutzkommune, Woche der Sonne, European Energy Award, u. a.
- Gezielter Einsatz von Marketingstrategien für nachhaltige Energiekonzepte, z. B. Anlagenführungen oder sonstige energie-relevante Veranstaltungen zur Stärkung des Standortfaktors im Hinblick auf den Zuzug von Bürgern und Unternehmen

Referenz: [126]

Tabelle 6.1: Beteiligungsformate

Nr.	Beteiligungsformat	Stärken (+) und Schwächen (-)
1	<b>Aktivierende Befragung</b> Durch Fragen werden in Zweiergesprächen Sichtweisen, Wünsche und Widerstände in der Bürgerschaft erfasst und eine konstruktive Mitarbeit angeregt. Zielgruppen sind z. B. Hausbewohner in Gebieten mit hohem Sanierungsbedarf (Haus-zu-Haus Befragung) oder Mitglieder wichtiger Interessensgruppen (z. B. Mietervereinigungen).	(+) „Lautstarke“ werden nicht überrepräsentiert (+) niederschwelliges Beteiligungsangebot (+) Vertrauen wird aufgebaut (+) Eigeninteresse der Zielgruppe lässt sich integrieren (-) Zeitaufwand
2	<b>Flyer</b> Der Flyer dient als Visitenkarte für den Planungsprozess und soll Interesse wecken ohne umfassend zu informieren.	(+) schneller Überblick über das Thema (+) man hat etwas „in der Hand“ (+) einfache Bereitstellung von (Kontakt-)Informationen
3	<b>Pressearbeit</b> Ziel ist es, die Bürger durch Presseberichte auf den Energienutzungsplan neugierig zu machen, sie zu Versammlungen und Beteiligungsmöglichkeiten einzuladen und das Image des Prozesses zu fördern.	(+) es kann vermittelt werden, dass der Prozess transparent umgesetzt wird (+) Presseberichterstattung wird nicht dem Zufall überlassen
4	<b>Internetauftritt</b> Ziel ist es, Transparenz zu schaffen, Beteiligungsmöglichkeiten aufzuzeigen und über Aktuelles zu informieren. Wichtige Inhalte: Kontaktinformationen, Termine, Ergebnisberichte, Presseberichte, Flyer etc.	(+) niedrige Hemmschwelle, leicht erreichbar (+) Selbstorganisation von Untergruppen wird gefördert (Pflege eines Bereichs) (-) Aufwand (Einrichtung und Aktualisierung)
5	<b>Newsletter</b> Durch ihn sollen Interesse und Beteiligung aufrechterhalten werden und eine Bindung an den Prozess erfolgen. Ein regelmäßiger Newsletter vermittelt Dynamik, Fortschritte und Offenheit des Prozesses.	(+) effektive Erinnerungstütze für Termine (+) Mitstreiter mit grafischen oder journalistischen Fähigkeiten können sich einbringen (-) nur wenn Emailzugang nutzbar (bzw. Druckversion nötig)
6	<b>Mundpropaganda</b> Sie ist das beste und am meisten unterschätzte Mittel [127]. Die wichtigsten Personen sind die Botschafter (siehe Akteursmanagement) und andere glaubwürdige Vermittler, die über viele Kontakte und Verbindungen verfügen. Es sind oft nur sehr wenige Personen [128].	(+) ideal, um das Image des Energienutzungsplans in der Gemeinde zu erkennen. Daher sollte sie gezielt erfasst werden, z. B. durch einen Tagesordnungspunkt „Was sagen die Leute“ nach jeder Veranstaltung (-) Vermittler können auch spalten; daher sorgfältig wählen
7	<b>Akteursmanagement</b> Ziel ist es, die verschiedenen Akteure in der Gemeinde bei der Erstellung und Umsetzung des Energienutzungsplans in einer Weise einzubinden, dass sie den Prozess unterstützen bzw. möglichst wenig hemmen. Wichtig sind drei Gruppen: Mitstreiter, Botschafter, Gegner.	(+) es wird nicht dem Zufall überlassen, wer wann über den Energienutzungsplan informiert (+) Konflikte können als Chancen für eine Verbesserung der Zusammenarbeit genutzt werden
8	<b>Aktionen</b> Hier werden alle Formate zusammengefasst, deren Hauptanliegen es ist, „ins Tun zu kommen“. Dies können öffentliche Events sein wie auch die Durchführung von Selbstversuchen, Spielen oder Exkursionen.	(+) die Teilnehmer machen eigene Erfahrungen, statt sich nur über Vorstellungen auszutauschen (+) das gemeinsame Tun verbindet (+) Aktionen ermutigen zum Mithandeln
9	<b>Informationsveranstaltung</b> Die Anliegen und Aspekte einer lokalen Energiewende sollen hier möglichst motivierend vermittelt werden. Im Vergleich zu einem Bürgerforum (s. u.) liegt der Schwerpunkt auf der Information von Bürgern durch Experten.	(+) Interessierte können miteinander ins Gespräch kommen; soziale Kontakte steigern Beteiligungsmotivation (+) „neues Denken“ kann deutlich vermittelt werden (+) wichtiges Feedback durch Gespräche in den Pausen
10	<b>Arbeitsgruppen mit aktivierender Gesprächsführung</b> Die produktive Zusammenarbeit in Gruppen stellt eine Schlüsselkompetenz für die Beteiligung von Bürgern dar. Eine animierende Gesprächsführung ist hierfür besonders wirkungsvoll.	(+) Rederunden (jeder erhält 5-10 Minuten, um sich ohne Unterbrechung oder Kommentierung einzubringen) erhöhen die Beteiligungsbereitschaft
11	<b>Bürgerforum</b> Zweck eines Bürgerforums ist es, die Bürger aktiv zu beteiligen. Das Ziel kann dabei ganz unterschiedlich sein. Man möchte die Expertise und Meinung der Bürger erfahren u./o ein gemeinsames Ergebnis erarbeiten u./o. eine Integration divergierender Meinungen erreichen	(+) durch das Sammeln der Handlungsempfehlungen werden Potenziale der Mobilisierung genutzt (-) Botschaft und Ergebnisse sind schlechter plan- und vorhersehbar als bei Infoveranstaltungen
12	<b>Leitbildworkshop</b> Ein Leitbild ist der Entwurf einer Welt, die die Menschen so begeistern kann, dass sie sich auf den gemeinsamen Weg dorthin machen wollen. Der Workshop dient dazu, diese Vision zu gestalten und den Weg dorthin zu planen.	(+) Ergebnis wird visualisiert und ist dadurch als gemeinsamer Weg für alle sichtbar und verfolgbar
13	<b>World-Café</b> Durch zielgerichtete, fokussierte Unterhaltungen über den Energienutzungsplan an „Café-Tischen“ wird das Interesse und Engagement geweckt und die gemeinsame Intelligenz der Gemeinde genutzt. Im Gegensatz zur Open Space-Methode (siehe unten) werden die Fragen vorgegeben.	(+) produktive Vernetzung zwischen den Teilnehmern (+) Eingebundenheit im Prozess und lockere Atmosphäre stimulieren zur Mitarbeit
14	<b>Open Space</b> Hier wählen die Teilnehmer ihre Diskussionsthemen selbst. Die offene Form ermöglicht das Aufdecken von Hemmnissen, die bei vorgegebener Struktur oft lange verborgen bleiben. Zudem können die Teilnehmer die Möglichkeiten und Relevanz ihrer Beteiligung selbst entdecken und sich selbst organisieren und vernetzen. Dies steigert die Verantwortlichkeit für den Prozess und seine Ergebnisse.	(+) selbst bei hohen Teilnehmerzahlen können Diskussion zu bestimmten Fragestellungen strukturiert und komplexe Problemfelder erörtert werden (+) Kerngruppe bekommt ein besseres Bild von den Bedürfnissen, Hemmnissen und Wünschen der Bürger



Ablauf	Erfolgsfaktoren / Tipps
Leitfragen werden erarbeitet, die Zielgruppen aufgesucht und befragt. Erfasst werden auch die Haltung zum Energienutzungsplan und das Beteiligungspotenzial. Die anonymisierten Ergebnisse werden in Veranstaltungen vorgestellt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- offene Fragen stellen</li> <li>- sich auf Wesentliches konzentrieren</li> <li>- Interesse zeigen für persönliche Wünsche, Ressourcen, Alltagssituationen und Fähigkeiten der Zielgruppe (ohne Wertung)</li> </ul>
Zunächst müssen die Kernzielgruppe, die Interessen dieser Gruppe und die geeigneten Botschaften identifiziert werden. Anschließend folgen Gestaltung, Druck und Verteilung.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aus Sicht der Interessenten, in Alltagssprache u. angepasst an Wissensstand der Zielgruppe(n) gestalten: wenige Kernbotschaften prägnant präsentieren</li> <li>- professionelle Gestaltung</li> </ul>
Zu den Elementen der Pressearbeit zählen Pressemitteilungen, Presseveranstaltungen (Interviews, Pressekonferenzen) und Kontaktpflege zu Pressevertretern.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- nicht sich selbst darstellen, sondern Zielgruppe bedienen</li> <li>- Medien der Zielgruppen nutzen, geeignete Botschafter nutzen</li> <li>- Vorlaufzeiten für Meldungen beachten</li> <li>- Pressespiegel und Hintergrundinfos aktualisieren</li> </ul>
Die Inhalte werden geplant und die Zuständigkeiten für den Internetauftritt geklärt. Anschließend wird die Seite eingerichtet und regelmäßig aktualisiert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Seite so früh wie möglich einrichten</li> <li>- aktuelle Informationen: bevorstehende Termine, Infomaterial, etc.</li> <li>- Überschaubarkeit: leichte Navigation, knapp und prägnant formulierte Inhalte</li> <li>- für Untergruppen: Pflicht zur Dokumentation eigener Erfolge</li> </ul>
Ein Emailverteiler wird aufgebaut und regelmäßig aktualisiert. Ab der Auftaktkonferenz wird der Newsletter in regelmäßigen Abständen, z. B. alle 2 Monate, verschickt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Umfang 1-4 Seiten</li> <li>- professionelles, klares Layout mit Terminbox</li> <li>- zwei Ebenen: für „Eilige“ und „Interessierte“</li> <li>- Aufmerksamkeit erregender Betreff, weiterführende Hyperlinks</li> </ul>
Strategieentwicklung durch die Kerngruppe: Besondere Vermittler werden identifiziert, ihre Eigenschaften, Themen und Netzwerke beschrieben. Es werden gute Botschaften, Kernanliegen und Geschichten der Initiative formuliert. Die Botschafter werden beworben.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Originelles, Nützliches und Spezifisches herausstellen</li> <li>- gute Kontakte unterhalten: Vermittler sollten zu Insidern werden; hilfreich sind auch kleine Anerkennungen für ihre Arbeit</li> <li>- Netzwerke nutzen</li> </ul>
<b>Botschafter</b> (siehe Mundpropaganda) können beispielsweise bei Veranstaltungen moderieren, Interviewpartner. <b>Gegner</b> sollten informiert, eingeladen und angehört werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- angemessene Kontaktpersonen, an die die Botschafter sich wenden können (z. B. Vereinsvorstände, Leiter von Aktionsgruppen)</li> <li>- Eigeninteressen der Akteure berücksichtigen</li> <li>- Gegner keinesfalls ignorieren/ausgrenzen</li> </ul>
Da es für Aktionen wichtig ist, dass sich die Ausführenden als einladende Gruppe mit Identität präsentieren können, ist es ratsam, sie nicht bereits am Anfang des Beteiligungsprozesses durchzuführen, sondern erst, wenn sich die Gruppe etwas besser kennt.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bekanntenkreis gezielt ansprechen: meist sind es nicht die Inhalte, die Bürger zum Handeln bringen, sondern die Begeisterung der Bekannten</li> <li>- Schlüsselpersonen gewinnen: viele Bürger orientieren sich in ihren Aktivitäten an anderen Bürgern</li> <li>- Handlungsmöglichkeiten anbieten, die leicht umsetzbar sind</li> </ul>
Die Veranstaltungen erfolgen typischerweise mit einem oder mehreren Vorträgen von Experten. Dabei kann das ENP-Team eingeladen werden, um über die Fortschritte in der Planung zu berichten. Begleitend können Kartenmaterial und Poster mitgebracht werden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- im Vorfeld: klare Zielsetzung, angestrebte Ergebnisse, Gesamtbotschaft, kultureller Rahmen, Einladung der Presse und Schlüsselpersonen; Würdigung der Helfer einplanen.</li> <li>- Schlüssel für die Qualität der Veranstaltung ist die Qualität der Referenten</li> <li>- Bezug zur Situation vor Ort schaffen</li> </ul>
Wichtig ist, dass Anfang (Begrüßung) und Ende (Dank, Rückschau) klar sind und sich strukturierte und informelle Phasen abwechseln. Offene Tagesordnungen: Während der Rederunde Themen notieren, gemeinsam Prioritäten setzen, Zeitbudgets verteilen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Moderation wichtig für einen zielgerichteten Ablauf</li> <li>- wohlwollende, zielorientierte Atmosphäre stärkt Produktivität der Gruppe</li> <li>- aktives Zuhören und Offenheit für neue Standpunkte</li> </ul>
Für die Bürger sind Bausteine vorzusehen und zu planen, in denen sie sich einbringen können (siehe Erfolgsfaktoren).	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Möglichkeiten schaffen, mit den Nachbarn ins Gespräch zu kommen</li> <li>- Äußerungen können auf Karteikarten geschrieben und an Pinnwände gesteckt werden</li> </ul>
Teilnehmer sind in der Regel die Kerngruppenmitglieder. Die Ziele des Projekts werden konkretisiert und die notwendigen Schritte und Aufgaben aufgelistet. Dann werden sie in eine Reihenfolge gebracht und unter den Mitgliedern der Kerngruppe aufgeteilt. Das Ergebnis wird als Weg aufgezeichnet.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- je konkreter die Beschreibung der Vision, umso stärker ihre Zugkraft</li> <li>- Aufgabenverteilung nach Vorlieben und Kompetenzen</li> </ul>
Die Fragen werden vorab entwickelt. An jedem Tisch wird eine Frage bearbeitet und auf der Papiertischdecke protokolliert. Alle 15 Minuten wechseln die Teilnehmer (außer einem „Gastgeber“) an einen anderen Tisch. Zum Ende werden die Ergebnisse präsentiert.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- einladenden Ort wählen; Getränke und Snacks anbieten</li> <li>- Fragen stellen, die die Teilnehmer interessieren und neugierig machen, die ihren Alltag und ihre Anliegen treffen</li> <li>- gute Stimmung für eine Mitwirkung nutzen; Bürgern im Anschluss konkrete Mitwirkungsmöglichkeiten anbieten</li> </ul>
Die Veranstalter geben das Motto vor. Im Plenum schlagen Teilnehmer einzelne Diskussionsthemen vor. Zeiten und Räume werden zugeteilt. Die Teilnehmer sind frei, die Gruppen auch während der Diskussion zu wechseln. Die Initiatoren der Themen schreiben ein kurzes Protokoll. Am Ende werden ein gemeinsames Resümee gezogen und die nächsten Schritte vereinbart.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prozess nicht kontrollieren (z. B. durch Eliminierung kontroverser Diskussionsthemen)</li> <li>- professionelle Prozessbegleitung: falls keine Erfahrungen mit der Methode vorliegen oder kein überzeugender Moderator vorhanden ist, Profi engagieren</li> <li>- Motto-Beispiel: Wie wird die Energieversorgung in unserer Gemeinde aussehen, wenn die Zeit des billigen Erdöls vorbei ist?</li> <li>- Format ungeeignet, um vordefinierte nächste Schritte zu erwirken</li> </ul>

## 6.2 Energieversorger

Bei Erstellung und Umsetzung eines Energienutzungsplans sollten nach Möglichkeit auch die bereits vor Ort aktiven Energieversorger einbezogen werden (Gas-, Wärme- und Stromversorgungsunternehmen bzw. Netzbetreiber).

Dies kann dazu beitragen, dass kommunale Energiekonzepte sinnvoll mit übergeordneten zusammenwirken, vor allem im Hinblick auf die Erzeugung und Verteilung von Strom.

Die Erfahrung von Energieversorgungsunternehmen lässt sich idealerweise auch sinnvoll für die Entwicklung und die Umsetzung neuer Energieversorgungskonzepte nutzen. Dabei können ggf. Umsetzungsformen gefunden werden, die sich durch die Gemeinde alleine nicht realisieren ließen, z. B. über die Einbindung als Investoren oder Betreiber von Anlagen (Contracting), (5.3, S.79). Auch eine Umnutzung bzw. Umrüstung bestehender, von Energieversorgern betriebener Anlagen im Zuge eines Energienutzungsplans ist denkbar.

Es kann auch zu Konflikten zwischen den Interessen vor Ort tätiger Energieversorgungsunternehmen und den Zielen eines Energienutzungsplans kommen. Um dem vorzubeugen bzw. entgegen zu wirken, empfiehlt sich eine möglichst frühzeitige Information bzw. Einbeziehung.

### Vertragsbindungen - Konzessionsverträge

Die Versorgung der Gemeinde mit Strom, Gas und ggf. Fern- oder Nahwärme erfordert die Nutzung von öffentlichen Flächen (Straßen, Plätze, etc.) für die Führung von Leitungstrassen. Dafür werden sogenannte Wegnutzungsverträge (Konzessionsverträge) zwischen Gemeinde und Energieversorgungsunternehmen abgeschlossen. Für den Betrieb örtlicher Verteilnetze erhalten die Gemeinden Konzessionsabgaben von den entsprechenden Unternehmen.

Konzessionsverträge werden vom Energiewirtschaftsgesetz (EnWG [129]) geregelt und sind auf eine Laufzeit von 20 Jahren begrenzt, um eine Erneuerung der Versorgungsstrukturen zu ermöglichen. Dabei sind Bekanntmachungs- und Auswahlverfahren bei Neuabschluss bzw. Verlängerung von Konzessionsverträgen sowie bei der Wahl des Vertragspartners einzuhalten [130]. In den nächsten Jahre laufen in vielen Gemeinden Konzessionsverträge aus. Dann muss entschieden werden, ob und von wem die örtlichen

Verteilnetze weiter betrieben werden (Infobox 5.4, S.80).

#### Infobox 6.3: Offene Wärmenetze

In bisher bestehenden Wärmenetzen wird die transportierte Wärme meist von einem einzigen Energieversorger erzeugt und eingespeist.

Eine für die Zukunft interessante Perspektive stellen sogenannte offene Wärmenetze dar. Sie eröffnen die Möglichkeit, dass mehrere Wärmeerzeuger bzw. Energieversorger ihre Wärme in ein gemeinsames Netz einspeisen, ähnlich wie im liberalisierten Strommarkt.

Solche offenen Wärmenetze sind noch nicht Stand der Technik. Sie erfordern eine anspruchsvolle Regelung von Einspeisung, Temperatur, Druck und hydraulischem Abgleich seitens des Netzbetreibers. Auch die Verträge und Abrechnungen zwischen Erzeugern und Kunden müssen koordiniert werden. [131]

## 6.3 Weitere wichtige Akteure

### Großabnehmer

Großabnehmer können für einen beträchtlichen Teil des Gesamtwärmebedarfs einer Gemeinde verantwortlich sein. Insofern spielt die Zusammenarbeit mit ihnen eine nicht zu unterschätzende Rolle.

Einerseits kann die Herausgabe von realen Verbrauchsdaten durch Großabnehmer einen hilfreichen Beitrag bei der Erfassung des Wärmebedarfs leisten (Kap. 3, S.13). Andererseits bilden sie bei der Konzeptentwicklung aufgrund ihrer Bedeutung als Abnehmer einen wichtigen Faktor im Hinblick auf Realisierbarkeit und Wirtschaftlichkeit, insbesondere bei der Umsetzung von Wärmenetzen. Insgesamt wirkt sich ihre Beteiligung maßgeblich auf das Erreichen der Energieziele einer Gemeinde aus.

Wenn möglich, sollte eine direkte Zusammenarbeit mit den entsprechenden Entscheidungsträgern angestrebt werden. Im Fall von Wohngebäuden kann es sich dabei auch um Eigentümergemeinschaften handeln.

Beispiele für Großabnehmer:

- große Wohnungsbaugesellschaften oder -genossenschaften
- Industrie und Gewerbe
- Bildungseinrichtungen (z. B. Hochschulen)
- Heime
- Schwimmbäder

### Sonderabnehmer

Sonderabnehmer sind Verbraucher mit einer speziellen Verbrauchsstruktur (Energieform, Temperaturniveau, tages- und jahreszeitlicher Lastgang, 4.4.2, S.64). Sie unterscheiden sich dementsprechend stark von Wohngebäuden oder vergleichbaren Abnehmern.

Beispiele für Sonderabnehmer:

- Freibäder (höchster Wärmebedarf im Sommer)
- Eisbahnen (hoher Kältebedarf)
- Industrien mit z. B. Wärmebedarf auf hohem Temperaturniveau ( $> 100\text{ °C}$ ), über das ganze Jahr konstantem Wärmebedarf (Prozesswärme) und/oder großem Kältebedarf

Das Vorhandensein von Sonderabnehmern bietet oftmals die Chance, sehr effiziente Kombinationskonzepte in Verbindung mit „normalen“ Abnehmern zu entwickeln, z. B. über die optimale Auslastung von Anlagen durch einander ergänzende Lastgänge oder die Nutzung überschüssiger Wärme zur Kälteerzeugung.

### Weitere Akteure

Auch alle weiteren für den Bereich Energie relevanten Akteure sollten soweit möglich bei der Umsetzung eines Energienutzungsplans eingebunden bzw. informiert werden. Die wichtigsten davon sind Kaminkehrer, Energieberater, Heizungsinstallateure und andere sachlich einschlägige Handwerksbetriebe sowie Fach-Ingenieure und -planer. Ihre Beteiligung kann die Umsetzung von Maßnahmen aus dem Energienutzungsplan wertvoll unterstützen.

# Glossar

## **Abwasser-Beitragsgeschossfläche**

Diese Fläche dient als Grundlage für die Berechnung der Abwasserbeiträge. Sie wird als Summe der Flächen sämtlicher Geschosse einschließlich Keller definiert (bezogen auf die Außenmaße). Dachgeschosse werden nur herangezogen, sofern sie ausgebaut sind.

## **Ausnutzungsdauer**

Die Ausnutzungsdauer ist das Verhältnis von erzeugter Energie in kWh zur Nennleistung in kW in einer bestimmten Zeitspanne. Sie wird meist in Stunden pro Jahr angegeben. Die Ausnutzungsdauer ist ein entscheidendes Kriterium bei der Auslegung von KWK-Anlagen. Um einen wirtschaftlichen Betrieb zu erreichen, ist eine möglichst hohe Ausnutzungsdauer notwendig.

## **Autarkhaus**

Im Gegensatz zu Nullenergiehäusern kommen Autarkhäuser ganz ohne Energiezufuhr durch externe Versorgungsstrukturen aus. Dies erfordert in der Regel den Einsatz saisonaler Energiespeicher.

## **Baulter/Baualterklasse**

Das Baulter definiert den Zeitabschnitt, in dem ein Gebäude gebaut wurde, unter Berücksichtigung des Inkrafttretens von gesetzlichen Vorgaben zum Wärmeschutz und entsprechenden baukonstruktiven Ausprägungen. In Verbindung mit dem jeweiligen Gebäudetyp kann man Baualterklassen bilden, anhand derer sich den Gebäuden ein spezifischer statistischer Heizwärmebedarfswert zuweisen lässt.

## **Benutzungsdauer**

Die Benutzungsdauer ist das Verhältnis von erzeugter Energie in kWh zur tatsächlich eingetretenen Höchstlast in kW. Sie wird meist in Stunden pro Jahr angegeben und ist neben der erzeugten Energie von der Auslastung der Anlage abhängig.

## **Brennwert ( $H_S$ )**

Der Brennwert beschreibt die Wärmemenge, die bei der Verbrennung eines Brennstoffes anfällt, zuzüglich der Wärmemenge, die durch Kondensation des im Abgas enthaltenen Wasserdampfes frei wird.

## **Brutto-Grundfläche (BGF)**

Als Brutto-Grundfläche (BGF) bezeichnet man gemäß DIN 277 diejenige Fläche, die sich aus der Summe der Grundflächen aller Grundrissebenen eines Gebäudes errechnet.

## **COP**

siehe Leistungszahl

## **Digitale Flurkarte (DFK)**

Die Flurkarte ist die graphische, maßstabgetreue Darstellung der Grundstücke des Katasters. Mit ihr wird der korrekte Raumbezug der Daten aus dem

Automatisierten Liegenschaftsbuch (ALB) hergestellt. In Bayern liegt die Flurkarte flächendeckend digital vor (digitale Flurkarte, DFK). Sie ist bei der Bayerischen Vermessungsverwaltung (<http://www.geodaten.bayern.de>) in verschiedenen Schnittstellenformaten (gegen Gebühr) erhältlich.

## **Endenergie**

Die Endenergie ist der Teil der Primärenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Transportverlusten zur Verfügung steht, z. B. in Form von Heizöl, Holzpellets oder Strom.

## **Energiebedarf**

Der Energiebedarf ist eine kalkulatorische Größe, die unter festgelegten Bedingungen und mit einem definierten Verfahren berechnet wird. Er beschreibt die theoretische Energiemenge, die zu einem gegebenen Zweck benötigt wird (siehe auch Heizwärmebedarf).

## **Energieverbrauch**

Im Unterschied zum Energiebedarf ist der Energieverbrauch eine gemessene Größe: die Menge Energie, die tatsächlich in einem bestimmten Zeitraum verbraucht wurde (siehe auch Heizwärmeverbrauch).

## **Gasturbine**

Gasturbinen sind Strömungsmaschinen mit internem Wärmeeintrag. Sie bestehen aus einem Verdichter, einer Brennkammer und der Turbine. Verbrannt werden hauptsächlich Gase, es können aber auch Flüssigkeiten eingeführt werden, die bei den hohen Temperaturen verdampfen. Die Abgase einer Gasturbine haben hohe Temperaturen und können als Prozessenergie oder in einer Wärmekraftmaschine (GuD) weiter genutzt werden.

## **Gebäudegrundfläche**

Als Gebäudegrundfläche wird hier die von einem Gebäude in seinen Außenkanten eingenommene Fläche auf Geländeebene bezeichnet.

## **Gesamtwärmebedarf (auch Wärmebedarf)**

Der Gesamtwärmebedarf ist die Summe aus Heizwärmebedarf, Brauchwarmwasserbedarf und ggf. Bedarf an Prozesswärme.

## **Geographisches Informationssystem (GIS)**

Ein GIS ist eine Software zur Erfassung, Verarbeitung und graphischen Darstellung von raumbezogenen Daten.

## **Gleichzeitigkeit**

Im Kontext der Wärmeversorgung, insbesondere mit Wärmenetzen, beschreibt der Begriff der Gleichzeitigkeit die Tatsache, dass die maximale Gesamtleistungsanforderung einer Abnehmergruppe, aufgrund der zeitlichen Streuung der Wärmeabnahme der

einzelnen Verbraucher, i. a. niedriger ist als die Summe der nominellen Nennleistungen aller Einzelabnehmer. Dieser Faktor spielt eine wesentliche Rolle bei der Dimensionierung von Anlagen und Wärmenetzen.

#### **Grundlast**

Die Grundlast ist der während einer Zeitspanne (z. B. Monat, Jahr) gleichbleibende Teil einer Last.

#### **Heizwärmebedarf**

Unter dem Heizwärmebedarf versteht man die rechnerisch ermittelte, für die Beheizung eines Gebäudes notwendige Wärmemenge, die sich aus der vorgesehenen Innenraumtemperatur, den äußeren klimatischen Bedingungen sowie den Wärmegewinnen und -verlusten des Gebäudes ergibt. Entscheidender Faktor dafür ist die Gebäudehülle.

#### **Heizwärmeverbrauch**

Beim Heizwärmeverbrauch handelt es sich im Gegensatz zum Heizwärmebedarf um die tatsächlich verbrauchte Energiemenge für die Beheizung eines Gebäudes. Der Verbrauch bildet daher im Gegensatz zum Bedarf auch Witterung und Nutzerverhalten ab.

#### **Heizwert ( $H_f$ )**

Der Heizwert bezeichnet die Wärmemenge, die bei der Verbrennung eines Brennstoffes frei wird, ohne die im Wasserdampf der Abgase enthaltene Wärmemenge zu berücksichtigen.

#### **Höchstlast**

Die Höchstlast ist die in einer Zeitspanne (z. B. Tag, Monat, Jahr) größte auftretende Last. Sie wird ermittelt als Momentanwert oder als Mittelwert über eine kurze Zeitspanne.

#### **Jahresarbeitszahl (JAZ) (s.a. Leistungszahl)**

Die Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe ist das Verhältnis zwischen der jährlich gelieferten Wärme und der jährlich eingesetzten Antriebsenergie (Strom). Es ist ein Maß für die tatsächliche Effizienz einer Wärmepumpe in der Praxis. Je kleiner die Temperaturdifferenz zwischen Wärmequelle und Wärmeabnahme, desto höher ist die Jahresarbeitszahl und umso effizienter läuft die Anlage.

#### **Jahresnutzungsgrad**

Der Jahresnutzungsgrad ist das Verhältnis der im Jahr erzeugten nutzbaren Energiemenge zu der im Jahr zugeführten Energiemenge (z. B. Energiemenge des Brennstoffs) einer Anlage. Er bildet demnach die durchschnittliche Effizienz einer Anlage über das gesamte Jahr ab.

#### **Kombiprozesse**

Ein Gas- und Dampfturbinenkraftwerk (GuD-Kraftwerk) besteht aus einer Gasturbine, der eine zusätzliche Dampfturbine nachgeschaltet wird, um aus

der Abwärme der Gasturbine nochmals Strom zu gewinnen. Denkbar ist auch jeder anderen Kombination von Verbrennungs- und Wärmekraftmaschinen. Dieser Kombiprozess erreicht besonders hohe Wirkungsgrad. Es müssen allerdings ausreichend hohe Leistungen realisiert werden, um den technischen Aufwand zu rechtfertigen.

#### **Kraft-Wärme-Kopplung**

Als Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) bezeichnet man die gleichzeitige Gewinnung und Nutzung von Strom und Wärme in einer Anlage. Aufgrund der doppelten Ausnutzung der im Brennstoff enthaltenen Energie ist die Gesamteffizienz gegenüber einer reinen Stromerzeugungsanlage viel höher. Es handelt sich z. B. um Blockheizkraftwerke (BHKW) mit fossilen Energieträgern oder Biomasse.

#### **Kumulierter Energieaufwand (KEA)**

„Der kumulierte Energieaufwand ist eine Maßzahl für den gesamten Aufwand an Energieressourcen (Primärenergien) zur Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung. Im KEA sind auch die Energiemengen enthalten, die mit der Herstellung z. B. von Holz als Baustoff oder Papier verbunden sind, auch wenn die Energie als Heizwert im Produkt noch zur Verfügung steht. Ähnlich umfasst der KEA auch den gesamten Energieaufwand an Rohöl oder Erdgas bei der Kunststoffherstellung. Der KEA wurde mit der VDI-Richtlinie 4600 methodisch beschrieben.“ [59]

#### **Kumulierter Energieverbrauch (KEV)**

„Der kumulierte Energieverbrauch ist ähnlich wie der KEA eine Maßzahl für den gesamten Aufwand an Energieressourcen (Primärenergien) zur Bereitstellung eines Produkts oder einer Dienstleistung. Der KEV kann unterteilt werden in den Anteil erneuerbarer und nichterneuerbarer Primärenergien. Anders als der KEA werden im KEV die Energieanteile, die bei stofflich genutzten Energieträgern als Heizwert auftreten (z. B. Holz als Baustoff, Kunststoffe, Papier) nicht mit einbezogen, da diese noch für eine energetische Nutzung zur Verfügung stehen. Der KEV unterscheidet sich also vom KEA darin, dass er den erforderlichen energetischen Aufwand zur Bereitstellung benötigter Stoffe ohne ihren Heizwert umfasst.“ [59]

#### **Leistungszahl (s.a. Jahresarbeitszahl)**

(engl. Coefficient of Performance, COP)

Die Leistungszahl ist ein Maß für die Effizienz einer Wärmepumpe. Sie ist definiert als das Verhältnis zwischen der gelieferten Wärmeleistung (Heizwärme) und der aufgenommenen Antriebsleistung (meistens Strom) unter gegebenen Bedingungen am Prüfstand. Sie ist also ein theoretischer Wert.

#### **Life Cycle Assessment (LCA)**

„Life Cycle Assessment (auch Lebenszyklusanalyse



oder Ökobilanz) ist ein Ansatz zur Bewertung der Umweltwirkungen von Produkten und Dienstleistungen nach dem Konzept des „Lebenswegs“ (von der Wiege bis zur Bahre), d.h. die Umwelteffekte werden von der Rohstoff- oder Primärenergiegewinnung über die Herstellung notwendiger Materialien und die Nutzungsphase eines Produkts bis zu seiner Entsorgung (oder Recycling) in einer Sachbilanz ermittelt und einer Bewertung unterzogen.“ [59]

### **Nennlast/Nennleistung**

Als Nennleistung wird die vom Hersteller angegebene Leistung einer Anlage bezeichnet, die diese aufnehmen oder abgeben kann. Die Nennleistung ist die Dauerleistung einer Anlage, d. h. sie ist die höchste Leistung, die bei bestimmungsgemäßem Betrieb ohne zeitliche Einschränkung erbracht werden kann, ohne Lebensdauer oder Sicherheit der Anlage zu beeinträchtigen.

### **Nullenergiegebäude**

Nullenergiegebäude erzeugen in der Jahresbilanz genau so viel Energie, wie sie selbst verbrauchen, z. B. durch in die Dachfläche oder die Fassade integrierte Solarsysteme.

### **Nutzenergie**

Nutzenergie ist der Teil der Endenergie, der dem Verbraucher nach Abzug von Umwandlungs- und Verteilungsverlusten innerhalb des Gebäudes für die gewünschte Energiedienstleistung zur Verfügung steht, z. B. Heizwärme, Licht.

### **Nutzfläche (Gebäudenutzfläche)**

Unter Nutzfläche versteht man gemäß DIN 277 den Anteil der Gebäudegrundfläche, der der Nutzung entsprechend der Zweckbestimmung dient. Nicht dazu gezählt werden Verkehrsflächen und Funktionsflächen, die der Unterbringung zentraler betriebstechnischer Anlagen in einem Bauwerk dienen.

### **Nutzungsgrad**

Der Nutzungsgrad ist ein Maß dafür, wie viel von der im Energieträger gespeicherten Energie tatsächlich in einer Heizperiode genutzt werden kann. Im Unterschied zum Wirkungsgrad, welcher nur in einem (optimalen) Betriebspunkt gemessen wird, wird der Nutzungsgrad über einen längeren Zeitraum ermittelt. Der Wirkungsgrad einer Anlage ist demnach immer höher als Nutzungsgrad. Dieser errechnet sich ggf. als Summe aus elektrischem und thermischem Nutzungsgrad.

### **Ökobilanz**

siehe Life Cycle Assessment

### **Organic-Rankine-Cycle**

Der Organic-Rankine-Cycle (ORC) ist ein Dampfturbinen-Prozess, bei dem als Arbeitsmittel nicht Was-

ser, sondern ein organisches Medium eingesetzt wird, das eine tiefere Siedetemperatur als Wasser aufweist.

### **Passivhaus**

Passivhäuser weisen einen sehr niedrigen Heizwärmebedarf auf, der zum größten Teil durch interne Wärmequellen (Personen, Beleuchtung u. a.) und passive Solarenergienutzung gedeckt wird. Vom Passivhaus Institut in Darmstadt (privater Standard, daher keine offizielle Definition) sind die für Passivhäuser anzusetzenden Parameter und Rechenverfahren festgelegt. Diese definieren unter anderem einen maximalen Heizwärmebedarf von 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) bezogen auf die Wohnfläche. Passivhäuser können heute als Stand der Technik betrachtet werden. Laut Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit [14] ist bei Passivhäusern mit zusätzlichen Investitionskosten von ca. 10 % im Vergleich zu einem Standard-Haus nach EnEV 2007 zu rechnen.

### **Plus-Energie-Gebäude**

Plus-Energie-Gebäude gehen noch weiter als Null-Energie-Gebäude und erzeugen dementsprechend mehr Energie als sie selbst benötigen.

### **Primärenergie**

Als Primärenergie bezeichnet man die Energie, die mit den natürlich vorkommenden Energieformen oder Energieträgern zur Verfügung steht und noch keiner Umwandlung unterzogen wurde, z. B. solare Einstrahlung oder Rohöl.

### **Primärenergiefaktor**

Der Primärenergiefaktor ist definiert als das Verhältnis zwischen der erzeugten Endenergie und der dafür eingesetzten Primärenergie um einen gegebenen Energiebedarf zu decken. Primärenergiefaktoren unterschiedlicher Energieformen, Quellen und Technologien werden in DIN 4701-10 [58] festgelegt. Dabei wird zwischen dem Gesamtprimärenergiefaktor (fossile und erneuerbare Quellen) und dem Primärenergiefaktor, der nur die nicht erneuerbaren Energieanteile enthält, unterschieden.

### **Redundanz**

Redundanz ist gegeben, wenn mehr Betriebsmittel zu Verfügung stehen, als für den momentanen Betrieb benötigt werden. Aufgrund der Anforderungen an die Versorgungssicherheit wird Redundanz in Energiesystemen verlangt. Das meist genutzte Kriterium ist das n + 1-Kriterium, was bedeutet, dass eine Anlage ausfallen kann, ohne dass die Funktion des Systems beeinträchtigt wird.

### **Sommerfall (s.a. Winterfall)**

Der Begriff Sommerfall beschreibt im Kontext der Wärmeversorgung die Zeitspanne, in der nur die Grundlast zu decken ist, d. h. keine Raumheizung

sondern nur Warmwasser (und ggf. Prozesswärme) benötigt wird.

### **Spitzenlast**

Spitzenlast ist der nur selten auftretende Teil einer Last. Sie tritt in Zeiten der Höchstlast auf und wird durch Spitzenlast-Kraftwerke bzw. Anlagen gedeckt. Diese zeichnen sich durch geringe Investitionskosten und geringe Laufzeiten aus.

### **Stirlingmotor-BHKW**

Stirlingmotoren sind mit Kolben betriebene Wärme-Kraftmaschinen. Sie benötigen eine Wärmequelle und eine Wärmesenke. Die Stirling-Technologie ermöglicht durch die externe Verbrennung den Einsatz nahezu jedes Brennstoffes. Außerdem sind Stirlingmotoren im Vergleich zu Otto- oder Dieselmotoren aufgrund des abgeschlossenen Kreisprozesses wartungsärmer. Mit einem Stirlingmotor betriebene BHKW sind derzeit kaum auf dem Markt, jedoch bei einigen Herstellern in der Entwicklungs- und Testphase.

### **Stromkennzahl**

Ein charakteristisches Merkmal einer KWK-Anlage stellt die Stromkennzahl dar. Sie ist definiert als der Quotient aus abgegebener elektrischer und thermischer Leistung. Bei Anlagen mit konstanter Stromkennzahl bleibt das Verhältnis von Wärme zu Strom gleich und kann nur die Brennstoffzufuhr variiert werden. Im größeren Leistungsbereich werden auch Anlagen mit variabler Stromkennzahl eingesetzt. Bei diesen Anlagen kann die Wärme- und Stromproduktion in bestimmten Leistungsbereichen entkoppelt werden und somit dem Wärme- bzw. Strombedarf angepasst werden.

### **U-Wert**

siehe Wärmedurchgangskoeffizient

### **Verbrennungsmotorische BHKW (Diesel-, Ottomotor)**

Verbrennungsmotorische KWK-Anlagen bestehen aus einem Otto- oder Dieselmotor mit angeflanschem Generator.

Die Motorabwärme wird mit Hilfe eines Kühlmediums ausgekoppelt und steht für den Einsatz als Raum- oder Prozesswärme zur Verfügung.

### **Wärmebedarfsdichte**

Als Wärmebedarfsdichte bezeichnet man den Gesamtwärmebedarf eines Gebiets, bezogen auf die entsprechende Gebietsfläche.

### **Wärmedurchgangskoeffizient (U-Wert)**

Der Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Maß für die Wärmedämmfähigkeit eines Bauteils. Er definiert die Wärmeleistung, die bei einer Temperaturdifferenz zwischen Innen- und Außenluft von 1 °C durch 1 m<sup>2</sup> des Bauteils hindurchfließt. Diese ist

umso höher, je niedriger der U-Wert ist.

### **Wärmepumpe**

Eine Wärmepumpe ist eine Maschine, mittels derer Wärme aus einer Quelle niedrigen Temperaturniveaus entnommen und unter Zuführung mechanischer Arbeit auf einem höheren (nutzbaren) Temperaturniveau abgegeben wird.

### **Wärmetauscher**

Ein Wärmetauscher ist eine Apparatur, welche es ermöglicht, thermische Energie von einem Medium auf ein anderes zu übertragen. Bauformen sind z. B. Plattenwärmetauscher oder Rohrbündelwärmetauscher.

### **Winterfall** (siehe auch Sommerfall)

Der Begriff Winterfall beschreibt im Kontext der Wärmeversorgung die Zeitspanne, in der nicht nur die Grundlast zu decken ist, d. h. neben Warmwasser und Prozesswärme auch Energie für die Raumheizung erforderlich ist. Als Heiztage gelten die Tage, an denen die Tagesmitteltemperatur unter der jeweiligen Heizgrenztemperatur liegt. Diese Zeitspanne kann je nach Baualter, Dämmung und geografischer Lage des Gebäudes verschieden stark variieren.

### **Wirkungsgrad**

Der elektrische bzw. thermische Wirkungsgrad beschreibt das Verhältnis von nutzbarer elektrischer bzw. thermisch abgegebener Leistung zur zugeführten Brennstoffleistung. Der Wirkungsgrad stellt demnach ein Maß für die Effizienz eines Energieumwandlungsprozesses dar. Er wird zu einem bestimmten Zeitpunkt bzw. in einem optimalen Betriebspunkt gemessen.

### **Witterungsbereinigung**

Um den Heizenergieverbrauch unterschiedlicher Jahre und/oder unterschiedlicher Standorte vergleichbar zu machen, müssen reale Verbrauchswerte einer Korrektur unterzogen werden. Die Vergleichszeiträume werden dabei in Relation gesetzt und ein entsprechender Klimakorrekturenfaktor veranschlagt. In Deutschland erfolgt die Witterungsbereinigung mittels zweier Verfahren, die in VDI 3807 Blatt 1 [15] und VDI 2067 Blatt 1 [16] erläutert werden.

### **Wohnfläche**

Als Wohnfläche bezeichnet man die nach der Wohnflächenverordnung (WoFIV) bzw. auf Grundlage anderer Rechtsvorschriften zur Berechnung von Wohnflächen ermittelte Fläche.

Nach der WoFIV umfasst die Wohnfläche einer Wohnung die Grundfläche der Räume, die ausschließlich zu dieser Wohnung gehören. Vorgeschrieben ist die Berechnung nach WoFIV nur für den geförderten Wohnungsbau.

# Abkürzungen und Einheiten

## Verwendete Abkürzungen

AELF	Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten
atro	absoluttrocken
BAFA	Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle
BauGB	Baugesetzbuch
BayDSG	Bayerisches Datenschutzgesetz
BaySF	Bayerische Staatsforsten
BDSG	Bundesdatenschutzgesetz
BayBO	Bayerische Bauordnung
BG	Biogas
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
BIP	Bruttoinlandsprodukt
BTF	Bauteilfläche
BWZK	Bauwerkzuordnungskatalog
BZE	Bezugseinheit
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COP	„Coefficient of Performance“ (Leistungszahl)
DFK	Digitale Flurkarte
DHH	Doppelhaushälfte
EEWärmeG	Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
ENP	Energienutzungsplan
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
Erw.	Erwerbstätige
EU	Europäische Union
EVU	Energieversorgungsunternehmen
EZB	Europäische Zentralbank
FFA	Freiflächenanlage
FM	Frischmasse
FNP	Flächennutzungsplan
G	Gewerbe
GHD	Gewerbe, Handel, Dienstleistung
GIS	Geographisches Informationssystem
GMH	großes Mehrfamilienhaus
GO	Gemeindeordnung
GuD	Gas-und-Dampf-Kombikraftwerk
HeizAnIV	Heizungsanlagenverordnung
H <sub>2</sub>	Wasserstoff
H <sub>i</sub>	Heizwert
H <sub>s</sub>	Brennwert
HH	Hochhaus
HÖ	Heizöl
HKW	Heizkraftwerk
HW	Heizwerk
I	Industrie
JAZ	Jahresarbeitszahl
K	Kelvin
KEA	kumulierter Energieaufwand
KEV	kumulierter Energieverbrauch
KH	Kohlenhydrate
KL	kommunale Liegenschaft
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCA	„Life Cycle Assessment“ (Lebenszyklusanalyse)

LfStaD	Landesamt für Statistik und Datenverarbeitung
lutro	lufttrocken
LVG	Landesamt für Vermessung und Geoinformation
M	Mischnutzung
MFH	Mehrfamilienhaus
Min.	Minute
NTH	Niedertemperatur-Heizsystem
OK	Otto-Kraftstoff
ORC	Organic Ranking Cycle
PAFC	„Phosphoric Acid Fuel Cell“ (Phosphorsäure-Brennstoffzelle)
PÖ	Pflanzenöl
PPP	Public Private Partnership
PV	Photovoltaik
RH	Reihenhaus
Si	Silizium
spez.	spezifisch
ST	Siedlungstyp
U-Wert	Wärmedurchgangskoeffizient
VKM	Verbrennungs-Kraft-Maschinen
VOC	„Volatile Organic Compounds“ (flüchtige organische Verbindungen)
w	Wassergehalt
W	Wohnen
WE	Wohneinheit
WKM	Wärme-Kraft-Maschinen
WärmeschutzVO	Wärmeschutzverordnung
WP	Wärmepumpe

## Verwendete Einheiten

a	Jahr
ct	Cent
°C	Grad Celsius
g	Gramm
Gew. %	Gewichtsprozent
h	Stunde
ha	Hektar
K	Kelvin
kcal	Kilokalorie
kJ	Kilojoule
km	Kilometer
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunden
kWh <sub>el</sub>	Kilowattstunden elektrisch
kWh <sub>th</sub>	Kilowattstunden thermisch
l	Liter
m	Meter
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>2</sup> <sub>GF</sub>	Quadratmeter Grundfläche
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
t	Tonnen
t <sub>FM</sub>	Tonnen Frischmasse
Vol. %	Volumenprozent
W	Watt
µm	Mikrometer

# Quellen- und Literaturverzeichnis

- [1] Bayerische Staatsregierung: BayernViewer, URL: <http://www.geodaten.bayern.de/BayernViewer2.0/index.cgi> [Stand: 28.09.2009]
- [2] Bing, URL: <http://www.bing.com/maps/>
- [3] Google Maps, URL: <http://www.maps.google.de>
- [4] Google Earth, URL: <http://www.google.com/earth/index.html>
- [5] Ornth, W.: Bekanntmachung der Regeln für Datenaufnahme und Datenverwendung im Wohngebäudebestand, Berlin 2007, URL: [http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/DL2\\_WG-Datenaufnahme-Wohngebaeudebestand.pdf](http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/DL2_WG-Datenaufnahme-Wohngebaeudebestand.pdf) [Stand: 28.10.2009]
- [6] Blesl, M.: Räumlich hoch aufgelöste Modellierung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme zur Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs, IER-Forschungsbericht Band 92, Stuttgart 2002, URL: <http://elib.uni-stuttgart.de/opus/volltexte/2002/1193/pdf/FB92.pdf> [Stand: 27.10.2009]
- [7] Neuffer, H. / Witterhold, F. G.: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, AGFW-Hauptstudie – erster Bearbeitungsabschnitt, Band 2: Wärmeversorgung des Gebäudebestandes + Technologieentwicklung und –bewertung, Frankfurt/M. 2001, URL: <http://www.agfw.de/86.0.html> [Stand: 28.10.2009]
- [8] Roth, U.: Raumordnung, Wechselwirkungen zwischen der Siedlungsstruktur und Wärmeversorgungssystemen, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau, Forschungsprojekt BMBau, Bonn 1980
- [9] Born, R. / Diefenbach, N. / Loga, T., Institut Wohnen und Umwelt GmbH (IWU): Energieeinsparung durch Verbesserung des Wärmeschutzes und Modernisierung der Heizungsanlage für 31 Musterhäuser der Gebäudetypologie, Studie im Auftrag des Impulsprogramms Hessen, Endbericht, Darmstadt 2003, URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/GebTyp\\_Impulsprogramm\\_Hessen\\_22\\_01\\_2003.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/GebTyp_Impulsprogramm_Hessen_22_01_2003.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [10] Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Deutsche Gebäudetypologie – Systematik und Datensätze, Dokumentation, Darmstadt 2003, URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/Gebaeudetypologie\\_Deutschland.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/Gebaeudetypologie_Deutschland.pdf) [Stand: 10.02.2011]
- [11] Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Deutsche Gebäudetypologie – Bilder typischer Gebäude, Darmstadt, 2003, URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/IWU\\_GebTyp\\_D.zip](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/IWU_GebTyp_D.zip) [Stand: 27.10.2009]
- [12] Neuffer, H. / Witterhold, F.G.: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, AGFW-Hauptstudie – zweiter Bearbeitungsabschnitt, Band 1: Wirtschaftliche Rahmendaten - Räumlich verteilter Energiebedarf - digitale Wärmekarte, Frankfurt/M. 2001, URL: <http://www.agfw.de/86.0.html> [Stand: 28.10.2009]
- [13] Neuffer, H. / Witterhold, F.G.: Strategien und Technologien einer pluralistischen Fern- und Nahwärmeversorgung in einem liberalisierten Energiemarkt unter besonderer Berücksichtigung der Kraft-Wärme-Kopplung und erneuerbarer Energien, AGFW-Hauptstudie – zweiter Bearbeitungsabschnitt, Band 3: Zukunft der KWK und der Fernwärme – Modellgestützte Hochrechnungen – vergleichende Betrachtungen – Zukünftige Anforderungen, Frankfurt/M. 2004, URL: <http://www.agfw.de/86.0.html> [Stand: 28.10.2009]
- [14] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): Erneuerbare Energien - Innovationen für eine nachhaltige Energiezukunft, 7. Auflage, Berlin 2009, URL: [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/44732.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/44732.php) [Stand: 14.12.2010]
- [15] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA): VDI 3807, Blatt 2, Energieverbrauchskennwerte für Gebäude, Heizenergie- und Stromverbrauchskennwerte, 1997, URL: <http://www.vdi.de/4349.0.html> [Stand: 28.10.2009]
- [16] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA): VDI 2067, Blatt 1, Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen - Grundlagen und Kostenberechnung, 2010, URL: <http://www.vdi.de/4369.0.html> [Stand: 28.10.2009]

- [17] Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Gradtagszahlen in Deutschland, Darmstadt 2009, URL: [http://www.iwu.de/datei/Gradtagszahlen\\_Deutschland.xls](http://www.iwu.de/datei/Gradtagszahlen_Deutschland.xls) [Stand: 27.10.2009]
- [18] Schlomann, B. / Geiger, B. / Herzog, T.: Energieverbrauch des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (GHD) für die Jahre 2004 bis 2006, Karlsruhe/München/Nürnberg 2008, URL: <http://www.bmwi.de/Dateien/Energieportal/PDF/energieverbrauch-des-sektors-ghd-abschlussbericht,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 28.10.2009]
- [19] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hg.): Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen, Augsburg 2007, URL: [http://www.lfu.bayern.de/energie/co2\\_minderung/doc/leitfaden\\_abwaermenutzung.pdf](http://www.lfu.bayern.de/energie/co2_minderung/doc/leitfaden_abwaermenutzung.pdf) [Stand: 10.02.2011]
- [20] Blesl, M. et al.: Wärmeatlas Baden-Württemberg, Erstellung eines Leitfadens und Umsetzung für Modellregionen, Forschungsbericht FZKA-BWPLUS, Stuttgart 2008, URL: <http://bwplus.fzk.de/berichte/SBer/BWK25007Sber.pdf> [Stand: 27.10.2009]
- [21] Ornth, W.: Bekanntmachung der Regeln für Energieverbrauchskennwerte und der Vergleichswerte im Nichtwohngebäudebestand, Berlin 2007, URL: [http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/DL3\\_NWG-Regeln-Energieverbrauchskennwerten.pdf](http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/energieausweis/DL3_NWG-Regeln-Energieverbrauchskennwerten.pdf) [Stand: 28.10.2009]
- [22] Gesellschaft für Energieplanung und Systemanalyse m. b. H. (ages): Verbrauchskennwerte 2005, Energie- und Wasserverbrauchskennwerte in der Bundesrepublik Deutschland, Forschungsbericht der ages GmbH, Münster 2007
- [23] Amtsblatt der Europäischen Union, 18.6.2010, L 153/13: Richtlinie 2010/31/EU des europäischen Parlaments und des Rates vom 19. Mai 2010 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), URL: <http://www.enev-online.de/epbd/2010/index.htm> [Stand: 14.12.2010]
- [24] Gesetz über den Aufbau und die Führung eines Statistikregisters (Statistikregistergesetz - StatRegG) Ausfertigungsdatum: 16.06.1998
- [25] Bundesverband der deutschen Gas- und Wasserwirtschaft (BGW): BGW Praxisinformation P 2007 / 13 Gastransport / Betriebswirtschaft: Abwicklung von Standardlastprofilen, Bonn 2007
- [26] Hellwig, M.: Entwicklung und Anwendung parametrisierter Standard-Lastprofile, Dissertation, München 2003
- [27] Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V.: Energieverbrauch in Deutschland im Jahr 2007, Berlin 2007, URL: <http://www.ag-energiebilanzen.de> [Stand: 28.10.2009]
- [28] Frondel, M. et al., Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI Essen) / forsa Gesellschaft für Sozialforschung und statistische Analysen mbH, Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (Auftraggeber): Erhebung des Energieverbrauchs der privaten Haushalte für das Jahr 2005, Essen 2008, URL: <http://www.bmwi.de/Dateien/BMWi/PDF/endbericht-erhebung-des-energieverbrauchs-private-haushalte-2005,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=de,rwb=true.pdf> [Stand: 17.12.2010]
- [29] Bayerische Staatsregierung: Energie-Atlas Bayern, URL: <http://www.energieatlas.bayern.de> [Stand: 13.12.2010]
- [30] Hadamovsky, H.-F. / Jonas, D.: Solaranlagen, Würzburg 2000
- [31] Valentin Energiesoftware GmbH: Online Solarberechnung von Thermischen Solaranlagen, URL: <http://www.valentin.de> [Stand: 10.02.2011]
- [32] ARGE Monitoring PV-Anlagen, Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Auftraggeber): Leitfaden zur Berücksichtigung von Umweltbelangen bei der Planung von PV-Freiflächenanlagen, Stand 28.11.2007, Hannover 2007, URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv\\_leitfaden.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv_leitfaden.pdf) [Stand: 16.12.2010]
- [33] ARGE Monitoring PV-Anlagen, Bundesumweltministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Auftraggeber): Monitoring zur Wirkung des novellierten EEG auf die Entwicklung der Stromerzeugung aus Solarenergie, insbesondere der Photovoltaik-Freiflächen, Bericht, Hannover 2007, URL: [http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv\\_bericht\\_end.pdf](http://www.bmu.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/pv_bericht_end.pdf) [Stand: 16.12.2010]



- [34] Müller, A.: Entwicklung von Methoden zur Ermittlung des Solarpotentials auf kommunaler Ebene, Master Thesis, München 2009
- [35] Meteotest: Meteororm, URL: <http://www.meteororm.com> [Stand: 28.09.2009]
- [36] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Bayerischer Solaratlas, München 2010, URL: [http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Bayerischer\\_Solaratlas.pdf](http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Bayerischer_Solaratlas.pdf) [Stand: 10.12.2010]
- [37] Rauh S. / Heißenhuber A.: Nahrung vs. Energie - Analyse der Konkurrenzbeziehungen, Vortrag anlässlich der 48. Jahrestagung der GEWISOLA „Risiken in der Agrar- und Ernährungswirtschaft und ihre Bewältigung“, Bonn 2008, URL: <http://www.ilr1.uni-bonn.de/gewisola08/downloads/Beitraege/Rauh.pdf> [Stand: 28.10.2009]
- [38] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Handbuch Herstellung von Rapsölkraftstoff in dezentralen Ölgewinnungsanlagen, Gülzow 2009, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_300-rapsoelkraftstoff\\_2009b.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_300-rapsoelkraftstoff_2009b.pdf) [Stand: 16.12.2010]
- [39] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Leitfaden Bioenergie, Planung, Betrieb und Wirtschaftlichkeit von Bioenergieanlagen, Gülzow 2007, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_189leitfaden\\_2005.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_189leitfaden_2005.pdf) [Stand: 28.10.2009]
- [40] Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE), Energierferat der Stadt Frankfurt (Hg.): BHKW Kenndaten 2005, Frankfurt 2005, URL: <http://asue.de/cms/upload/inhalte/blockheizkraftwerke/broschuere/BHKW-Kenndaten-2005.pdf> [Stand: 28.09.2009]
- [41] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Biogas Basisdaten Deutschland, Gülzow 2008, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_185-v8-basisdaten\\_biogas\\_2010\\_finale-fassung.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_185-v8-basisdaten_biogas_2010_finale-fassung.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [42] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Biogas - Eine Einführung, 6. überarbeitete Auflage, Gülzow 2009, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_175-fnr-\(2009\)-biogas-eine-einfuehrung.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_175-fnr-(2009)-biogas-eine-einfuehrung.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [43] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung, Gülzow 2006, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/HR\\_Biogas.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/HR_Biogas.pdf) [Stand: 10.02.2011]
- [44] Kaltschmitt, M. et al.: Energiegewinnung aus Biomasse, Externe Expertise für das WBGU-Hauptgutachten „Welt im Wandel: Energiewende zur Nachhaltigkeit“ Berlin, Heidelberg 2003, URL: [http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2003/wbgu\\_jg2003\\_ex04.pdf](http://www.wbgu.de/fileadmin/templates/dateien/veroeffentlichungen/hauptgutachten/jg2003/wbgu_jg2003_ex04.pdf) [Stand: 28.10.2009]
- [45] Sachverständigenrat für Umweltfragen: Klimaschutz durch Biomasse, Sondergutachten Hausdruck 2007, URL: [http://www.umweltrat.de/cln\\_111/SharedDocs/Downloads/DE/02\\_Sondergutachten/2007\\_SG\\_Biomasse\\_Buch.html](http://www.umweltrat.de/cln_111/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2007_SG_Biomasse_Buch.html) [Stand: 28.20.2009]
- [46] Bayerisches Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz (StMUG) / Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Oberflächen-nahe Geothermie, Heizen und Kühlen mit Energie aus dem Untergrund, Ein Überblick für Bauherren, Planer und Fachhandwerker in Bayern, München 2007, URL: <http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Geothermie.pdf> [Stand: 10.02.2011]
- [47] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Bayerischer Geothermieatlas, München 2010, URL: [http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie-und-rohstoffe/Bayerischer\\_Geothermieatlas.pdf](http://www.stmwivt.bayern.de/pdf/energie-und-rohstoffe/Bayerischer_Geothermieatlas.pdf) [Stand: 13.10.2009]
- [48] Bundesverband WärmePumpe (BWP) e.V., Deutsche Bundesstiftung Umwelt, Arbeitsgemeinschaft für sparsame Energie- und Wasserverwendung (ASEW) GbR im Verband kommunaler Unternehmen, Institut Energie in Infrastrukturanlagen (Hg.): Heizen und Kühlen mit Abwasser, Ratgeber für Bauherren und Kommunen, Zürich 2005, URL: [http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Flyer-Broschueren/abwasser\\_2009.pdf](http://www.waermepumpe.de/fileadmin/grafik/pdf/Flyer-Broschueren/abwasser_2009.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [49] Schinnerl, D. / Bucar, G. (Grazer Energieagentur GmbH) / Piller, S. / Unger, F. (Berliner Energieagentur GmbH): Abwasserwärmenutzung, Leitfaden zur Projektentwicklung, Graz 2007, URL: [http://www.grazer-ea.at/cms/upload/wastewaterheat/gea\\_abwasserwaermenutzung\\_leitfaden\\_web\\_austria\\_2007.pdf](http://www.grazer-ea.at/cms/upload/wastewaterheat/gea_abwasserwaermenutzung_leitfaden_web_austria_2007.pdf) [Stand: 16.12.2010]

- [50] Buri, R. / Kobel B., Bundesamt für Energie, Schweiz (Auftraggeber): Wärmenutzung aus Abwasser, Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen, Bern 2004, URL: [http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de\\_345276506.pdf](http://www.bfe.admin.ch/php/modules/publikationen/stream.php?extlang=de&name=de_345276506.pdf) [Stand: 27.10.2009]
- [51] Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie (StMWIVT) (Hg.): Bayerischer Windatlas, München 2010, URL: [http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Bayerischer\\_Windatlas.pdf](http://www.stmwivt.bayern.de/fileadmin/Web-Dateien/Dokumente/energie-und-rohstoffe/Bayerischer_Windatlas.pdf) [Stand: 10.12.2010]
- [52] Runge, K: Repowering von Windenergieanlagen und Abstandsempfehlungen der Länder, URL: [http://www.oecos.com/Runge-Repowering-HbE-4\\_1\\_06.pdf](http://www.oecos.com/Runge-Repowering-HbE-4_1_06.pdf) [Stand: 20.12.2010]
- [53] Internationales Wirtschaftsforum Regenerative Energien (IWR): Planungsaspekte im Vorfeld von WEA-Vorhaben, URL: [http://www.iwr.de/wind/raum/r\\_vorgab.html](http://www.iwr.de/wind/raum/r_vorgab.html) [Stand: 20.12.2010]
- [54] Deutsche WindGuard GmbH, Windenergieagentur Bremen/Bremerhaven e.V. (Auftraggeber), Bundesverband Windenergie e.V. (Auftraggeber): Auswirkungen neuer Abstandsempfehlungen auf das Potenzial des Repowering am Beispiel ausgesuchter Landkreise und Gemeinden, Varel 2005, URL: [http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen\\_A-Z/Repowering/WAB-WindGuard\\_Repowering\\_Studie.pdf](http://www.wind-energie.de/fileadmin/dokumente/Themen_A-Z/Repowering/WAB-WindGuard_Repowering_Studie.pdf)
- [55] Bundesverband Windenergie e.V., URL: <http://www.wind-energie.de/> [Stand: 16.12.2010]
- [56] Deutscher Städte- und Gemeindebund: DStGB Dokumentation N°94, Repowering von Windenergieanlagen – Kommunale Handlungsmöglichkeiten, Berlin 2009, URL: [http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitfaden\\_repowering.pdf](http://www.erneuerbare-energien.de/files/pdfs/allgemein/application/pdf/leitfaden_repowering.pdf) [Stand: 20.12.2010]
- [57] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern: Energie und Ortsplanung, Arbeitsblätter für die Bauleitplanung Nr. 17, München 2010, URL: <http://www.stmi.bayern.de/bauen/baurecht/staedtebau/17122/> [Stand: 10.12.2010]
- [58] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN SPEC 4701-10/A1, Energetische Bewertung heiz- und raumlufttechnischer Anlagen - Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung; Änderung A1, Berlin 2009
- [59] Umweltbundesamt, Ökoinstitut e.V.: Prozessorientierte Basisdaten für Umweltmanagement-Instrumente (PROBAS), URL: <http://www.probas.umweltbundesamt.de> [Stand: 30.06.2010]
- [60] Ökoinstitut e.V.: Globales Emissions-Modell Integrierter Systeme (GEMIS), Version 4.5, URL: <http://www.oeko.de/service/gemis/de/index.htm> [Stand: 30.06.2010]
- [61] Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS): Ökobau.dat, URL: <http://www.nachhaltigesbauen.de/baustoff-und-gebaeuedaten/oekobaudat.html> [Stand: 21.06.2010]
- [62] C.A.R.M.E.N e.V.: Preisentwicklung bei Hackschnitzeln, Pellets, Heizöl, Erdgas und Scheitholz von 2003-10, URL: <http://www.carmen-ev.de> [Stand: 29.06.2010]
- [63] Hoppenbrock, C. / Albrecht, A.-K., deENET Geschäftsstelle: Diskussionspapier zur Erfassung regionaler Wertschöpfung in 100%-EE-Regionen, Grundlagen und Anwendung am Beispiel der Fotovoltaik, Kassel 2009, URL: [http://www.100-ee.de/fileadmin/Redaktion/Downloads/Schriftenreihe/Arbeitsmaterialien\\_100EE\\_Nr\\_2.pdf](http://www.100-ee.de/fileadmin/Redaktion/Downloads/Schriftenreihe/Arbeitsmaterialien_100EE_Nr_2.pdf) [Stand: 21.06.2010]
- [64] Loga, T. et al., Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Querschnittbericht, Energieeffizienz im Wohngebäudebestand, Techniken, Potenziale, Kosten und Wirtschaftlichkeit, Darmstadt 2007, URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/klima\\_altbau/IWU\\_QBer\\_EnEff\\_Wohngeb\\_Nov2007.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/klima_altbau/IWU_QBer_EnEff_Wohngeb_Nov2007.pdf) [Stand: 15.06.2010]
- [65] Deutsche Energieagentur GmbH (dena): Zukunftshaus, URL: <http://www.zukunft-haus.info> [Stand: 15.06.2010]
- [66] Schulze Darup, B., FIZ Karlsruhe, BINE Informationsdienst, Solarpraxis (Hg.): Bine Informationspaket, Energieeffiziente Wohngebäude, 3. vollständig überarbeitete Auflage, Karlsruhe 2009
- [67] Voss, K. et al., FIZ Karlsruhe GmbH (Hg.): Bürogebäude mit Zukunft, 2. Auflage, Karlsruhe 2007

- [68] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hg.): Effiziente Energienutzung in Bürogebäuden, Planungsleitfaden, Augsburg 2008, URL: [http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL\(index.htm,APGxNODENR:1325,USERxBODYURL:artdtl.htm,AARTxNR:lfu\\_klima\\_00053\)=X](http://www.bestellen.bayern.de/application/applstarter?APPL=STMUG&DIR=stmug&ACTIONxSETVAL(index.htm,APGxNODENR:1325,USERxBODYURL:artdtl.htm,AARTxNR:lfu_klima_00053)=X) [Stand: 10.02.2011]
- [69] Schulze Darup, B.: Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10, Osnabrück 2008, URL: <http://www.dbu.de/phpTemplates/publikationen/pdf/120810035329hvp.pdf> [Stand: 17.12.2010]
- [70] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern: Modernisieren und sparen, Energieeinsparung und Klimaschutz (Hg.), München 2006, URL: [http://www.stmi.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/wohnungswesen/planung/merkblatt/obb\\_modernisieren\\_und\\_sparen.pdf](http://www.stmi.bayern.de/imperia/md/content/stmi/bauen/wohnungswesen/planung/merkblatt/obb_modernisieren_und_sparen.pdf) [Stand: 15.06.2010]
- [71] Deutsche Energieagentur GmbH (dena): Leitfaden „Energieeinsparung und Denkmalschutz“, Prüfung von Ausnahmen bei Förderung im KfW-Programm „Energieeffizient Sanieren“, Version 1.4, Berlin 2010, URL: [http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/niedrigenergiehaus/Denkmalschutz/Leitfaden\\_Denkmalschutz-1.4\\_Stand\\_09-2010.pdf](http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/niedrigenergiehaus/Denkmalschutz/Leitfaden_Denkmalschutz-1.4_Stand_09-2010.pdf) [Stand: 17.12.2010]
- [72] Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege (Hg.): Energetische Modernisierung und Denkmalpflege, München 2009, URL: <http://www.verwaltung.bayern.de/Anlage3997382/EnergetischeModernisierungundDenkmalpflege.pdf> [Stand: 15.06.2010]
- [73] Institut Wohnen und Umwelt (IWU): IWU-Rating-Tool, URL: <http://www.iwu.de/downloads/fachinfos/altbausanierung/iwu-rating-tool/> [Stand: 02.07.2010]
- [74] Enseling, A., Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Leitfaden zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Energiesparinvestitionen im Gebäudebestand, Darmstadt 2003, URL: [http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/documents/berechnung\\_neue\\_projekte/leitfaden\\_wirtschaftlichkeit.pdf](http://www.zukunft-haus.info/fileadmin/zukunft-haus/documents/berechnung_neue_projekte/leitfaden_wirtschaftlichkeit.pdf) [Stand: 18.06.2010]
- [75] Statistisches Bundesamt Deutschland: Wohnsituation, Wohneinheiten in Gebäuden mit Wohnraum nach dem Baujahr 2006, URL: <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/BauenWohnen/Wohnsituation/Tabellen/Content75/WohneinheitennachBaujahr,templated=renderPrint.psm1> [Stand: 17.06.2010]
- [76] Friedrich, M. et al., co2online gemeinnützige GmbH, Fraunhofer-Institut für Bauphysik, Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (Hg.): CO<sub>2</sub> Gebäudereport 2007, Berlin 2007, URL: <http://www.bmvbs.de/cae/servlet/contentblob/45040/publicationFile/1460/co2-gebuedereport-langfassung.pdf> [Stand: 17.12.2010]
- [77] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2009 Teil I Nr. 23, Verordnung zur Änderung der Energieeinsparverordnung vom 29. April 2009, Bonn 2009, URL: [http://www.enev-online.org/enev\\_2009\\_volltext/enev\\_2009\\_0\\_090430\\_bundesgesetzblatt\\_amtliche\\_fassung leseversion.pdf](http://www.enev-online.org/enev_2009_volltext/enev_2009_0_090430_bundesgesetzblatt_amtliche_fassung leseversion.pdf) [Stand: 15.06.2010]
- [78] Tuschinski, M.: Energieausweis und EnEV 2009, Die neue Energieeinsparverordnung für Gebäude, Überblick, Informationen, Checklisten und Hinweise für Energieberater, Architekten, Planer, Bauherren, Mieter und Verwalter von Gebäuden, 1. Auflage, Stuttgart 2010, URL: [http://service.enev-online.de/bestellen/tuschinski\\_100422\\_kurzinfo\\_energieausweis\\_enev2009.pdf](http://service.enev-online.de/bestellen/tuschinski_100422_kurzinfo_energieausweis_enev2009.pdf) [Stand: 15.06.2010]
- [79] Müller, W.: Energieeinsparung durch positive Beeinflussung des Nutzerverhaltens in öffentlichen Gebäuden, Energie und Umwelt - Kommunales Energiemanagement (KEM) der Stadt Nürnberg, URL: [http://www.energiekommunal.de/uploads/media/Nuernberg\\_Mueller\\_Nutzerverhalten.pdf](http://www.energiekommunal.de/uploads/media/Nuernberg_Mueller_Nutzerverhalten.pdf)
- [80] Marx, G.: Kann Nutzerverhalten Energieeinsparung bewirken? Erfahrungen der EnergieAgentur.NRW aus der Arbeit mit Verwaltungen, Wuppertal, URL: [http://www.naturgut-ophoven.de/fileadmin/bilder/Presse/Vortrag\\_Marx\\_Energieagentur.ppt](http://www.naturgut-ophoven.de/fileadmin/bilder/Presse/Vortrag_Marx_Energieagentur.ppt)
- [81] Richter, W. et al., Technische Universität Dresden, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung: Einfluss des Nutzerverhaltens auf den Energieverbrauch in Niedrigenergie- und Passivhäusern, Kurzbericht, Dresden 2002, URL: [http://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf\\_d\\_bfp\\_63.pdf](http://www.irbnet.de/daten/kbf/kbf_d_bfp_63.pdf) [Stand: 20.12.2010]
- [82] Schaidhauf, R.: Systemanalyse der energetischen Nutzung von Biomasse; Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 6, Nr. 404, 1998

- [83] Deutsche Energieagentur GmbH (dena): Initiative Energieeffizienz, URL: <http://www.stromeffizienz.de/stromsparen/waerme/heizung.html> [Stand: 16.09.2010]
- [84] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU): Kampagne Energieeffizienz, URL: <http://www.lfu.bayern.de/energieeffizienz/heizungspumpe/index.htm> [Stand: 16.09.2010]
- [85] Umweltbundesamt, Presse-Information 086/2008: Klimaschutz: EU beschließt das schrittweise Aus für die Glühlampe ab Ende 2009, URL: [http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2008/pd08-086\\_klimaschutz\\_eu\\_beschliesst\\_das\\_schrittweise\\_aus\\_fuer\\_die\\_gluehlampe\\_ab\\_ende\\_2009.htm](http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-presse/2008/pd08-086_klimaschutz_eu_beschliesst_das_schrittweise_aus_fuer_die_gluehlampe_ab_ende_2009.htm) [Stand: 20.12.2010]
- [86] Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (Hg.): Handbuch - Bioenergie-Kleinanlagen, 2. vollständig überarbeitete Auflage, Gülzow 2007, URL: [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_278Bioenergie\\_Kleinanlagen\\_2007.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_278Bioenergie_Kleinanlagen_2007.pdf) [Stand: 16.12.2010]
- [87] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hg.): Energieeffizienz – die intelligente Energiequelle - Tipps für Industrie und Gewerbe, Berlin 2009, URL: <http://www.bmu.de/energieeffizienz/downloads/doc/37936.php> [Stand: 17.12.2010]
- [88] Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hg.): Leitfaden für effiziente Energienutzung in Industrie und Gewerbe, Augsburg 2009, URL: [http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu\\_klima\\_00022.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/lfu_klima_00022.htm) [Stand: 16.09.2010]
- [89] Milles, U., FIZ Karlsruhe GmbH (Hg.): Kraft und Wärme Koppeln, Karlsruhe, Bonn Oktober 2006, URL: [http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis\\_Energie/Basis\\_Energie\\_Nr.\\_21/basis21internetx.pdf](http://www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Basis_Energie/Basis_Energie_Nr._21/basis21internetx.pdf) [Stand: 17.12.2010]
- [90] Struschka, M. et al., Umweltbundesamt (UBA) (Hg.): Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung, Dessau-Roßlau, 2008, URL: <http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3677.pdf> [Stand: 17.12.2010]
- [91] Neugebauer, G. et al., Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft (LWF): Hackschnitzel auf dem Vormarsch - Umfrage bei bayerischen Biomasseheizwerken – Material und Kosten, LWF aktuell 48/2004, Freising 2005, URL: [http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/48/lwf-aktuell\\_48-04.pdf](http://www.lwf.bayern.de/veroeffentlichungen/lwf-aktuell/48/lwf-aktuell_48-04.pdf) [Stand: 17.12.2010]
- [92] Diefenbach, N. et al., Institut Wohnen und Umwelt (IWU): Energetische Kenngrößen für Heizungsanlagen im Bestand, Darmstadt 2002, URL: [http://www.iwu.de/fileadmin/user\\_upload/dateien/energie/werkzeuge/IWU\\_Anlagenkennwerte\\_Bestand.pdf](http://www.iwu.de/fileadmin/user_upload/dateien/energie/werkzeuge/IWU_Anlagenkennwerte_Bestand.pdf) [Stand: 17.12.2010]
- [93] Hausladen, G. / Tichelmann, K.: Ausbau Atlas, München 2009
- [94] Erdwaermepumpe.de - Das Verbraucherportal, URL: <http://www.erdwaermepumpe.de> [Stand: 03.08.2010], Berlin 2010
- [95] Universität Stuttgart, Institut für Thermodynamik und Wärmetechnik, Arbeitsgruppe Solar unterstützte Nahwärme, URL: <http://www.itw.uni-stuttgart.de/abteilungen/rationelleEnergie/sun.php> [Stand: 12.06.2010]
- [96] Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg: Foliensatz - Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, Stuttgart 2008, URL: <http://www.wm.baden-wuerttemberg.de/fm7/1106/Solarthermie-Foliensatz.PDF> [Stand: 20.12.2010]
- [97] Lutz, H.-P, Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg (Hg.): Thermische Solaranlagen zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung, Stuttgart 2008, URL: [http://www.baden-wuerttemberg.de/fm7/1899/071018\\_Solarthermie.pdf](http://www.baden-wuerttemberg.de/fm7/1899/071018_Solarthermie.pdf) [20.12.2010]
- [98] Gesellschaft für Energiemanagement (GfEM): Kennziffernkatalog, Investitionsvorbereitung in der Energiewirtschaft, Ausgabe 2004, Neuenhagen/Berlin 2004
- [99] Energie Wasser Luzern (EWL): Infoblatt Vergleich Solar, URL: <http://www.ewl-luzern.ch/upload/docs/pdf/InfoblattVergleichSolar.pdf> [Stand: 24.11.2009]
- [100] BEER, M., Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V. (FfE): CO<sub>2</sub>-Vermeidungskosten erneuerbarer Energietechnologien, Verband der bayerischen Elektrizitätswirtschaft (VBEW) (Auftraggeber), München 2005

- [101] Klobasa, M./ Ragwitz, M., Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (ISI), Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (Auftraggeber): Gutachten zur CO<sub>2</sub>-Minderung durch den Einsatz erneuerbarer Energien, Bericht für die Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien Statistik (AGEE-Stat), Karlsruhe 2005, URL: [http://www.bmu.de/files/erneuerbare\\_energien/downloads/application/pdf/gutachten\\_co2\\_minderung.pdf](http://www.bmu.de/files/erneuerbare_energien/downloads/application/pdf/gutachten_co2_minderung.pdf) [Stand: 20.12.2010]
- [102] Solarserver: Photovoltaik: Solarstrom und Solarzellen in Theorie und Praxis, URL: <http://www.solarserver.de/wissen/basiswissen/photovoltaik.html> [Stand: 30.09.2009]
- [103] Bundesverband Solarwirtschaft: Preisindex Photovoltaik, URL: <http://www.solarwirtschaft.de/preisindex> [Stand: 20.12.2010]
- [104] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) (Hg.): Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung, Berlin 2010
- [105] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Erneuerbare Energien - Innovationen für die Zukunft. 5. Auflage, Berlin 2004
- [106] Baugesetzbuch in der Fassung der Bekanntmachung vom 23. September 2004, URL: <http://www.umweltdigital.de/nd/2800/vorschrift.html> [Stand: 16.09.2010]
- [107] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2008 Teil I Nr. 36, vom 18. August 2008, S. 1658: Gesetz zur Förderung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich (Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz – EEWärmeG), URL: [http://www.bmu.de/erneuerbare\\_energien/downloads/doc/40512.php](http://www.bmu.de/erneuerbare_energien/downloads/doc/40512.php) [Stand: 29.07.2010]
- [108] Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007, URL: <http://www.innenministerium.bayern.de/bauen/baurecht/baurecht/> [Stand: 29.07.2010]
- [109] co2online gmbH: sparpumpe.de, Pumpenkampagne - Klimaschutz im Heizungskeller, URL: <http://www.sparpumpe.de/kampagne/kommunen/index.html> [Stand: 27.07.2010]
- [110] Deutsche Städte und Gemeindebund: Schwerpunkt Klimaschutz und Energieeffizienz, URL: [http://archiv.dstgb.de/homepage/artikel/schwerpunkte/klimaschutz\\_und\\_energieeffizienz/index.html](http://archiv.dstgb.de/homepage/artikel/schwerpunkte/klimaschutz_und_energieeffizienz/index.html) [Stand: 17.09.2010]
- [111] Agentur für Erneuerbare Energien: Kommunal Erneuerbar, URL: <http://www.kommunal-erneuerbar.de> [Stand: 22.07.2010]
- [112] Gesprächsrunde PPP (Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern) und PPP-Arbeitskreise (Geschäftsführung Bayerischer Bauindustrieverband) (Hg.): Public Private Partnership zur Realisierung öffentlicher Baumaßnahmen in Bayern, München 2005, URL: <http://www.innenministerium.bayern.de/bauen/themen/ppp/17220/> [Stand: 09.09.2010]
- [113] Deutsches Institut für Urbanistik GmbH (Difu): Servicestelle: Kommunaler Klimaschutz, URL: <http://www.kommunaler-klimaschutz.de> [Stand: 25.10.2010]
- [114] Deutsche Energieagentur GmbH (dena): Energieeffiziente Kommune, URL: <http://www.energieeffiziente-kommune.de/> [Stand: 25.10.2010]
- [115] Bundesgeschäftsstelle des European Energy Award®, URL: <http://www.european-energy-award.de> [Stand: 25.10.2010]
- [116] VKU Verband kommunaler Unternehmen e.V.: Thema Energiewirtschaft, URL: <http://www.vku.de/energie.html> [Stand: 17.09.2010]
- [117] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Klimaschutzinitiative, URL: <http://www.bmu-klimaschutzinitiative.de> [Stand: 25.10.2010]
- [118] KfW Bankengruppe: KfW Kommunalbank, URL: <http://www.kfw.de> [Stand: 25.10.2010]
- [119] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Marktanzreizprogramm, URL: <http://www.erneuerbare-energien.de/inhalt/41238/> [Stand: 25.10.2010]



- [120] KfW Bankengruppe: Förderung von Klimaschutz und nachhaltiger Energiepolitik für die Kommune der Zukunft, Abschlussbericht des Expertenkreises, Frankfurt am Main 2010, URL: [http://www.kfw.de/kfw/de/II/Download\\_Center/Fachthemen/Research/PDF-Dokumente\\_Sonderpublikationen/Expertenkreisbericht\\_Internet.pdf](http://www.kfw.de/kfw/de/II/Download_Center/Fachthemen/Research/PDF-Dokumente_Sonderpublikationen/Expertenkreisbericht_Internet.pdf) [Stand: 17.09.2010]
- [121] FIZ Karlsruhe GmbH: energiefoerderung.info, URL: <http://www.energiefoerderung.info> [Stand: 25.10.2010]
- [122] Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi): Förderdatenbank, Förderprogramme und Finanzhilfe des Bundes, der Länder und der EU, URL: <http://www.foerderdatenbank.de/> [Stand: 25.10.2010]
- [123] Bayerisches Landesamt für Umwelt: Förderfibel Umweltschutz, URL: <http://www.izu.bayern.de/foerder/> [Stand: 25.10.2010]
- [124] VKU Verband kommunaler Unternehmen e.V.: Stadtwerk der Zukunft IV, Konzessionsverträge Handlungsoptionen für Kommunen und Stadtwerke, Berlin 2010, URL: [www.vku.de/fileadmin/get/?3088/pub\\_konzessionsvertraege.pdf](http://www.vku.de/fileadmin/get/?3088/pub_konzessionsvertraege.pdf) [Stand: 17.12.2010]
- [125] Gladwell M.: Der Tipping Point. Wie kleine Dinge Großes bewirken können, Berlin 2000
- [126] mareg markt + region: Bürger- und Akteursbeteiligung in Energiewendeprozessen, URL: <http://www.markt-region.de/>, voraussichtlich verfügbar ab Anfang 2011
- [127] Groß, H. / Strohmeier, G. / Ukowitz, M.: Zukunftsgestaltung als Prozess, Kulturell nachhaltige Wirtschafts- und Lebensraumentwicklung am Beispiel des Kärntner Lavanttales, oekom Verlag, München 2009
- [128] Sernovitz, A.: Word of Mouth Marketing: How Smart Companies Get People Talking, Chicago: Kaplan Publishing 2006
- [129] Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz -EnWG), Ausfertigungsdatum: 07.07.2005
- [130] Weber, W.: Bayerischer Kommunalen Prüfungsverband - Geschäftsbericht 2009: Wegnutzungsverträge und Konzessionsabgaben in der Energieversorgung, München 2009
- [131] Sipilä, K. et al.: Technical features for heat trade in distributed energy generation, Helsinki 2005, URL: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2005/T2305.pdf> [Stand: 17.12.2010]
- [132] Schramek, E.-R. et al.: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 09/10, Oldenburg Industrieverlag München, München 2008
- [133] Neigert, M.: Fallstudie zur Konzeption kommunaler Wärmeversorgungssysteme, Diplomarbeit, München 2010
- [134] Verein Deutscher Ingenieure, VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung (TGA): VDI 6025, Betriebswirtschaftliche Berechnungen für Investitionsgüter und Anlagen, 1996, URL: [http://www.vdi.de/6788.0.html?&tx\\_vdirili\\_pi2\[showUID\]=91487](http://www.vdi.de/6788.0.html?&tx_vdirili_pi2[showUID]=91487) [Stand: 14.12.2010]

# Abbildungs-, Tabellen-, Flussdiagramm- und Infobox-Verzeichnis

Titelbild:	www.luftbild-service.com	I
Abb. 1.1:	Haupt-Handlungsfelder eines Energienutzungsplans	6
Abb. 2.1:	Raumbezogene Daten	9
Abb. 2.2:	Differenzierung des Gebäudebestands nach Nutzung und Gebäudetypen	11
Abb. 2.3:	Schritte bei der Erstellung eines Bearbeitungsrasters	12
Abb. 3.1:	Differenzierung der Energieströme bei der Wärmeversorgung am Beispiel eines Wohngebäudes	15
Abb. 3.2:	Schematische Darstellung eines Gebäudes mit Mischnutzung	16
Abb. 3.3:	Beispielhafte Anwendung der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung	19
Abb. 3.4:	Ermittlung einer Wärmebedarfsdichtekarte	26
Abb. 3.5:	Darstellung der Energieinfrastruktur	35
Abb. 3.6:	Schematische Darstellung der Solarenergienutzung in einem Gebäude (Solarthermie)	36
Abb. 3.7:	Beispiel für die graphische Ermittlung nutzbarer Dachflächen anhand von Luftbildern	38
Abb. 3.8:	Abschattungsbereich bei Flachdächern	38
Abb. 3.9:	Biomassennutzungsarten	40
Abb. 3.10:	Ausschnitt aus der Karte „Für oberflächennahe Geothermie nutzbare Wärmequellen und Wärmesenken“	42
Abb. 3.11:	Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Stromerzeugung	43
Abb. 3.12:	Gebiete in Bayern mit günstigen geologischen Verhältnissen für eine hydrothermale Wärmeerzeugung	43
Abb. 3.13:	Ausschnitt aus dem Windatlas Bayern für die Gemeinde Aying (Windgeschwindigkeiten, mittlere Jahreswerte in 80 m Höhe über Grund) sowie beispielhafte Darstellung eines Mindestabstands von 500 m zu den Hauptgebäuden	45
Abb. 4.1:	Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn aktuell	48
Abb. 4.2:	Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn aktuell, Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte unter 150 MWh/(ha·a)	48
Abb. 4.3:	Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn 20-Jahre-Zukunftsszenario	49
Abb. 4.4:	Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn 20-Jahre-Zukunftsszenario, Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte von weniger als 150 MWh/(ha·a)	49
Abb. 4.5:	Wärmebedarfsdichte Hohenbrunn, 20-Jahre-Zukunftsszenario, 50 % Abnahmequote, entspricht Ausschluss von Gebieten mit einer Wärmebedarfsdichte von weniger als 300 MWh/(ha·a)	49
Abb. 4.6:	Hohenbrunn, grundsätzlich für Wärmenetze geeignete und ungeeignete Gebiete	49
Abb. 4.7:	Energieinfrastruktur Hohenbrunn, bestehende Wärmenetze und größere Anlagen	50
Abb. 4.8:	Energieinfrastruktur Hohenbrunn. Gebiete ohne Handlungsbedarf, da regenerativ und/oder effizient betriebene Wärmenetze und größere Anlagen	50
Abb. 4.9:	Energieinfrastruktur Hohenbrunn, installierte genehmigungspflichtige Wärmepumpen nach Dichte je Rastereinheit	51
Abb. 4.10:	Ergebniskarte aus Schritt 1 und 2, Handlungsbedarf und Handlungsoptionen: „Aufbau von Wärmenetzen“, „Umstellung auf alternative, dezentrale Versorgungskonzepte“ und „kein Handlungsbedarf“	51
Abb. 4.11:	Priorisierung der Energieressourcen	53
Abb. 4.12:	Priorisierung der im Gemeindegebiet vorhandenen Energiepotenziale	54
Abb. 4.13:	Gebiet zum Aufbau eines Tiefengeothermie-Wärmenetzes, langfristige Erweiterungsmöglichkeit	54
Abb. 4.14:	Potenzial Energieholz Hohenbrunn, gesamt und bereits ausgeschöpft	55
Abb. 4.15:	Aufbau eines größeren Holz-Biomasse-Wärmenetzes	55
Abb. 4.16:	Hohenbrunn, für Abwasserwärmenutzung geeignete Kanalabschnitte	55
Abb. 4.17:	Grundsätzlich denkbare Strecken und Gebiete zur Abwasserwärmenutzung	55
Abb. 4.18:	Hohenbrunn, für Grundwasser-Wärmenutzung geeignete und ungeeignete Gebiete	56

Abb. 4.19:	Gebiete zur Versorgung durch Grundwasser-Wärmepumpen und Solarthermie	56
Abb. 4.20:	Gebiet zum Aufbau eines fossil betriebenen Nahwärmenetzes	56
Abb. 4.21:	Mögliches Wärmeversorgungskonzept für die Gemeinde Hohenbrunn	58
Abb. 4.22:	Lebenszyklusanalyse	59
Abb. 4.23:	Wertschöpfungsketten	60
Abb. 4.24:	typischer Jahres-Wärmelastgang von Wohngebäuden	64
Abb. 4.25:	Tagesgang der Stromlast und Prinzip des Lastmanagements	65
Abb. 4.26:	Beispiel einer Jahresdauerlinie bei Raumwärme und Brauchwarmwasserbedarf und Möglichkeit einer hybriden Auslegung der Erzeugungsanlagen	65
Abb. 4.27:	Vergleich der Brennstoffausnutzung bei Kraft-Wärme-Kopplung und bei getrennter Erzeugung	66
Abb. 4.28:	Zeitliche Entwicklung der Wirkungsgrade am Beispiel kleiner Festbrennstoffkessel	66
Abb. 4.29:	Übersicht der Wirkungsgrade verschiedener Stromerzeugungstechnologien in Abhängigkeit von der Leistung	67
Abb. 4.30:	Schematische Darstellung einer Wärmepumpe	69
Abb. 5.1:	Planungsinstrumente und Steuerungsmöglichkeiten	77
Abb. 6.1:	Paralleler Ablauf und Verknüpfung von Planungs- und Beteiligungsprozess	82
Tabelle 3.1:	Übersichtsmatrix zur Ermittlung des Wärmebedarfs/-verbrauchs	16
Tabelle 3.2:	Städtebauliche Merkmale und spezifische Wärmebedarfswerte (Heizwärme und Brauchwarmwasser, Nutzenergie) von Siedlungstypen	18
Tabelle 3.3:	Spezifische Heizwärmebedarfswerte (Nutzenergie) für Wohngebäude [kWh/m <sup>2</sup> a]	21
Tabelle 3.4:	Spezifische Brauchwarmwasserbedarfswerte für Wohngebäude [kWh/m <sup>2</sup> a]	21
Tabelle 3.5:	Spezifische Wärmebedarfswerte (Nutzenergie) für den Sektor	23
Tabelle 3.6:	Referenzstudien zur gebäudebezogenen Wärmebedarfsermittlung im Sektor GHD	24
Tabelle 3.7:	Zeitaufwand für die einzelnen Datenquellen	28
Tabelle 3.8:	Typische Vorlauftemperaturen zur Deckung des Wärmebedarfs auf der Verbraucherseite	31
Tabelle 3.9:	Typische Leistungen für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude	31
Tabelle 3.10:	Spezifische Stromverbrauchswerte GHD	33
Tabelle 3.11:	Richtwerte zu Solaranlagen	36
Tabelle 3.12:	Überschlägige Massen- und Wärmeerträge ausgewählter Energiepflanzen	41
Tabelle 3.13:	Richtwerte zur Energieerzeugung aus Biogas	41
Tabelle 3.14:	Überschlägige Massen- und Wärmeerträge ausgewählter biogener Reststoffe	41
Tabelle 3.15:	Beispielhafte Auslegungswerte bei der Nutzung oberflächennaher Geothermie	42
Tabelle 4.1:	Benötigte Primärenergiemenge (nicht erneuerbarer Energieanteil) zur Erzeugung von 1.000 kWh Wärme (Endenergie) je nach Energieträger und Technologie	52
Tabelle 4.2:	Durchschnittliche Steigerungsraten pro Jahr	60
Tabelle 4.3:	Kostenübersicht von Wärmeschutzmaßnahmen im Bestand	61
Tabelle 4.4:	Überblick über bauliche Maßnahmen bei Neubau und Bestand	62
Tabelle 4.5:	Nutzerverhalten - beispielhafte Maßnahmen	63
Tabelle 4.6:	Kosten Wärmeverteilung	64
Tabelle 4.7:	Richtwerte zu BHKW mit verschiedenen Antriebsaggregaten	67
Tabelle 4.8:	Richtwerte zu Feuerungsanlagen	68
Tabelle 4.9:	Jahresnutzungsgrade verschiedener Kesseltypen	69
Tabelle 4.10:	Richtwerte zu Wärmepumpen	69
Tabelle 4.11:	Richtwerte zu solarthermischen Anlagen	70
Tabelle 4.12:	Richtwerte zu Photovoltaikanlagen	70
Tabelle 4.13:	Richtwerte zu Windkraftanlage	71
Tabelle 4.14:	Richtwerte zu Kleinwasserkraftwerken	71
Tabelle 4.15:	Möglichkeiten der kommunalen Wärmeversorgung	72

Tabelle 6.1: Beteiligungsformate	86
Flussdiagramm 1.1: Phasen bei der Erstellung eines Energienutzungsplans	5
Flussdiagramm 3.1: Allgemeine Vorgehensweise bei der Bestands- und Potenzialanalyse	14
Flussdiagramm 3.2: Siedlungsbezogene Wärmebedarfsermittlung	19
Flussdiagramm 3.3: Gebäudebezogene Wärmebedarfsermittlung	21
Flussdiagramm 3.4: Gebäudebezogene Energiebedarfsermittlung im Sektor GHD	25
Flussdiagramm 3.5: Ermittlung der erforderlichen Höchst- und Grundlast je Rastereinheit	32
Flussdiagramm 3.6: Ermittlung des Solarpotenzials, Methode geringer Genauigkeit	37
Flussdiagramm 3.7: Ermittlung des Solarpotenzials, Methode hoher Genauigkeit	39
Flussdiagramm 4.1: Übersicht Konzeptentwicklung	46
Infobox 1.1: Begriffsdefinitionen	6
Infobox 1.2: Datenschutz	8
Infobox 3.1: Differenzierung zwischen Wärme- und Stromversorgung	15
Infobox 3.2: Verbrauchswerte	22
Infobox 3.3: Zukünftige Bedarfsszenarien	25
Infobox 3.4: Kältebedarf	26
Infobox 3.5: EEG-Anlagen	35
Infobox 3.6: PV-Freiflächenanlagen (FFA)	36
Infobox 4.1: Städtebauliche Aspekte	51
Infobox 4.2: Bestandteile eines Energienutzungsplans	57
Infobox 4.3: Gemeindeübergreifende Konzepte	57
Infobox 4.4: Exergie	67
Infobox 5.1: Gebäudesanierung	76
Infobox 5.2: Die Gemeinde als Vorbild	78
Infobox 5.3: Programme zur Förderung von kommunalen Maßnahmen	78
Infobox 5.4: Rekommunalisierung der Energieversorgung	80
Infobox 6.1: Wichtige Zielgruppen für das Akteursmanagement	82
Infobox 6.2: Öffentlichkeitsarbeit	85
Infobox 6.3: Offene Wärmenetze	88

# Anhang

## Anhang 1: Verfahrensbeschreibung Datenschutz

<p style="text-align: center;">Seite 1</p> <p style="text-align: center;"><b>Verfahrensbeschreibung</b> (zu Art. 26 Abs. 3 Satz 1 BayDSG)</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Erstmalige Verfahrensbeschreibung    <input type="checkbox"/> Änderung der Verfahrensbeschreibung vom</p> <p><b>1. Allgemeine Angaben</b>          Bezeichnung des Verfahrens          Energiennutzungsplan der Gemeinde XY          Dienststelle bzw. Dienststellen, in denen das Verfahren eingesetzt wird (Abteilungen / Sachgebiete) <span style="float: right;">Stand dieser Verfahrensbeschreibung</span></p> <p><b>2. Zweck und Rechtsgrundlagen der Erhebung, Verarbeitung oder Nutzung</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Zweck</th> <th style="width: 30%;">Rechtsgrundlagen</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Unentbehrliche Grundlage eines Energiennutzungsplans sind verortete Daten zu Energieverbräuchen und -infrastruktur. Je genauer die Datengrundlage, desto praxisrelevanter Ergebnisse. Einordnung der Datenerhebungsmethoden nach abnehmender Genauigkeit:                      1. Erfassung realer Verbräuche                      2. gebäudescharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs                      3. städtebau-scharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs                      Benötigte Daten:                      zu 1: reale Energieverbräuche aufgeschlüsselt nach Gebäude                      zu 2: Baujahr, Nutzungsart des Gebäudes, Gebäudetyp, beheizte Fläche des Gebäudes                      zu 3: Nutzungsart, Gebäudetyp, je Siedlung</td> <td>Art. 15 – 17 BayDSG i.V.m. Art. 83 Abs. 1 BayVerf</td> </tr> </tbody> </table>	Zweck	Rechtsgrundlagen	Unentbehrliche Grundlage eines Energiennutzungsplans sind verortete Daten zu Energieverbräuchen und -infrastruktur. Je genauer die Datengrundlage, desto praxisrelevanter Ergebnisse. Einordnung der Datenerhebungsmethoden nach abnehmender Genauigkeit: 1. Erfassung realer Verbräuche 2. gebäudescharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs 3. städtebau-scharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs Benötigte Daten: zu 1: reale Energieverbräuche aufgeschlüsselt nach Gebäude zu 2: Baujahr, Nutzungsart des Gebäudes, Gebäudetyp, beheizte Fläche des Gebäudes zu 3: Nutzungsart, Gebäudetyp, je Siedlung	Art. 15 – 17 BayDSG i.V.m. Art. 83 Abs. 1 BayVerf	<p style="text-align: center;">Seite 2</p> <p><b>5. Art der regelmäßig zu übermittelnden Daten und deren Empfänger</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Lfd. Nr. von Abschnitt 3 entfällt</th> <th style="width: 40%;">Empfänger und Aufgabe, zu deren Erfüllung die Daten übermittelt werden</th> <th style="width: 20%;">Rechtsgrundlage der Übermittlung</th> <th style="width: 20%;">Anlass der Übermittlung automatisiertes Aburverfahren (ja/nein)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table> <p><b>6. Regelfristen für die Löschung der Daten oder für die Prüfung der Löschung</b>          Daten werden überschrieben, sobald die Daten sich geändert haben.</p> <p><b>7. Verarbeitungs- und nutzungsberechtigte Personengruppen</b>          ausschließlich mit der Erstellung von Energiekonzepten befasste Stellen, andere Stellen haben keinen Zugriff;</p> <p><b>8. Bei Auftragsdatenverarbeitung: Auftragnehmer*</b>          Ingenieurbüro XY, Firma XY</p> <p><b>9. Empfänger vorgesehener Datenübermittlungen in Drittländer</b>          entfällt;</p> <p><small>* Ein Muster zur Vereinbarung von Rechten und Pflichten der Auftragnehmer findet sich unter <a href="http://www.datenschutz-bayern.de/technik/orient/m-vertr.htm">http://www.datenschutz-bayern.de/technik/orient/m-vertr.htm</a></small></p> <p style="text-align: center;"><b>Inhalt der Beschreibung der technisch-organisatorischen Maßnahmen</b> (gemäß Art. 26 Abs. 3 Satz 1 BayDSG)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>1. Allgemeine Angaben</b> (Verfahren: „Aufstellung eines Energiennutzungsplans“, Datum der Beschreibung; Ansprechpartner)</li> <li><b>2. Eingesetzte Datenverarbeitungsanlagen und Programme</b> (z.B. PC-Netzwerk, Intranet, Internet, einzelne Rechner, Standort der Anlage; eingesetzte Betriebssysteme; eingesetzte Software, Datenbanken...)</li> <li><b>3. Maßnahmen zur Sicherstellung der jederzeitigen Verfügbarkeit der gespeicherten Daten</b> (z.B. Sicherheitskopien, Maßnahmen zur Virenbekämpfung,...)</li> <li><b>4. Weitere technische und organisatorische Maßnahmen nach Art. 7 und 8 BayDSG</b> (z.B. Schutzmaßnahmen für den Rechneraum, Sicherung der Datenträger, Passwortkontrollen, Arbeitsanweisungen, Sicherung der Vertraulichkeit beim Transport oder der Übermittlung von Daten)</li> </ol>	Lfd. Nr. von Abschnitt 3 entfällt	Empfänger und Aufgabe, zu deren Erfüllung die Daten übermittelt werden	Rechtsgrundlage der Übermittlung	Anlass der Übermittlung automatisiertes Aburverfahren (ja/nein)				
Zweck	Rechtsgrundlagen												
Unentbehrliche Grundlage eines Energiennutzungsplans sind verortete Daten zu Energieverbräuchen und -infrastruktur. Je genauer die Datengrundlage, desto praxisrelevanter Ergebnisse. Einordnung der Datenerhebungsmethoden nach abnehmender Genauigkeit: 1. Erfassung realer Verbräuche 2. gebäudescharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs 3. städtebau-scharfe Hochrechnung des Energieverbrauchs Benötigte Daten: zu 1: reale Energieverbräuche aufgeschlüsselt nach Gebäude zu 2: Baujahr, Nutzungsart des Gebäudes, Gebäudetyp, beheizte Fläche des Gebäudes zu 3: Nutzungsart, Gebäudetyp, je Siedlung	Art. 15 – 17 BayDSG i.V.m. Art. 83 Abs. 1 BayVerf												
Lfd. Nr. von Abschnitt 3 entfällt	Empfänger und Aufgabe, zu deren Erfüllung die Daten übermittelt werden	Rechtsgrundlage der Übermittlung	Anlass der Übermittlung automatisiertes Aburverfahren (ja/nein)										

Lfd. Nr.	Bezeichnung der Daten
1	Daten jeweils auf ein Gebäude bezogen zu:
2	Straße, Hausnummer
3	Haupt- oder Nebengebäude
4	Nutzungsart des Gebäudes
5	Baujahr des Gebäudes
6	Gebäudetyp
7	Beheizte Fläche des Gebäudes (bzw. Grundfläche + Geschossanzahl)
8	Im Gebäude ansässige Firmen
9	Energieverbrauch
10	Art der Heizungsanlage, Alter, verwendeter Brennstoff
11	Sanierungsstatus des Gebäudes
12	Angaben zur Nutzung von Solarenergie Vorhandene Abwärmequelle bei Industriebauten

**4. Kreis der Betroffenen**

- Einwohner der Gemeinde,
- Firmeninhaber, deren Firmensitz in der Gemeinde ist,
- Eigentümer von Häusern in der Gemeinde.



## Anhang 2: Abschläge Sanierung

### Spezifischer Abschlag je Sanierungsmaßnahme nach Gebäudetyp und Baualter in [kWh/(m<sup>2</sup>a)] [9]

Gebäudetyp (Kürzel)	EFH_A	EFH_B	EFH_C	EFH_D	EFH_E	EFH_F	EFH_G	EFH_H
Fenstererneuerung	-17	-5	-6	-7	-10	-6	-17	-8
Dachdämmung	-45	-26	-34	-59	-24	-23	-8	-8
Wanddämmung	-59	-105	-64	-47	-43	-52	-25	-39
Kellerdecken- dämmung	-9	-24	-13	-16	-15	-11	-7	-4
Gesamtsanierung	-130	-160	-117	-129	-92	-92	-57	-59

Gebäudetyp (Kürzel)	RH_B	RH_C	RH_D	RH_E	RH_F	RH_G	RH_H
Fenstererneuerung	-9	-12	-14	-6	-35	-10	-8
Dachdämmung	-23	-15	-18	-25	-14	-17	-6
Wanddämmung	-62	-42	-32	-29	-19	-16	-15
Kellerdecken- dämmung	-14	-20	-12	-10	-14	-9	-5
Gesamtsanierung	-108	-89	-76	-70	-82	-52	-34

Gebäudetyp (Kürzel)	MFH_A	MFH_B	MFH_C	MFH_D	MFH_E	MFH_F	MFH_G	MFH_H
Fenstererneuerung	-5	-8	-21	-11	-8	-14	-9	-12
Dachdämmung	-50	-51	-27	-35	-42	-14	-7	-2
Wanddämmung	-89	-33	-53	-56	-42	-25	-28	-31
Kellerdecken- dämmung	-6	-12	-9	-28	-8	-12	-6	-3
Gesamtsanierung	-150	-104	-110	-130	-100	-65	-50	-48

Gebäudetyp (Kürzel)	GMH_B	GMH_C	GMH_D	GMH_E	GMH_F	GMH_G	GMH_H
Fenstererneuerung	-12	-9	-9	-37	-9	-9	-12
Dachdämmung	-45	-10	-25	-5	-8	-7	-2
Wanddämmung	-26	-65	-55	-60	-53	-28	-31
Kellerdecken- dämmung	-7	-8	-10	-2	-4	-6	-3
Gesamtsanierung	-90	-92	-99	-104	-74	-50	-48

Gebäudetyp (Kürzel)	HH_E	HH_F
Fenstererneuerung	-18	-10
Dachdämmung	-2	-1
Wanddämmung	-30	-31
Kellerdecken- dämmung	-1	-1
Gesamtsanierung	-51	-43

#### Legende:

Baualter:  
A - J, Siehe Tab. 3.3 (S.21)  
sowie [10], [11]

#### Gebäudetyp:

EFH    Einfamilienhaus                    RH    Reihenhaus  
MFH    Mehrfamilienhaus                    HH    Hochhaus  
GMH    Großes Mehrfamilienhaus

## Anhang 3: Energieinhalte von Energieträgern, Umrechnungsfaktoren und Einheitenvorsätze

### Mengeneinheiten, Heizwerte und Brennwerte von Energieträgern [39], [41], [98], [132]

Energieträger	Einheit	Heizwert $H_i$	Brennwert $H_s$
Heizöl EL	kWh/l	ca. 10,08	ca. 10,58
Heizöl S	kWh/l	ca. 10,61	ca. 11,27
Flüssiggas	kWh/kg	ca. 12,78	ca. 13,89
Stadtgas	kWh/m <sup>3</sup> <sub>i,N.</sub>	ca. 4,48	ca. 5,00
Erdgas L	kWh/m <sup>3</sup> <sub>i,N.</sub>	ca. 8,88	ca. 9,76
Erdgas H	kWh/m <sup>3</sup> <sub>i,N.</sub>	ca. 10,42	ca. 11,42
Biogas aus KH	kWh/m <sup>3</sup> <sub>i,N.</sub>	5,83 ... 7,78	6,67 ... 8,89
Klärgas	kWh/m <sup>3</sup> <sub>i,N.</sub>	ca. 4,44	k.A.
Holz (allg.)			
Hartholz (Buche)	kWh/kg	ca. 4,25 (lutro)	ca. 5,47 (atro)
Weichholz (Fichte)	kWh/kg	ca. 4,31 (lutro)	ca. 5,61 (atro)
Scheitholz			
Hartholz (Buche)	kWh/RM	ca. 1.955 (lutro)	k.A.
Weichholz (Fichte)	kWh/RM	ca. 1.334 (lutro)	k.A.
Hackgut			
Hartholz (Buche)	kWh/SRM	ca. 1.151 (lutro)	k.A.
Weichholz (Fichte)	kWh/SRM	ca. 753 (lutro)	k.A.
Holzpellets	kWh/kg	ca. 5,00 (lutro)	k.A.

**Legende:** Energieinhalte: EL: extra-leicht KH: Kohlenhydrate  
 $H_i$ : Heizwert (früher  $H_u$ ) S: schwer  $m^3_{i,N.}$ : Normkubikmeter (früher  $Nm^3$ )  
 $H_s$ : Brennwert (früher  $H_o$ ) L: low H: high Rm: Raummeter  
 lutro: lufttrocken (15 % Wassergehalt)  
 atro: absollutrocken

### Umrechnung von Energieeinheiten

	kJ	kcal	kWh
1 kJ	1	0,2388	0,000278
1 kcal	4,1868	1	0,001163
1 kWh	3.600	860	1

### Einheitenvorsätze

k	Kilo	10 <sup>3</sup>	Tausend
M	Mega	10 <sup>6</sup>	Million
G	Giga	10 <sup>9</sup>	Milliarde
T	Tera	10 <sup>12</sup>	Billion
P	Peta	10 <sup>15</sup>	Billiarde
E	Exa	10 <sup>18</sup>	Trillion





## Anhang 6: Text zur Bürgerinformation im Vorfeld von Datenerhebungsmaßnahmen (Muster)

Der unten stehende Muster-Text zur Bürgerinformation im Vorfeld von Datenerhebungsmaßnahmen dient als beispielhafte Vorlage für Veröffentlichungen in kommunalen Medien (Amtsblätter, Gemeindehefte) und für Informationsschreiben im Zusammenhang mit Bürgerumfragen.

*Unsere Gemeinde hat sich entschlossen, einen sogenannten Energienutzungsplan zu erstellen. Solch ein Energienutzungsplan (ENP) stellt ein übergreifendes Gesamtkonzept für die energetische Entwicklung einer Gemeinde dar. Von den enthaltenen ganzheitlichen Möglichkeiten hinsichtlich Energieeinsparung, Effizienzsteigerung und einer Umstellung auf regenerative Energieträger kann letztlich jeder einzelne Bürger profitieren. So werden beispielsweise Grundlagen für Entscheidungen zu energieeinsparenden Renovierungsmaßnahmen vermittelt oder alternative, zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte aufgezeigt.*

*Bei der Erstellung eines Energienutzungsplans für unsere Gemeinde bitten wir Sie herzlich um ihre Mithilfe. Im Rahmen der laufenden Bestands- und Potenzialanalyse ist die Erfassung des bestehenden Energieverbrauchs von zentraler Bedeutung. Zu diesem Zweck liegt dieser Ausgabe des Gemeindeheftes ein Fragebogen bei. Wir bitten Sie herzlich, sich ein paar Minuten Zeit zu nehmen und diesen Fragebogen auszufüllen.*

*Zur weiteren Datenerhebung werden in den nächsten Wochen außerdem Vor-Ort-Begehungen vom öffentlichen Straßenraum aus durchgeführt und so der Gebäudebestand erfasst. Aufgenommen werden dabei die Geschossanzahl und das geschätzte Baualter der Gebäude.*

*Sowohl für die Daten aus der Bürgerumfrage als auch aus der Vor-Ort-Begehung gilt, dass diese vertraulich behandelt und ausschließlich zusammengefasst, also anonymisiert weiterverarbeitet bzw. veröffentlicht werden. Rückschlüsse auf einzelne Hauseigentümer sind nicht möglich.*

*Für Ihre Unterstützung und Ihr Verständnis bedanken wir uns schon im Voraus und halten Sie über den weiteren Verlauf des Projekts selbstverständlich auf dem Laufenden.*







**V. Heizanlage**

**8a. Über welche Art der Heizanlage verfügen Sie?**

- betriebseigene Anlage
- Ofenheizung
- Zentralheizung
- Elektrospeicherheizung

zentrale Versorgung mit fremder Anlage

- Die Anlage ist im Haus stationiert, wird aber nicht von uns betrieben. (Contractor)
- Die Anlage ist weder im Haus stationiert, noch wird sie von uns betrieben. (Fernwärme)
- Anderes (bitte ergänzen) \_\_\_\_\_

**8b. Bitte geben Sie wenn möglich folgende Daten der installierten Anlage an (nach Leistung geordnet)**

Nr.	Heizungsart aus Frage 8a.	Leistung in kW	Baujahr des Kessels	Brennwert-technik	Temperaturniveau Vorlauf/Rücklauf
1				<input type="checkbox"/> vorhanden	°C °C
2				<input type="checkbox"/> vorhanden	°C °C
3				<input type="checkbox"/> vorhanden	°C °C

**9a. Nutzen Sie Wärmepumpen, Blockheizkraftwerke (BHKW) oder Solarenergie?**

- Ja (bitte weiter mit Frage 9b)
- Nein (bitte weiter mit Frage 10)

**9b. Bitte geben Sie die jeweiligen Energie- bzw. Anlagenarten sowie die jeweiligen Anlagengrößen an (bei mehreren Anlagen bitte spezifizieren) und den Verwendungszweck der erzeugten Energie**

Energieart/Anlagenart (bitte ankreuzen)	Einheit	Anlagengröße (bitte angeben)	Anlagenalter (Jahr des Einbaus)	Verwendungszweck (bitte ankreuzen)	
				Heizen	Produktion
<input type="checkbox"/> Wärmepumpe	installierte elektrische Leistung	, kW	,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Solarwärme	Kollektorfläche	, m <sup>2</sup>	,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> BHKW-Anlage	installierte elektrische Leistung	, kW	,	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**VI. Kälteanlage**

**10a. Besitzen sie Klima- oder Kühlanlagen? (Geräte zur Kühlung von Gebäuden, Nahrungsmitteln, technischem Gerät und Andere)**

- ja (Bitte weiter mit Frage 10b.)
- nein (Bitte weiter mit Frage 14.)

**10b. Bitte machen Sie Angaben zu den installierten Klima und Kühl-Anlagen (nach Leistung geordnet)**

	Art der Anlage	Größe	Baujahr	Durchschnittliche Betriebszeit	
				jährlich [Tage/Jahr]	täglich [Stunden/Tag]
1	zentrale Kältebereitstellung	Leistung			h/d
2	mobile Kleinkühlergeräte	Anzahl			h/d
3	dezentrale Split-Klimageräte	Anzahl			h/d

**11. Bitte machen sie Angaben über Verwendung der Klima und Kühlanlagen? (Machen sie eine Angabe über den Energiebedarf, falls ein separater Zähler vorhanden ist)**

Verwendung der Anlage	gekühlte Fläche:	Raumtemperatur:	Energiebedarf:
<input type="checkbox"/> Gebäudekühlung	m <sup>2</sup>	°C	<input type="checkbox"/> kWh_elektrisch <input type="checkbox"/> kWh_Kälte
<input type="checkbox"/> Serverraumkühlung	m <sup>2</sup>	°C	<input type="checkbox"/> kWh_elektrisch <input type="checkbox"/> kWh_Kälte
<input type="checkbox"/> Kühlraum	m <sup>3</sup>	°C	<input type="checkbox"/> kWh_elektrisch <input type="checkbox"/> kWh_Kälte
<input type="checkbox"/> Anderes _____	m <sup>2</sup>	°C	<input type="checkbox"/> kWh_elektrisch <input type="checkbox"/> kWh_Kälte

**12. Falls sie über eine zentrale Kältebereitstellung verfügen, machen Sie bitte Angaben zu den folgenden Punkten**

<b>12a. Wie wird Ihre Kälteanlage betrieben?</b>	<input type="checkbox"/> thermisch angetrieben	<input type="checkbox"/> elektrisch angetrieben
<b>12b. Welche Art der Rückkühlung haben Sie?</b>	<input type="checkbox"/> Feuchtrückkühler	<input type="checkbox"/> Trockenrückkühler
<b>12c. Temperaturniveau der Anlage?</b>	Vorlauf	°C Rücklauf





## Anhang 8: Motivationsschreiben im Vorfeld einer gezielten Befragung von Betrieben (Muster)

Der unten stehende Mustertext dient als beispielhaftes Anschreiben seitens einer Gemeinde, um die Motivation von Industrie- und Gewerbebetrieben für die Teilnahme an einer Befragung (siehe Anhang 7) zu erhöhen.

*Sehr geehrte Damen und Herren,*

*Unsere Gemeinde hat sich entschlossen, einen sogenannten Energienutzungsplan zu erstellen. Ein Energienutzungsplan (ENP) ist ein informelles Planungsinstrument zum Thema Energie, das ein übergreifendes Gesamtkonzept für die energetische Entwicklung einer Gemeinde aufzeigt. Von den enthaltenen ganzheitlichen Möglichkeiten hinsichtlich Energieeinsparung, Effizienzsteigerung und einer Umstellung auf regenerative Energieträger kann letztlich jeder einzelne Bürger und jede Firma profitieren. So werden beispielsweise Grundlagen für Entscheidungen zu energieeinsparenden Renovierungsmaßnahmen vermittelt sowie alternative, zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte aufgezeigt.*

*Bei der Erstellung eines Energienutzungsplans für unsere Gemeinde bitten wir daher alle Bürger und unsere ortsansässigen Firmen herzlich um Ihre Mithilfe.*

*Im Rahmen der laufenden Bestands- und Potenzialanalyse ist die Erfassung des bestehenden Energieverbrauchs von zentraler Bedeutung. Dabei spielen auch Gewerbe- und Industriebetriebe eine wesentliche Rolle. Je genauer und umfassender die Verbräuche erfasst werden können, desto bessere Grundlagen sind für die Entwicklung von effizienten Energiekonzepten gegeben. Aus diesem Grund wird demnächst von [Beschreibung des Beauftragten] eine Befragung der größeren Betriebe in unserer Gemeinde durchgeführt. Wir bitten Sie herzlich, sich kurz Zeit zu nehmen und an dieser Befragung teilzunehmen.*

*Ihre Angaben werden selbstverständlich vertraulich behandelt, nur im Rahmen der Bearbeitung dieses Projekts verwendet und nicht an Dritte weitergegeben. Für die Weiterverarbeitung, bzw. Veröffentlichung der Ergebnisse werden die Daten zu Gruppen zusammengefasst, also anonymisiert, so dass keine Rückschlüsse auf einzelne Betriebe möglich sind.*

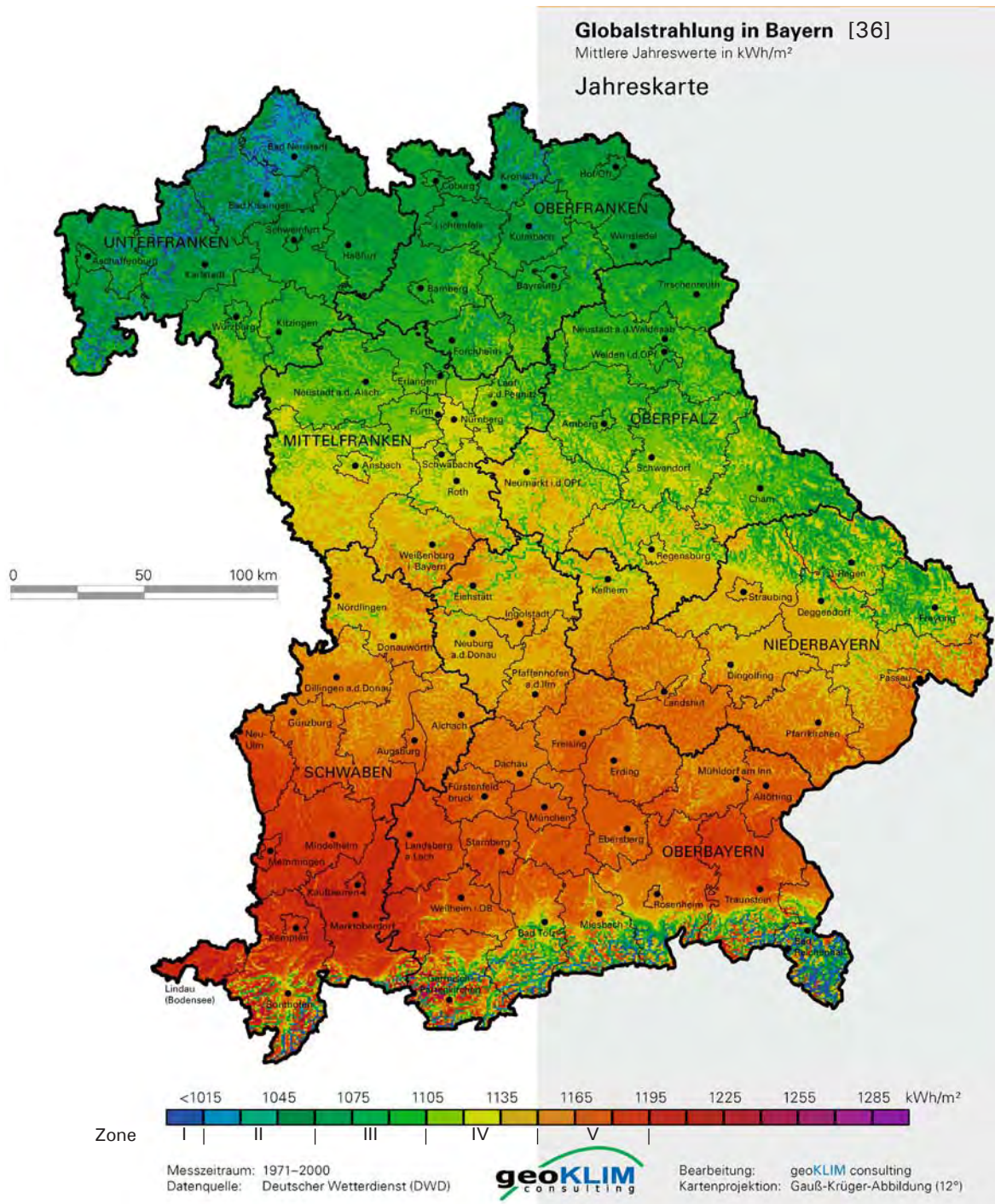
*Für Ihre Unterstützung und Ihr Verständnis bedanken wir uns schon im Voraus und halten Sie über den weiteren Verlauf des Projekts selbstverständlich auf dem Laufenden.*

*Mit freundlichen Grüßen*

*Verantwortlicher Bearbeiter, Bürgermeister...*



## Anhang 9: Strahlungszonen in Bayern



### Entwickelte Werte der nutzbaren Solareinstrahlung pro m<sup>2</sup> Gebäudegrundfläche

Zone	Typische nutzbare Solareinstrahlung pro m <sup>2</sup> Gebäudegrundfläche [kWh/(m <sup>2</sup> <sub>GF</sub> ·a)]
I	570
II	580
III	620
IV	645
V	680

# Anhang 10: Datenstruktur für Datenbank und GIS

## Datenstruktur bei der siedlungsbezogenen Wärmebedarfsermittlung (eine Zeile pro Siedlungseinheit \*)

Siedlungs-ID	Siedlungstyp	Spezifischer Wärmebedarf [MWh/(ha·a)]	Siedlungsfläche [m²]	Gesamt-wärmebedarf [kWh/a]
1	11b	1.253	15.281	1.914.724
2	11b	1.253	51.078	6.400.036
3	11b	1.253	90.332	11.318.582
4	11b	1.253	177.325	22.218.851
5	11b	1.253	7.744	970.363
6	11b	1.253	3.946	494.462
7	2	456	12.673	577.887
8	5b	785	6.673	523.795
9	2	456	1.421	64.799
10	5b	785	18.351	1.440.542
11	2	456	5.681	259.033
12	2	456	38.389	1.750.557
13	2	456	26.519	1.209.268
14	2	456	17.683	806.345
15	5b	785	7.737	607.377
16	5b	785	9.821	770.915
17	2	456	133.099	6.069.305
18	2	456	3.785	172.616
19	5b	785	33.004	2.590.817
20	2	456	25.110	1.144.999
21	10a	1.017	3.246	330.098
22	11b	1.253	130.895	16.401.088
23	2	456	54.315	2.476.768
24	10a	1.017	2.019	205.332
25	4	425	37.621	1.598.889
26	2	456	14.586	665.125
27	2	456	279.683	12.753.552
28	4	425	8.188	347.996
29	4	425	34.494	1.465.994
30	2	456	23.159	1.056.044

## Legende Datenstruktur - Wärmebedarfsermittlung

**Für die Bearbeitung eingeführte Parameter**  
 Raster-ID: Identifikationsnummer des Rasters  
 Siedlungs-ID: Identifikationsnummer der Siedlung  
 Siedlungstyp: siehe Tabelle 3.2, S.18  
 Gebäude-ID: Identifikationsnummer des Gebäudes  
 Gebäudenutzung: W = Wohnen  
 G = Gewerbe  
 I = Industrie  
 M = Mischnutzung  
 KL = Kommunale Liegenschaft

Gebäudetyp / weitere Nutzung (GHD): EFH: Einfamilienhaus  
 DHH: Doppelhaushälfte  
 MFH: Mehrfamilienhaus  
 GMH: Großes Mehrfamilienhaus  
 RH: Reihenhaus  
 HH: Hochhaus  
 Büro  
 Handel  
 Prod: Produktion

Baualter: A - J, siehe Tabelle 3.3 und 3.4, S.21 sowie [10], [11]

**In DFK enthaltene Parameter**  
 OID: Identifikationsbezeichnung des Gebäudes  
 Funktion: Hauptgebäude (1001) / Nebengebäude (1002)  
 Lage: Adresse des Gebäudes  
 Gemeinde: Identifikationsnummer der Gemeinde

## Datenstruktur bei der Gebäudetypologiemethode (jede Zeile entspricht einem Gebäude\*) Je nach vorliegenden Daten erweitert sich die Struktur um die entsprechenden Spalten.

OID	Funktion	Lage	Gemeinde	Gebäude-ID	Gebäude-grundfläche [m²]	Gebäude-Nutzung	Gebäudetyp /weitere Nutzung	Baualter	Voll-geschosse	Anzahl Beschäftigte	Heizwärmebedarf [kWh/a]	Brauchwarmwasserbedarf [kWh/a]	Vorhandene Solarthermiefläche [m²]	Vorhandene PV-Fläche [m²]
DABIV5N84CIHw9aB	1001	Musterstrasse 1	184127	3544	64,81	W	EFH	G	2,5		15.555,6	1.814,8		
DABIV5N84CIHw7ap	1002	Musterstrasse 2	184127	4384	70,32	W	EFH	H	2,5		19.690,0	2.672,2	6	
DABIV5N84CIHw7aV	1001	Musterstrasse 3	184127	3545	65,77	W	EFH	H	2,5		15.784,6	2.499,2		16
DABIV5N84CIHw7av	1001	Musterstrasse 5	184127	4385	167,56	G	Büro		4	10	44.000	2.200		
DABIV5N84CIHw7b2	1001	Musterstrasse 7	184127	4386	186,09	G	Büro		4	12	52.800	2.640		
DABIV5N84CIHw7b8	1001	Musterstrasse 9	184127	4387	300,65	G	Handel		1	5	24.000	1.100		
DABIV5N84CIHw7cI	1001	Musterstrasse 4	184127	3547	67,66	W	RH	G	2,5		16.239,4	1.894,6		
DABIV5N84CIHw7cU	1001	Musterstrasse 6	184127	3546	68,55	W	RH	G	2,5		16.453,0	1.919,5	16	
DABIV5N84CIHw7d4	1001	Musterstrasse 8	184127	3548	67,83	W	RH	G	2,5		16.278,1	1.899,1	7	
DABIV5N84CIHw7dJ	1001	Musterstrasse 10	184127	3550	68,85	W	RH	G	2,5		16.522,9	1.927,7		
DABIV5N84CIHw7dN	1001	Musterstrasse 12	184127	3549	67,44	W	RH	G	2,5		16.184,4	1.888,2		
DABIV5N84CIHw7bE	1001	Musterstrasse 4	184127	4388	150,82	G	Handel		2		15.927	796		
DABIV5N84CIHw7bK	1001	Musterstrasse 6	184127	4389	468,90	G	Prod		1		22.132	3.714		
DABIV5N84CIHw7bR	1001	Musterstrasse 8	184127	4390	365,93	G	Prod		2		34.544	5.796		
DABIV5N84CIHw7eF	1001	Musterstrasse 10	184127	4394	276,97	G	Prod		2		26.146	4.387		
DABIV5N84CIHw7eG	1001	Musterstrasse 12	184127	4391	170,75	G	Prod		2		16.119	2.705		








\* Alle hier angegebenen Daten entsprechen aufgrund des Datenschutzes keinen realen Werten, sondern stehen nur beispielhaft zur Erläuterung der Datenstruktur.

## Datenstruktur bei der Wärmebedarfsdichtekarte (jede Zeile entspricht einer Rastereinheit)

Raster-ID	Raster-fläche [m²]	Gesamt-wärmebedarf [kWh/a]	Grundlast-wärmebedarf [kWh/a]	Gesamt-wärmebedarf/ha [kWh/(ha·a)]	Grundlast-wärmebedarf/ha [kWh/(ha·a)]
14	14.220,5	422.812,0	61.100,0	297.326,0	42.966,2
15	13.225,9	718.537,3	67.791,3	543.282,4	51.256,6
16	5.863,0	252.879,0	21.975,0	431.311,7	37.480,7
17	5.695,9	155.677,5	21.037,5	273.316,6	36.934,7
18	2.213,6	62.648,0	6.700,0	283.012,4	30.267,3
19	4.116,2	173.816,9	20.170,3	422.278,8	49.002,6
20	4.344,7	64.519,5	6.887,5	148.501,2	15.852,6
21	5.638,7	234.417,0	16.750,0	415.725,3	29.705,2
22	2.910,2	95.010,0	11.250,0	326.469,3	38.656,8
23	3.701,6	142.282,5	11.662,5	384.377,5	31.506,4
24	17.465,6	371.467,5	46.612,5	212.685,2	26.688,2
25	9.070,8	311.969,2	29.225,0	343.928,6	32.218,9
26	4.859,1	92.050,5	10.487,5	189.439,8	21.583,3
27	22.902,8	730.575,8	64.240,4	318.989,5	28.049,1
28	24.278,3	783.978,7	71.208,5	322.912,8	29.330,0



### Legende Wärmebedarfswerte und zugehörige RGB-Farbwerte

	< 150 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 245 // B: 0
	150-300 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 210 // B: 0
	300-450 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 175 // B: 0
	450-600 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 140 // B: 0
	600-750 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 105 // B: 0
	750-900 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 070 // B: 0
	> 900 MWh/(ha·a):	R: 245 // G: 035 // B: 0

Rahmen: R: 150 // G: 150 // B: 150



### Datenstruktur bei der Energieinfrastruktur (Größere Anlagen) (jede Zeile entspricht einer Anlage\*)




Anlage-ID	Anlagentyp	Energieart	Energieform	Energieträger	Ergänzende Beschreibung	Gebäude	Adresse	Gemeinde	Leistung (elekt.) [kW]	Leistung (therm.) [kW] bzw. Größe (Solar) [m²]
1	HW	Konv	Wärme	Gas	mit NWN	Wohnen + Gewerbe	Musterstrasse 1	184127		150 kW
2	HW	Konv	Wärme	HÖ	mit NWN	Wohnanlage	Musterstrasse 2	184127		250 kW
3	BHKW	Konv	Strom + Wärme	Gas	mit NWN	Wohnanlage	Musterstrasse 3	184127	65 kW	90 kW
4	HW	Reg	Wärme	HS	mit NWN	Wohnanlage	Musterstrasse 4	184127		500 kW
5	ST	Reg	Wärme			GMFH	Musterstrasse 5	184127		60 m²
6	ST	Reg	Wärme			Freibad	Musterstrasse 6	184127		30 m²
7	BG	Reg	Strom + Wärme	BG	mit NWN	Altersheim	Musterstrasse 7	184127	200 kW	275 kW
8	WIK	Reg	Strom						1100 kW	
9	BG	Reg	Strom	BG	keine Wärmenutzung		Musterstrasse 8	184127	350 kW	
10	PV	Reg	Strom		Bürgeranlage		Musterstrasse 10	184127	10 kWp	
11	PV	Reg	Strom			Bauernhof	Musterstrasse 11	184127	300 kWp	
12	HW	Konv	Wärme	Gas	mit NWN	Rathaus + Feuerwehr	Musterstrasse 12	184127		300 kW

\* Alle hier angegebenen Daten entsprechen keinen realen Werten, sondern stehen nur beispielhaft zur Erläuterung der Datenstruktur.





### Legende Datenstruktur - Energieinfrastruktur

Für die Bearbeitung eingeführte Parameter und Abkürzungen		Energieträger (bei Bedarf):	
Anlage-ID:	Identifikationsnummer der Anlage	HS	= Hackschnitzel
Anlagentyp:	HW = Heizwerke	P	= Pellets
	HKW = Heizkraftwerke	NH	= Naturbelassenes Holz
	KW = Kraftwerke	EB	= Ersatzbrennstoffe (Abfall, aufbereitete Kunststoffe, etc.)
	BHKW = Blockheizkraftwerke	AH	= Altholz
	GK = Geothermie(heiz)kraftwerke	K	= Kohle
	WP = Wärmepumpen	Gas	= Erdgas
	PV = Photovoltaik-Anlagen	BG	= Biogas
	ST = Solarthermie-Anlagen	HÖ	= Heizöl
	BG = Biogasanlagen	PÖ	= Pflanzenöle
	WiK = Windkraftanlagen	EWK	= Erdwärme (Kollektor)
	WaK = Wasserkraftanlagen	EWS	= Erdwärme (Sonde)
Energieform:	Strom	GW	= Grundwasser (Wärmepumpe)
	Wärme	L	= Luft (Wärmepumpe)
	Strom + Wärme		
Energieart:	Konv = Konventionell	Ergänzende Beschreibung	
	Reg = Regenerativ	NWN	= Nahwärmenetz
		FWN	= Fernwärmenetz

### Legende Energieinfrastruktur und zugehörige RGB-Farbwerte

	Größere Anlagen:	R: 0 // G: 56 // B: 130
	Wärmenetze:	R: 0 // G: 56 // B: 130; Transparenz: 60 %
	Gasnetz:	R: 162 // G: 173 // B: 0

Anteil genehmigungspflichtiger Wärmepumpen (Erdsonden und Grundwasserbrunnen)

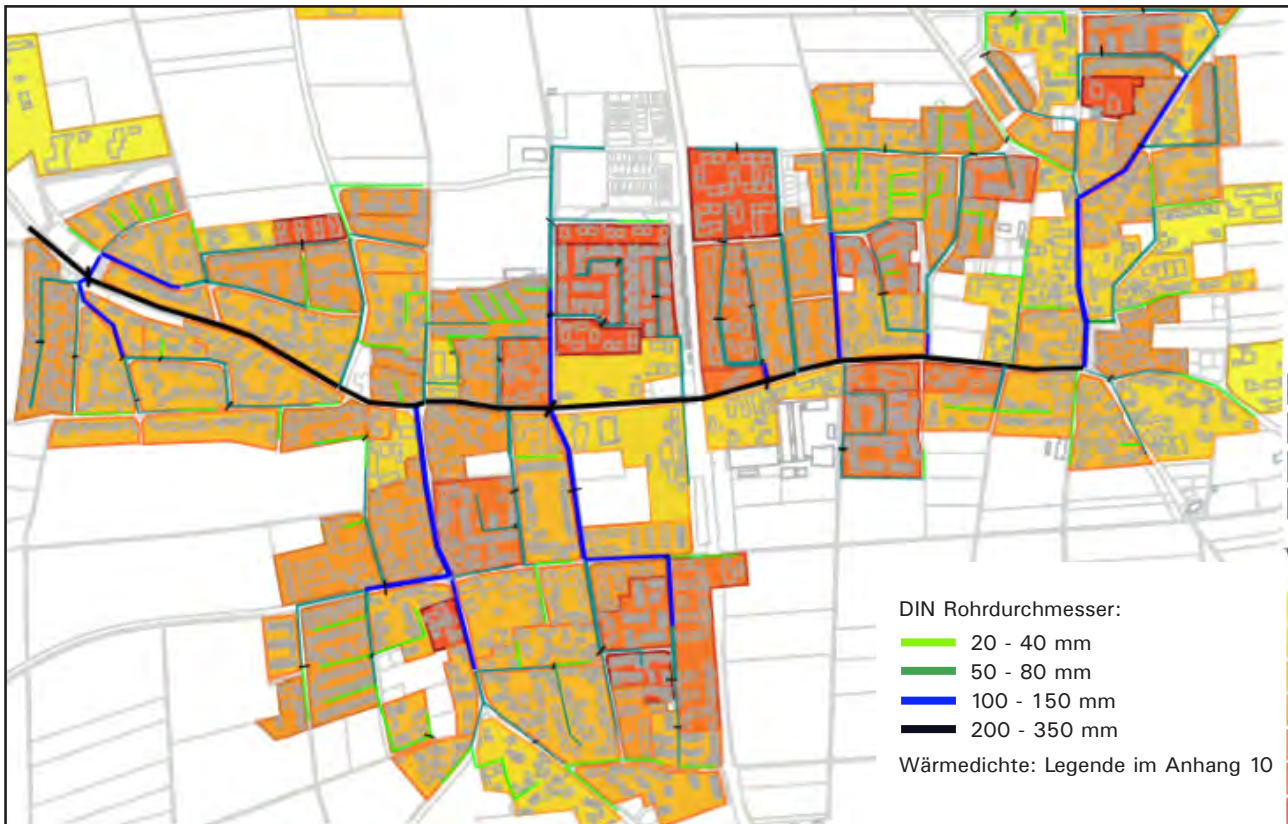
	< 10 %:	R: 255 // G: 204 // B: 153; Transparenz 20 %
	10 - 30 %:	R: 255 // G: 153 // B: 102; Transparenz 20 %
	30 - 50 %:	R: 255 // G: 102 // B: 51; Transparenz 20 %
	> 50 %:	R: 204 // G: 0 // B: 51; Transparenz 20 %

Rahmen: R: 150 // G: 150 // B: 150





## Anhang 11: Beispiel einer detaillierten Analyse eines möglichen Nahwärmenetzes



Auslegung eines Nahwärmenetz am Beispiel der Gemeinde Höhenkirchen-Siegertsbrunn [133]

Am Beispiel der Gemeinde Höhenkirchen-Siegertsbrunn wurde eine vertiefende Untersuchung für den möglichen Aufbau eines Nahwärmenetzes durchgeführt.

Um Kosten und Nutzen von Nahwärmenetzen gegenüber alternativen Lösungen einschätzen zu können, muss ein Netzmodell erstellt werden. Einflüsse der sensiblen wirtschaftlich relevanten Daten lassen sich anhand eines Netzplans besser beurteilen und die Zuverlässigkeit der Aussagen gegenüber einer rein flächenbezogenen Betrachtung wird erhöht. Auch ökologische Parameter (KEA) und die regionale Wertschöpfung können anhand des detaillierten Netzmodells besser bewertet werden.

Länge und Durchmesser der benötigten Leitungen werden anhand der ermittelten Spitzenlasten dimensioniert (3.2.6, S.31). Zusätzlich wird der zeitliche Verlauf der Last abgebildet (4.4, S.64). Dadurch können die Einflüsse des Netzbetriebs, wie eine einstellbare, variable Fließgeschwindigkeit und die daraus resultierende Temperaturspreizung, genauer untersucht werden. Auch Maßnahmen zur Senkung der Rücklauftemperatur beim Verbraucher, wie etwa die Durchführung des hydraulischen Abgleichs, müssen Berücksichtigung finden.

Anhand von zeitlichem Verlauf der Last, Netzbetrieb und Netzplan können Aussagen über Wärme- und Druckverluste gemacht, die Erzeugerlastkurve gebildet und die Erzeuger dimensioniert werden. Mit Blick auf eine ganzjährige Heiz- und Warmwasserversorgung können technische Belange bezüglich nötiger Temperaturniveaus und Rückwirkungen der Wärmeauskopplung auf die Stromgewinnungsprozesse in Heizkraftwerken ermittelt werden.

Für die Wirtschaftlichkeitsberechnung müssen aufgrund der langen Lebensdauer der Projekte dynamische Verfahren angewandt werden [134]. Für die unsicheren Größen, z. B. die Investitionskosten, die Abnahme des Wärmebedarfs durch künftig verbesserte Wärmedämmung, die Energiepreisentwicklung oder die Nachverdichtung des Wärmenetzes, werden Prognosen erstellt. Anhand dieser werden in einer Sensitivitätsanalyse verschiedene Szenarien berechnet, die als Grundlage für eine Investitionsentscheidung dienen.