

Leitfaden für nachhaltige Energieversorgungskonzepte für Quartiere



Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Autor:innen:

G. Weber, M. Banozic, B. Fina, D. Horak, G. Zucker

AIT Austrian Institute of Technology GmbH, Giefinggasse 4, 1210 Wien

Foto (Cover): GettyImages.com / borchee

Stand 03/2024

Leitfaden für nachhaltige Energieversorgungskonzepte für Quartiere

Inhalt

Zusammenfassung.....	6
Zielsetzung und Anwendung des Leitfadens	10
Vom Gebäude bis zum nachhaltigen Quartier	14
Hauptnutzung und Funktion eines nachhaltigen Quartiers	18
Grenzen und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Quartiersentwicklung	20
Quartiersentwicklung zu Plus-Energie-Quartieren (PEQ)	24
Integrierte Energiekonzepte als notwendiges Werkzeug zur nachhaltigen Quartiersentwicklung.....	28
Planungsgrundlagen eines nachhaltigen Quartiers.....	29
Definition der Quartiersgrenzen.....	31
Thermische sowie elektrische Bedarfserhebung in der Quartiersversorgung.....	34
Technische Konzepte zur Stromversorgung nachhaltiger Quartiere	36
Photovoltaikanwendungen auf Quartiersebene.....	37
Wasserkraft und Windkraft als dezentrale Versorgungsvarianten im Quartier.....	47
Technische Konzepte zur Wärmeversorgung auf Quartiersebene	48
Biomasse	49
Geothermie.....	51
Nahwärme/-kältenetze.....	55
Zentrale, quartiersüberfreiende Versorgungskonzepte mittels Fernwärme.....	59
Technische Konzepte zur nachhaltigen Energieversorgung und Sektorkopplung.....	62
Bewertung der Eignung nachhaltiger Energieversorgungskonzepte in Quartieren.....	64
Annahmen zur Bewertung.....	65
Vergleichende, qualitative Betrachtung der Wärmeversorgungssysteme	66
Erläuterung der Bewertung.....	67
Reale Umsetzung von Stadtquartieren	70
PlusEnergieQuartier21: Österreichs erstes urbanes Plus-Energie-Quartier	71
Areal Suurstoffi – Mission Zero-Zero.....	72
Harthof München	73
Lyon Confluence	75

Zusammenfassung

Quartierskonzepte als integraler Bestandteil in der Stadtentwicklung bieten viele Möglichkeiten in Bezug auf die Energieversorgung von Städten, Dörfern oder Gemeinden. Im Quartier werden mehrere Gebäude gesamtheitlich und im räumlichen Zusammenhang betrachtet, wobei sich die Strukturen hinsichtlich des Siedlungstyps sowie der Bebauungsdichte unterscheiden. Mischnutzungen, die häufigste Form derzeitiger Quartiere, ergeben Mehrwerte aufgrund der Nutzungsabhängigkeiten zueinander, sozialer Konsequenzen sowie nachhaltiger Vorteile. Quartiere mit geringeren Bebauungsdichten bieten bei dezentraler Energieproduktion Vorteile, da im Verhältnis pro Kopf mehr Fläche zur Energieerzeugung zur Verfügung steht. Im Gegensatz dazu decken sehr dicht besiedelte Quartiere aufgrund der hohen Energiedichte nur erschwert den Energiebedarf. Um ein nachhaltiges Energieversorgungssystem zu unterstützen, müssen fossile Energieträger möglichst durch erneuerbare Energiequellen ersetzt werden. Eine Strategie zur wärmeseitigen Transformation von Bestandsquartieren stellt der Ausbau von Wärmenetzen dar, die klimaneutral lokale Wärmepotenziale nutzen und fluktuierende Stromeinspeisungen aus erneuerbaren Energien in das Energiesystem integrieren. In der Praxis ist das jedoch nicht immer einfach umsetzbar, da neben technischen und wirtschaftlichen Hemmnissen oft organisatorische Herausforderungen in der Projektabwicklung bestehen. Einen weiteren Lösungsansatz bietet derzeit die Kombination von Photovoltaik mit Blockheizkraftwerken, da Solarenergie in den meisten Quartieren das größte Potenzial darstellt.

In der Auswahl des Versorgungskonzepts gibt es mehrere standortspezifische Einschränkungen, darunter neben dem Alter und der Errichtungszeit der Gebäude die bestehende Infrastruktur, d.h. das Vorhandensein eines Fernwärme- oder Gasnetzes, Verfügbarkeit von (Frei-)Flächen zur Energiegewinnung, Beschaffenheit bzw. Geologie des Bodens sowie Möglichkeiten zur Grund-/Abwassernutzung bzw. relevante legislative Vorgaben am Standort. Des Weiteren beeinflussen der technische sowie rechtliche Aufwand, die Multiplizierbarkeit der Versorgungslösungen, die Folgen des Klimawandels auf die Versorgungssicherheit, eine Flexibilität in der Erweiterung des Versorgungskonzepts, das Potenzial zur Sektorkopplung, die Berücksichtigung von Klimawandel und -anpassungsmaßnahmen, das Bereitstellen einer Netzdienlichkeit sowie Förderungen die Auswahl des Versorgungskonzepts.

Im Detail wurden in diesem Leitfaden Wärmepumpentechnologien, Solarthermie, Biomasse, Kraft-Wärme-Kopplungen, Fern- sowie Nahwärme und Brennstoffzellen als künftige nachhaltige zentrale bzw. dezentrale Energieversorgungssysteme in Quartieren betrachtet und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet.

Ökologisch werden Versorgungsvarianten mit Wärmepumpen als positiv bewertet, da sie zur Erreichung der Klimaziele bzw. Klimaneutralität bis 2040¹ beitragen. Bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen bestehen im Vergleich zu Luft- oder Sole-Wärmepumpen in Kombination mit Erdkollektoren/-sonden legislative Hürden in der Umsetzung. Eine Multiplizierbarkeit erfordert eine genaue Standortprüfung, um daraus die richtige Wärmepumpenart zu identifizieren. Ökonomisch gesehen hängt eine positive Bewertung stark von der elektrischen Versorgung des benötigten Strombedarfs sowie vom Gebäudestandard im Quartier ab. Vor allem reversible Wärmepumpen stellen aufgrund der passiven Kühlmöglichkeit eine gute Möglichkeit dar, um mittels aktiver Kühlung den Auswirkungen des Klimawandels und den daraus resultierenden steigenden Temperaturen entgegenzuwirken. In Kombination mit Photovoltaik wird zudem der Eigenverbrauch durch den erhöhten Strombedarf im Sommer und die vermehrte direkte Nutzung des Solarstroms erhöht. Solarthermie sowie PVT-Kollektoren liefern in diesem Zusammenhang jedoch keine Vorteile.

Künftig ist bei Anwendungen von Biomasse als nachhaltiger Energiequelle in einem Quartier davon auszugehen, dass es zu einer Verknappung der Ressource durch die verstärkte Nutzung als Rohstoff kommen wird. Beachtet werden muss zudem, dass es bei der energetischen Nutzung zu Umweltbelastungen durch die Verbrennung kommt; daher spielt v.a. die Herkunft der Biomasse eine Rolle. Aus wirtschaftlicher Sicht stellt eine zentrale energetische Versorgung mittels Hackschnitzeln in Kombination mit Solarthermie eine rentable Lösung dar, sofern die Biomasseversorgung über die Nutzungsdauer geklärt ist. Eine Nachrüstung, resultierend aus einem Anstieg des Energiebedarfs, kann in manchen Fällen erschwert sein, da ein größerer Platzbedarf für die Lagerung der Biomasse notwendig ist und unter Umständen legislative Vorgaben hinsichtlich der Leistung der Wärmeerzeuger bestehen.

Kraft-Wärme-Kopplungen werden in Quartieren als Brückentechnologie gesehen, die künftig jedoch durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien an Bedeutung verlieren, obwohl eine Erweiterung durch den Austausch des Spitzenlastkessels als einfach zu bewerten ist und es zu keinem großen zusätzlichen Platzbedarf kommt. Hinsichtlich der Netzdienlichkeit können sowohl BHKW als auch Brennstoffzellen bei stromgeführter Betriebsweise einen positiven Nachhaltigkeitseffekt erzielen und eine Sektorkopplung ermöglichen.

Brennstoffzellen könnten in der energetischen Versorgung von Quartieren v.a. der Industrie künftig bei entsprechender CO₂-neutraler Erzeugung an Bedeutung gewinnen. Dem gegenüber stehen jedoch ein hoher Platzbedarf sowie Investitionskosten bei der Umsetzung.

1 Klimaschutzgesetz (KSG), Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, 2023

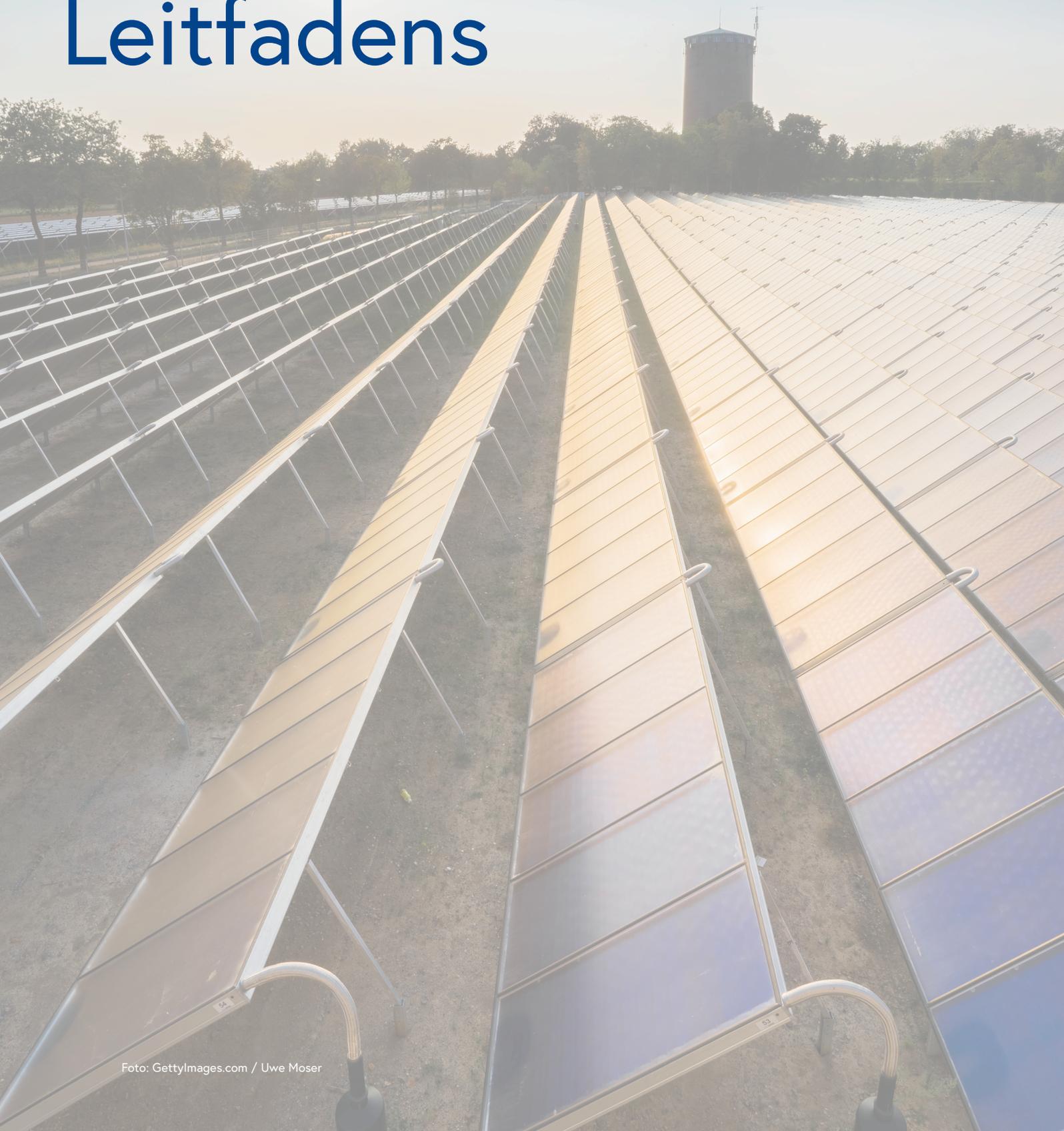
Kalte Nahwärme in Verbindung mit Erdkollektoren/Erdsonden sowie Abwärme bietet zwar aufgrund der niedrigen Temperaturniveaus energetische Vorteile, erfordert jedoch einen erhöhten Platzbedarf bzw. resultieren aufgrund geringer Erfahrungen in höhere Investitionskosten.

Im Gegensatz dazu wird Fernwärme als Bestandteil im Wärmemix weiterhin als wichtige Technologie auf Quartiersebene gesehen. Eine Erweiterung sowie ein Ausbau eines bestehenden Netzes können jedoch aufgrund der Topologie sowie der Investitionskosten zu Herausforderungen führen. Eine Erweiterung aufgrund Verbrauchssteigerungen stellt über den Austausch der Übergabestation eine einfache Variante dar.

Nahwärme in Verbindung mit Abwasserwärmenutzung unterliegt in der Implementierung als wenig erprobte Technologie erhöhten technischen und rechtlichen Hürden sowie Investitionskosten. Die Kombination von Nahwärme mit Solarthermie und Hackschnitz kann jedoch aufgrund geringen Platzbedarfs sowie technischer und rechtlicher Vorgaben positiv bewertet werden. Zudem bietet die Nutzungsvariante mit Nahwärme die grundsätzliche Eignung, im Sommer über die Netzinfrastruktur zu kühlen, was zu einer positiven Bewertung hinsichtlich der Klimawandelanpassung führt.

Zusammenfassend ist eine klimaneutrale Energieversorgung nur dann erreichbar, wenn sowohl die Wärmeversorgung als auch die Mobilität künftig hauptsächlich strombasiert erfolgen, wobei das Ziel nicht eine vollständige Elektrifizierung ist, sondern der Nutzen eines optimalen Anteils, der je nach Quartier unterschiedlich hoch sein kann. Vor diesem Hintergrund ist eine gekoppelte Betrachtung der Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Mobilität bei der Planung eines klimaneutralen Energieversorgungssystems unerlässlich. Wesentlich ist daher, dass ein Quartier als Teil eines Gesamtsystems eine Klimaneutralität nicht allein und sofort erreicht, sondern Synergien zwischen den zentralen und dezentralen Versorgungsebenen, aber auch zwischen den energetischen und sozialen Ebenen nutzt, um eine nachhaltigere Transformation zu ermöglichen.

Zielsetzung und Anwendung des Leitfadens



Quartierskonzepte als integraler Bestandteil künftiger Stadtentwicklung bieten zentrale sowie dezentrale Energieversorgungsmöglichkeiten von Städten, Dörfern und Gemeinden. Im Quartier werden mehrere Gebäude gesamtheitlich und in räumlichem Zusammenhang betrachtet. Die Auswahl geeigneter Lösungsansätze für eine klimaneutrale und nachhaltige Energieversorgung von neuen oder bestehenden Quartieren stellt die handelnden Personen und Entscheidungsträger jedoch vor Herausforderungen. Dies liegt neben einer Fülle an potenziell vielversprechenden Technologien auch an den vorherrschenden politischen und siedlungsspezifischen Rahmenbedingungen, welche gesamtheitliche, innovative Lösungen erschweren. Es gilt daher Strategien und Maßnahmen zur Energieeinsparung und -effizienzsteigerung, Nutzung erneuerbarer Energien inklusive thermischer sowie elektrischer Speichertechnologien bei integrierter Betrachtung von Gebäuden, Verbrauchsgewohnheiten und technischen Infrastrukturen auf Quartiersebene aufeinander abzustimmen.

Der Leitfaden zeigt daher Wege zur Umsetzung nachhaltiger Quartiere auf und dient als Information für beteiligte Stakeholder, darunter Bauherr:innen, Projektentwickler:innen und Planer:innen bei gleichzeitigem Abbau von Hürden für die Implementierung einer nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden und Quartieren. In diesem Leitfaden werden daher bewusst kurz und übersichtlich verschiedene Lösungsansätze für eine klimaneutrale Energieversorgung von Quartieren dargestellt, die einerseits

- typische repräsentative Quartiersstrukturen mit Mischungen aus Wohnbauten, Bürogebäuden, Gewerbebauten und Industrie identifizieren und beschreiben
- technische Möglichkeiten zum Etablieren einer nachhaltigen Energieversorgung unter Berücksichtigung wirtschaftlicher Kriterien darstellen sowie
- nachhaltige Energieversorgungsoptionen für Quartierstrukturen mit gebäudeübergreifender Energienutzung und Koordination der Einzeltechnologien quantitativ bewerten.

Bei der Bewertung eines nachhaltigen Quartiers bis hin zur Identifizierung eines passenden Energieversorgungskonzepts sind im Allgemeinen vier Teilschritte zu durchlaufen (Abb.1).

Der Leitfaden beschreibt dazu theoretische Grundlagen zur Planung sowie Umsetzung potentieller Quartiersstrukturen. Um eine Auswahl potenzieller Energieversorgungskonzepte in nachhaltigen Quartiersstrukturen zu treffen, wird am Ende dieses Leitfadens eine quantitative Bewertung anhand der definierten einschränkenden und beeinflussenden Faktoren vorgenommen.

Abbildung 1
 Struktureller Prozess zur
 Auswahl geeigneter Energie-
 versorgungskonzepte für
 Quartiere (Quelle: AIT, 2023)

Auswahl	<ul style="list-style-type: none"> • Siedlungstyp • Nutzungsart (Wohnen, Mischnutzung, Bildungscampus, Freizeit, Gewerbe) • Größe des Quartiers bzw. der Quartiersfläche • Klimazone (kalt, mild, gemäßigt) • Priorisierung nach Nutzer:innen (Investor-, Bewohner-, Planer-, Bauherr*innen)
Einschränkungen	<ul style="list-style-type: none"> • Fernwärme/Gasnetz • (Frei-)Flächen zur Energiegewinnung • Geologie des Bodens • Grund-/Abwassernutzung • Legislative Vorgaben (Bebauungsplan, Raumordnung, Energieraumplanung ...) • (Netz-)Betreiber • Gebäudealter/-errichtungszeit
Beeinflussende Faktoren	<ul style="list-style-type: none"> • Technischer sowie rechtlicher Aufwand • Multiplizierbarkeit • Folgen des Klimawandels auf Versorgungssicherheit • Flexibilität in der Erweiterung • Möglichkeit zur Sektorkopplung • Berücksichtigung von Klimawandel und -anpassungsmaßnahmen • Bereitstellen einer Netzdienlichkeit • Förderungen
Variantauswahl	<ul style="list-style-type: none"> • Listung möglicher Versorgungskonzepte

Vom Gebäude bis zum nachhaltigen Quartier



In der Stadtplanung nimmt der Quartiersbegriff eine zentrale Rolle ein, er unterliegt jedoch keiner klaren Definition. Neben baulich-räumlichen Merkmalen sind zudem soziale und immaterielle Merkmale, darunter beispielsweise eine definierbare Nutzung und Gebrauch, Image sowie Selbst- und Fremdidentität für ein Quartier ausschlaggebend. Aus Sicht der Raum- und Stadtplanung stellen Quartiere wichtige Verbindungsglieder zwischen den Zielen auf gesamtstädtischer Ebene zur Projektebene dar.

Ein Quartier oder vielfach auch Stadtteil genannt ist ein intuitiv abgrenzbar verknüpfter innerstädtischer oder innenstadtnaher Bereich, in dem meist eine Nutzungsmischung vorliegt, der eine gehobene bauliche Dichte inklusive robuster Stadtstruktur mit individuellem Erscheinungsbild sowie funktionierender Nahversorgungsinfrastruktur aufweist und einen oder mehrere gemeinsame Bezugs- bzw. Orientierungspunkte im öffentlichen Raum hat². Als kleinste Einheit eines positiven Energieblocks wird ein Quartier durch mindestens 3 zusammenhängende Gebäudekomplexe bestimmt³.



Abbildung 2
Seestadt Aspern – Stadtentwicklungsgebiet Wien-Donaustadt und Seeparkquartier im Jahr 2020 (Quelle: ViennaGIS, 2023; Simone-de-Beauvoir-Platz, Quelle: wienschauen.at, 2023)

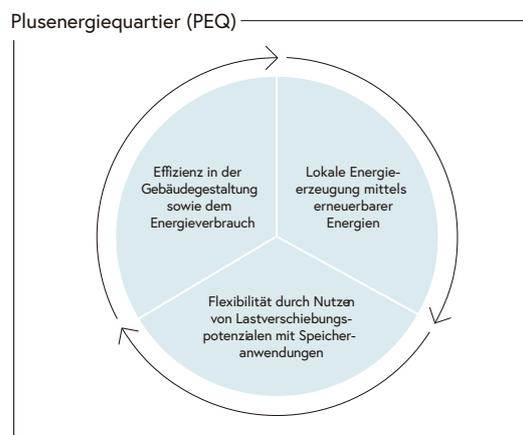


- 2 Feldmann, Philipp (2009): Die strategische Entwicklung neuer Stadtquartiere – unter besonderer Berücksichtigung innenstadtnaher oder innerstädtischer, brachgefallener Industrieareale. Köln: Immobilien-Manager-Verlag.
- 3 „European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities“ (EIP-SCC), Positiver Energieblock (PEB)

Nachhaltige Quartiere verursachen in Planung und Bau, genauso wie in der späteren Nutzung möglichst wenige Treibhausgas-Emissionen. Zu den wesentlichen Eckpfeilern eines nachhaltigen Quartiers gehören daher der Klimaschutz, eine nachhaltige Energieversorgung, Flächenplanung und Nutzungsmischung, eine Verkehrskonzeption, Durchlüftung und Luftqualität im Zuge der Bebauung, Resilienz sowie Themen rund um die Biodiversität (Abb.3).

Wesentlich ist, dass ein Quartier als Teil eines Gesamtsystems die Klimaneutralität nicht allein und sofort erreicht, sondern Synergien zwischen der zentralen und dezentralen Versorgungsebene, aber auch zwischen der energetischen und sozialen Ebenen nutzt, um eine nachhaltigere Transformation zu ermöglichen.

Abbildung 3
Eckpfeiler eines nachhaltigen
Stadtquartier (Quelle: AIT,
2023)



EXKURS

Stadt-/Quartiersentwicklung Nordwestbahnhof

Der Nordwestbahnhof ist mit 44 Hektar Fläche das letzte große innerstädtische Entwicklungsgebiet Wiens, indem bis 2035 einen klimafreundliches und sozial durchmischtes Wohn- und Arbeitsviertel entstehen soll. Geplant ist eine Umnutzung des Güterbahnhofs und dadurch Verbindung von zwei Bezirken. Bis 2035 plant die Stadt Wien in enger Kooperation mit der ÖBB die Errichtung von rund 6.500 Wohnungen und das Schaffen von 4.700 Arbeitsplätze. Zum städtebaulichen Leitbild zählen

- das Schaffen eines 10 Hektar großem Freiraum als Vernetzung und zur Erholung
- das Umsetzen gezielter klimafreundlicher Planungsansätze wie beispielsweise Dach- und Fassadenbegrünungen, ein nachhaltiges Regenwassermanagement sowie der Einsatz erneuerbarer Energien
- ein Mobilitätskonzept das den öffentlichen Nahverkehr sowie das Radfahren und zu Fuß gehen ermöglicht und forciert
- das Schaffen 3 neuer Bildungsstandorte sowie die Zwischennutzung einer ehemaligen Industriehalle als neues Zentrum für die freie Performance-, Tanz- und Theaterszene
- Büros, Lokale und Geschäfte in Verbindung mit platzsparenden Hochhäusern mit Perspektive

Beim Abbruch des bestehenden Areals sollen Materialien im Sinn der Kreislaufwirtschaft wiederverwertet werden.



Abbildung 4
Schrägluftbild mit Gebietsabgrenzung Nordwestbahnhof
(Quelle: Stadt Wien, 2023)

Hauptnutzung und Funktionen eines nachhaltigen Quartiers

Eine Unterscheidung in der Quartiersnutzung wird je nach Siedlungs- und Bewohnerstruktur getroffen. Zu den repräsentativsten Quartiersstrukturen zählen Mischungen aus Wohnbauten, Bürogebäuden, Gewerbebauten und Industrie. Mischnutzungen, die häufigste Form derzeitiger Quartiere ergeben Mehrwerte wegen der Abhängigkeiten der Nutzungen untereinander, sozialen Konsequenzen sowie nachhaltigen Vorteilen.

Wohngebäude stellen aus Sicht der Entwicklung innerstädtischer Quartiere eine zentrale und damit unumgängliche Nutzungsart dar, da sie in vielen Stadtquartieren auch den prozentual größten Anteil der Quartiersfläche sowie ein Grundbedürfnis bilden.

Bürogebäude als Produktionsstätte von Unternehmen des Dienstleistungs- und Informationssektors sind an intensive Flächenerträge gebunden, da diese einen Erfolgsfaktor für unternehmerische Leistungserstellungs- und Wertschöpfungsprozesse darstellen.

Gewerbebauten und Industrie stellen meistens einen Minderanteil in Stadtquartieren dar, da diese v.a. durch lagespezifische Kriterien bestimmt sind, häufig in Zusammenhang mit bereitgestellten Flächen durch Anmietung.

Dabei unterscheiden sich die jeweiligen Nutzungen vor allem in Bezug auf ihre Funktion innerhalb des Quartiers.

Neben den Hauptnutzungen definieren sich Quartiere v.a durch vier zentrale Funktionen des öffentlichen Raums darunter eine Verkehrsfunktion, Orientierungsfunktion, als Aufenthalts- und Erholungsort sowie Begegnungs- und Sozialisierungsort (Abb. 5)

Abbildung 5
Hauptnutzung und
-funktionen im Quartier
(Quelle: AIT 2023)



Generell bieten Quartiersstrukturen mit geringeren Bebauungsdichten hinsichtlich einer dezentralen Energieproduktion Vorteile, da im Verhältnis pro Kopf mehr Fläche zur Energieerzeugung zur Verfügung steht. Im Gegensatz dazu können sehr dicht besiedelte Quartiere aufgrund der hohen Energiedichte nur ershwert den Energiebedarf technisch sowie wirtschaftlich decken. Aus volkswirtschaftlicher Sicht ist eine autarke Energieversorgung dieser Quartiere ökonomisch nur bedingt sinnvoll, da diese mit hohen Investitionen in Energiespeicher zur Versorgungssicherheit verbunden wären. Stattdessen ist eine möglichst umfassende Nutzung lokaler klimaneutraler Energiequellen, eine hohe Energieeffizienz und ein intelligentes, sektorengkoppeltes Energiesystem verbunden mit der Einbindung in das regionale und nationale Energiesystem die versorgungssicherste und ökonomisch vielversprechendste Lösung. Der Vernetzungsgrad der Energieversorgung mit den Schnittstellen zur zentralen Infrastruktur bietet unterschiedliche Strukturierungsansätze prototypischer Quartierstypen wie aus nachfolgender Abbildung ersichtlich.

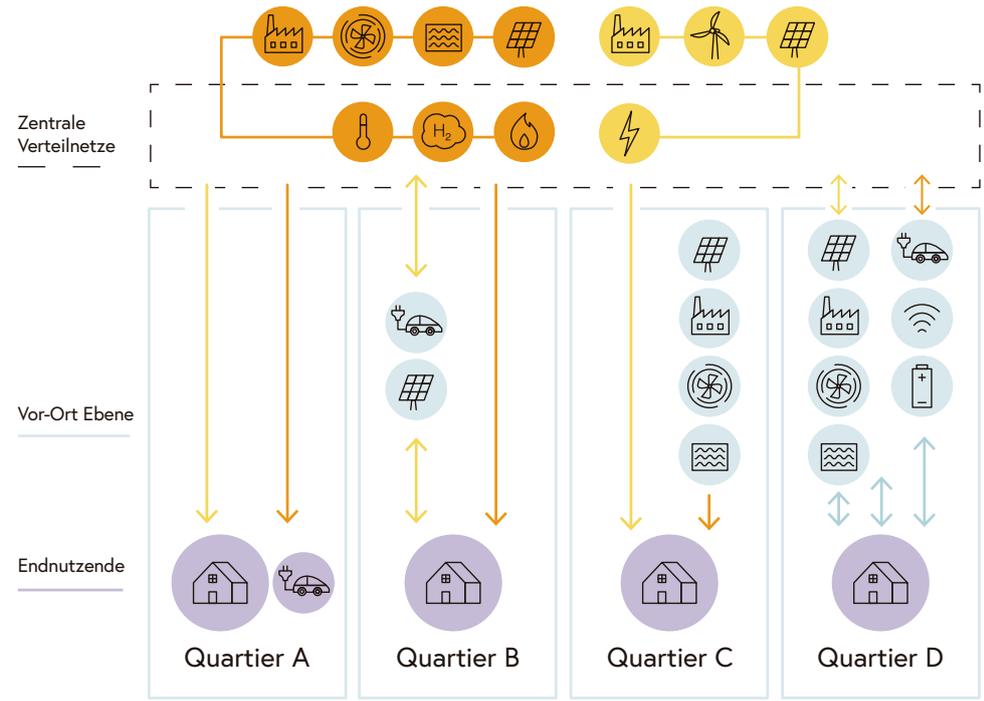


Abbildung 6
Prototypische Quartierstypen,
die jeweils verschiedene
Vernetzungsgrade der
Energieversorgungsinfra-
struktur aufweisen
(Quelle: DENA, 2023)

Grenzen und Rahmenbedingungen einer nachhaltigen Quartiersentwicklung

Die nachhaltige Ausgestaltung von Quartieren unterliegt nicht nur rein technischen Herausforderungen wie Maßnahmen zur Strom-, Wärme- und Kältebereitstellung sowie zur Reduktion des Energiebedarfs und somit auch klimaschädlicher Emissionen, sondern auch ökonomischen Faktoren sowie Interessenskonflikten beteiligter Stakeholder. Ein Quartier muss daher als Planungsraum kommunizier- und abbildbar sein, wobei eine Eingrenzung mithilfe von Quartiersmerkmalen erfolgen kann. Sozialräumliche Gebietsbestimmungen werden in der Regel mittels städtebaulicher Strukturen oder infrastruktureller Merkmale bestimmt. Im Sinn der Nachhaltigkeit werden Gebäude und Infrastrukturen im Verbund betrachtet wobei die Effizienz in der Gebäudegestaltung sowie dem Energieverbrauch, lokale Energieerzeugung mittels Erneuerbarer Energien sowie die Flexibilität durch Nutzen von Lastverschiebungspotentialen mit Speicheranwendungen wesentliche Eckpfeiler sind. Zur Quartierseingrenzung müssen zudem standortabhängige Faktoren betrachtet werden, darunter beispielsweise

- Demografische und sozioökonomische Bevölkerungsmerkmale
- Städtebauliche Barrieren und bauliche Strukturen (Gebäudealter/-errichtungszeit, Neubau/Sanierung)
- Infrastrukturelle Merkmale (Netz-/Betreiber, Fernwärme / Gasnetz, (Frei-)Flächen zur Energiegewinnung)
- Vorhandene Energiequellen und Standortbedingungen zur Deckung des elektrischen und thermischen Bedarfs (Geologie des Bodens, Grund-/Abwassernutzung, solares Strahlungsangebot, Verschattungen,
- Kosten und Wirtschaftlichkeit für Anwohner:innen, Betreiber:innen und Investor:innen
- Rechtliche Rahmenbedingungen (Bebauungsplan, Raumordnung, Energieraumplanung)

Im Sinne einer integrierten Quartiersversorgung sollten die Faktoren stets zusammen gedacht werden, um die lokalen Potenziale optimal zu nutzen.

EXKURS

Planung integrierter, sektorgekoppelter Energiesysteme

Bei der detaillierten Planung werden nicht alle Energiequellen und Komponenten zur Umwandlung und Speicherung von Energie genutzt, sondern eine optimale Kombination unter den gegebenen Rahmenbedingungen vor Ort berechnet. Die fundierte Energiesystemoptimierung muss somit nicht nur zeitlich hochaufgelöst in Stundenschritten, sondern auch sektorgekoppelt, d.h. unter Beachtung der energetischen Aufwände für Strom, Wärme, Kälte und Mobilität, erfolgen.

Definition und Bilanzierung nachhaltiger sowie klimaneutraler Quartiere

Da Emissionen in Quartieren auf unterschiedlichen Ebenen entstehen, stellt sich hinsichtlich der Bilanzierung die Frage, welche Emissionen über den Lebenszyklus in die Bilanzierung einbezogen werden, d.h. welche Sektoren und damit verbundenen Energieverbräuche berücksichtigt und wie die Energiemengen bilanziert werden. Dafür braucht es konkrete Stellgrößen innerhalb der definierten Bilanzgrenzen. Emissionen entstehen im Gebäude durch Energieerzeugung und -verbrauch, beim Einsatz von Bauprodukten (Gebäudehülle und Technik) bei der Errichtung bzw. Sanierung, bei der Baustoffherstellung und dem Rückbau. Werden Gebäude mit Fernwärme bzw. -kälte versorgt, werden damit verbundene Emissionen ähnlich wie beim Energieträger Strom dem Sektor Energiewirtschaft zugeschrieben. Nicht zuletzt ist auch die Mobilität ein weiterer wichtiger Sektor aus dem Emissionen hervorgehen.

Aus der nachfolgenden Grafik sind daher auftretende Emissionen entsprechend den zugehörigen Sektoren ersichtlich.

	Auftretende Emissionen	Zugehörige Sektoren
Quartierebene	Gebäudeintegrierte Energieerzeugung (im Betrieb)	Gebäude
	Strombezug, Netzversorgung, Fernwärme	Energie
	Baustoffherstellung	Industrie
	Baustelle, Mobilität der Bewohner:innen	Verkehr
	Bauphase und Rückbau	Abfall
	Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen (NAWAROS)	Landwirtschaft

Abbildung 7
Emissionen sowie zugehörige Sektoren
(Quelle: AIT, 2023)

Bei einer nachhaltigen Energieversorgung muss in Quartieren nicht nur die Gebäudeebene berücksichtigt werden, sondern auch der Betrieb was ein Monitoring und die Optimierung des Betriebs zu einem integralen Bestandteil eines Quartiersprojekts macht. Dabei spielt die Berücksichtigung des individuellen Nutzer:innenverhalten eine wesentliche Rolle. Das Ziel ist deshalb, den Energiebedarf mit der (innerhalb oder außerhalb des Quartiers) klimaneutral erzeugten Energie zu decken. Eine rein statische Betrachtung von Primärenergie- und Emissionsfaktoren ist nicht zielführend, es müssen ökologische sowie energetische Indikatoren der zentral vorherrschenden Infrastrukturen sowie Entwicklungskorridore geschaffen werden.

Zu den ökologischen sowie energetischen Indikatoren zählen:

- **CO₂-Neutralität:** der Betrieb, Bau sowie Rückbau eines Quartiers ist CO₂-neutral, wenn dadurch keine weiteren CO₂-Emissionen entstehen, d.h. die verursachten CO₂-Emissionen durch die Energieproduktion bzw. -import sich mit emissionsfreier Energie kompensieren. Zu den verursachten Emissionen zählen pro Jahr [t CO₂/Pers*a], pro Jahr und m² Gebäudenutzfläche [t CO₂/m²a] (alternativ pro Jahr, m² und Person) für die Sektoren Strom, Wärme/Kälte. Als Vergleichsgröße wird die prozentuale Einsparung gegenüber den CO₂-Emissionen im Landesdurchschnitt angesehen
- **Energieeffizienz und Endenergiebedarf:** der Energiebedarf eines Quartiers ist unter anderem von der Nutzungsart abhängig (Wohnen, Gewerbe, Industrie). Die entstehenden Emissionen als Ergebnis der Effizienz des Quartiers sollten daher für dieselben Nutzungsarten verglichen werden. Eine Senkung des Endenergiebedarfs kann durch effizienzsteigernde Maßnahmen und Verbesserungen bezüglich der eingesetzten Technologien und Prozesse als auch durch Veränderung des Nutzer:innenverhaltens erreicht werden.
- **Nutzung lokaler Erneuerbare-Energien-Potenzialen und Abwärme/-kälte:** Ausschöpfen der Potenziale innerhalb des Quartiers. Als Referenz können der Anteil erzeugter erneuerbarer Energie am Endenergieverbrauch [%] oder nach Sektoren Strom und Wärme sowie Kälte, die erneuerbare Erzeugung pro m² sowie der Anteil an Abwärme am Wärmeverbrauch [%] im Quartier oder in unmittelbarer Nähe zum Quartier sowie der Anteil an Abkälte am Kälteverbrauch [%] im Quartier oder in unmittelbarer Nähe herangezogen werden.

Welche Emissionen üblicherweise in den Bilanzraum des jeweiligen Quartiers miteinbezogen werden, hängt stark von den Emissionsminderungen in den jeweiligen Umsetzungsfelder darunter Effizienzsteigerungen, Wärme-, Kälte- und Stromversorgung sowie Mobilität ab (Abb.8). Dabei bietet der Neubau durch die Errichtung und städtebaulichen Strukturen mehr Optionen als die Sanierung von Bestandsquartieren auf-

grund der vorherrschenden Bedingungen. Zusätzlich zu der sektoralen Betrachtung stellt sich die Frage nach räumlichen und zeitlichen Bilanzgrenzen.

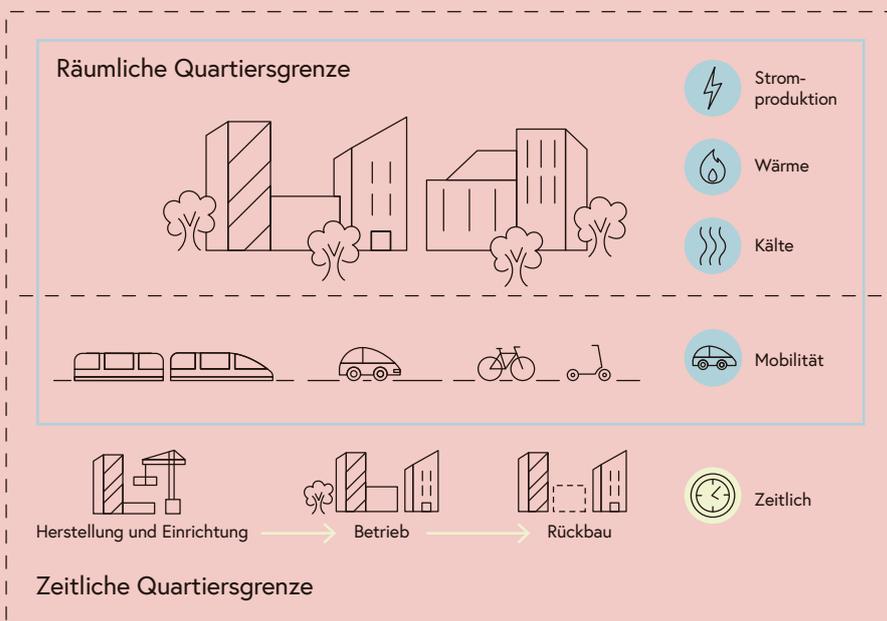


Abbildung 8
Schematische Darstellung der Bilanzgrenzen eines Quartiers nach räumlicher und zeitlicher Aufteilung
(Quelle: AIT, 2023)

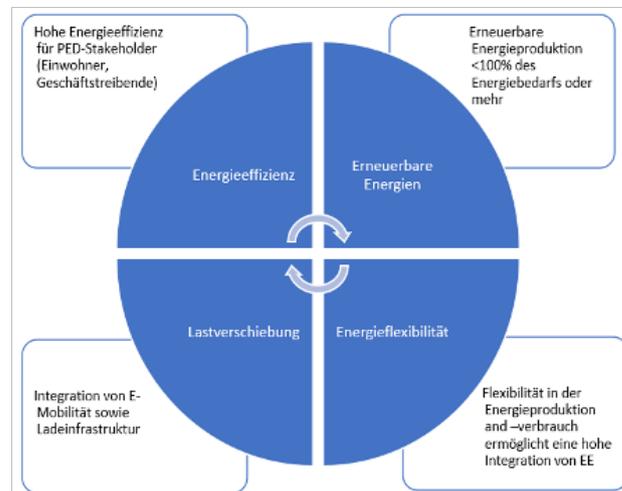
Die in der Bilanzgrenze konzipierten Quartiere bieten eine sichere Energieversorgung und berücksichtigen Mobilitätskonzepte (Auto, Fahrrad). Ein Zusammenspiel auf lokaler und regionaler Ebene ist gegeben.

Die zeitliche Bilanzgrenze bezieht sich auf die berücksichtigten Lebensphasen eines Quartiers, der Energiebedarf wird über die Nutzungsphase für den gesamten Lebenszyklus der Gebäude, Infrastrukturen und Anlagen des Quartiers mitberücksichtigt. Eine Betrachtung der grauen Emissionen, das heißt Emissionen die nicht direkt durch den Betrieb, sondern durch die Produktion und in weiterer Folge durch die Nutzung anfallen, ist derzeit nicht üblich ist aber in Bezug auf die Kreislaufwirtschaft von zunehmender Bedeutung.

Quartiersentwicklung zu Plus-Energie-Quartieren (PEQ)

Das Konzept des Plus-Energie-Quartiers zielt darauf ab, verfügbare Energiequellen vorwiegend lokal zu nutzen und somit eine positive Jahresenergiebilanz zu erreichen. Es wird daher notwendig, integrierte Energiekonzepte zu nutzen, die eine Kopplung der Sektoren Strom, Wärme, Kälte und Mobilität berücksichtigen und Synergiepotenziale zwischen den Sektoren mit einem hohen Anteil lokal erzeugter erneuerbarer Energiequellen am Energieverbrauch nutzt. Dabei sollen bei entsprechender Versorgungssicherheit die Energiekosten möglichst niedrig gehalten werden.

Abbildung 9
Elemente des Energiesystems
eines PED
(Quelle: AIT 2023)



Die wichtigsten Elemente des Energiesystems eines PEDs stellen daher die Wechselwirkungen zwischen Energieeffizienz, erneuerbarer Energieproduktion, Flexibilität in Energieerzeugung sowie -verbrauch und das Verschieben von Last zur Erhöhung des Eigenverbrauchs wie beispielsweise durch E-Mobilität dar. Zur Erreichung von Optimierungsmaßnahmen auf Quartiersebene können folgende Schritte gesetzt werden:

Energieeffizienz: Die Steigerung der Energieeffizienz im bestehenden Gebäudebestand ist eine der größten Herausforderungen der Energiewende. Im Vergleich dazu lässt sich eine hohe Energieeffizienz im Neubau relativ einfach mit geringen Kosten erreichen, wenn erneuerbare Energien sowie Speichersysteme bereits in der Entwurfsphase mitgedacht werden. Im Detail können daher folgende Maßnahmen getroffen werden:

- Auswahl eines geeigneten Gebäudedesigns (kompakte Bauweise, optimale Ausrichtung und Tageslicht durch den Einsatz passiver Klimatisierungsmaßnahmen wie passiver Sonnenschutz)
- Verbesserung der Wärmedämmung (Fenster und Isolierung zum Schutz der Gebäudehülle)

- optimierte Bauweise (wärmebrückenfreie, luftdichte Konstruktionen und Verbindungen)
- Sicherstellung eines energiebewussten Nutzerverhaltens (Verbrauchsvisualisierung, smarte Messung, adaptive Steuerung, Energiebewusstsein usw.)
- optimiertes Energiesystemdesign
 - niedrige Heizsystemtemperaturen, kurze Rohrlängen in Heizungs-, Warmwasser- und Lüftungsanlagen und dadurch geringere Wärmeverluste und weniger Energie für den Antrieb von Pumpen und Lüftern
 - Vermeidung von Warmwasserzirkulation
 - Einbeziehung von Wärmerückgewinnungssystemen in Lüftungs- und Abwassersysteme,
 - hydraulischer Abgleich aller Systeme (und damit weniger Energie für den Pumpenantrieb und Fans)
 - Einsatz bedarfsgesteuerter Heizungs- und Lüftungsanlagen (Vermeidung von Überversorgung von Räumen mit Frischluft und Wärme)
 - Einsatz hocheffizienter Haushaltsgeräte und Raumbeleuchtung (LED- oder Energiesparlampen in Verbindung mit bedarfsgerechten Steuerungssystemen)

Erneuerbare Energieproduktion: Energiesysteme für PEDs erfordern einen höheren Anteil erneuerbarer Energiequellen für Heizungs-, Kühlungs- und Stromanwendungen im Vergleich zu Standardquartieren. Dies kann durch die Integration erneuerbarer Energiequellen direkt in oder an Gebäuden (aktiv durch Photovoltaik, thermische Sonnenkollektoren, biogene Kraftstoffe, Kleinwasserkraft, Wind, Geothermie und Wärmerückgewinnung oder passiv durch solare Gewinne durch Fenster und Tageslichtnutzung als Alternative zur Beleuchtung) und deren unmittelbare Umgebung erreicht werden. Quartiersspezifische Potenziale, die je nach Standort variieren, d.h. z.B. solarer Einstrahlung, Untergrund oder Abwärme werden somit nutzbar gemacht werden. Erneuerbare Erzeugungssysteme können hierbei möglicherweise außerhalb des Quartiersstandorts liegen, aus denen sich das PED zusammensetzt, solange diese Teile des PED innerhalb seiner virtuellen Grenze des Energiesystems sind. Hinsichtlich der vorhandenen Ressourcen sollten aus Effizienzgründen Erdwärme und Grundwasser bevorzugt gegenüber Außenluft gewählt werden wobei auf die Regeneration der Energiequellen zu achten ist.

Generell ist die optimale Nutzung unterschiedlicher Speichertechnologien und eine Nutzer:innenelastizität für die Maximierung des Eigenverbrauchs, Flexibilität in Lastenverschiebungen und daraus resultierende Wirtschaftlichkeit von PEQs entscheidend. Der Energieüberschuss in Gebäuden, die von stromerzeugenden Anlagen wie Photovoltaikanlagen oder Windkraftanlagen versorgt werden, kann zur flexiblen Nutzung gespeichert oder wieder ins Netz eingespeist werden. Bei der Photovoltaik liegen die Eigenverbrauchsraten aufgrund des ökonomischen Maximums zwischen 60% und 70%. Bei Mischnutzungen und frühzeitiger Integration in den Planungsprozess können elektrische Überschüsse gezielt durch Gewerbeprozesse sowie etwaige E-Mobilitätskonzepte ge-

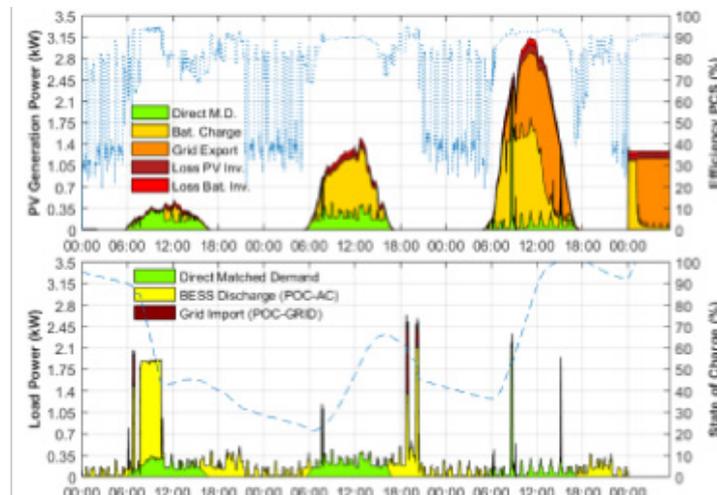
nutzt werden. Bei vorzeitiger Berücksichtigung wird zudem verhindert, dass aktive solare Flächen in Flächenkonkurrenz oder Zielkonflikte beispielsweise mit Begrünungsflächen in der Gebäudehülle treten.

Energieflexibilität: Energiesysteme sind dann flexibel, wenn kosteneffizient und zuverlässig über die Zeit hinweg Spitzenlasten, Nettolasten resultierend aus der Nutzung erneuerbarer Energien bei gleichzeitiger Reduktion des Energieverbrauchs und -verluste bereitgestellt werden können. Daher muss zumindest ein Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage in der Planung bzw. im Betrieb eines PEQs mit ausreichender Speicherkapazität (thermisch/elektrisch) inklusive Konzepten zur Sektorkopplung angestrebt werden. Speicheranwendungen senken dabei den Energieverbrauch, einhergehende Emissionen und Kosten bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung des Gesamtsystems.

Energie kann auf viele Arten gespeichert werden. Zu den elektrischen Speicheroptionen gehören:

- Elektrische Speicher, darunter Pumpspeicherkraftwerke und Batterien einschließlich großer Netzsysteme bis hin zu Systemen auf Gebäudeebene und neuerdings auch der Einbindung von Fahrzeugbatterien (V2G Vehicle-to-Grid)
- Wärmespeichersysteme einschließlich Wassertanks, unterirdische Systeme, Phasenwechselmaterialien und verschiedene Arten von Gasspeicherung einschließlich Wasserstoff- und Druckgassystemen. Allerdings auch das Fernwärmenetz selbst sowie die thermischen Massen von Gebäuden mittels Bauteilaktivierung

Abbildung 10
Beispielhafte Darstellung
von Lasten, Verbrauch und
Speicherung
(Quelle: AIT, 2023)



Lastverschiebung: Die Flexibilisierung der Verbraucher- und Erzeugerlast kann einen wichtigen Beitrag zur Integration Erneuerbaren Energien leisten. Gerade Verbraucher aus dem Bereich der Gebäudetechnik (Heizung, Lüftung, Klimatisierung) aufgrund der Ansteuerbarkeit über die Gebäudeautomatisierung und der thermischen Trägheit des Gebäudes für ein Lastmanagement geeignet. Flexible Verbraucher wie beispielsweise E-Mobilität

können den Betrieb sowie die Energiespeicherung in kostengünstige Zeiten verlagern und somit die Strombezugskosten minimieren.

Eine Netzdienstlichkeit kann durch die Aufnahme volatiler, d.h. fluktuierender thermischer sowie elektrischer Spitzen aus der Netzinfrastruktur erreicht werden, wodurch auch außerhalb des PEQs eine nachhaltige Entwicklung forciert werden kann.

In der nachfolgenden Grafik werden Versorgungs- sowie Umsetzungsvarianten dargestellt (Abb.11).

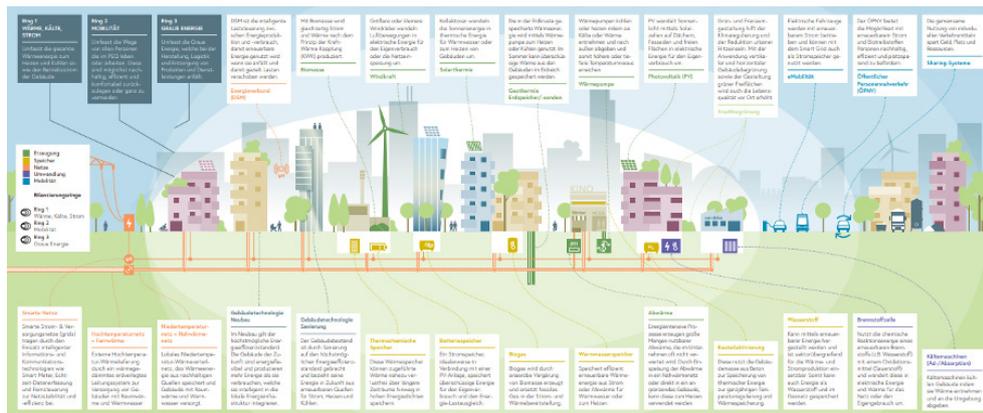


Abbildung 11
Möglichkeiten zur Umsetzung und Versorgung von Plusenergiequartieren (Quelle: Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), 2023)

EXKURS

Rechtlicher Rahmen und Initiativen zu Plusenergiequartieren

Die Konzepte der Positive Energy Blocks (PEBs) und Positive Energy Districts (PEDs) gehen ursprünglich aus dem EU-Horizon 2020 Forschungsförderungscalls „Smart Cities and Communities“ sowie dem Strategischen Energietechnologieplan (SET Plan Action 3.2⁴) der EU hervor. Ziel ist es bis 2025 EU-weit 100 PEDs zu realisieren. Auf internationaler Ebene wurde bereits 2018 eine Arbeitsgruppe bestehend aus 19 Mitgliedsländern initiiert, die im JPI Urban Europe (dem Wissens- und Innovationshub für städtische Wandlung)⁵ als Managementplattform integriert ist und mit nationalen Forschungs- und Innovationsprogrammen (F&I) sowie Netzwerken europäische Städte, F&I sowie die nationale Industrie in der Umsetzung von PEDs unterstützt. Im Zuge der JPI Urban Europe werden PED-spezifische Agenden entwi-

4 https://setis.ec.europa.eu/implementing-actions/positive-energy-districts_en

5 <https://jpi-urbaneurope.eu/>

ckelt und Co-Creation Prozesse gestartet, um Lösungen für bestehende v.a. urbane Herausforderungen auf europäischer Ebene zu finden. Die Aktivitäten knüpfen an relevante Aktivitäten des SET-Plans der EU zur Umsetzung von PEDs⁶ an wobei ein Übergang zu klimaneutralen, europäischen Städten bei gleichzeitiger Beachtung der UN-Ziele für nachhaltige Entwicklung sowie des Greens Deals⁷ entscheidend ist. Aus den Aktivitäten haben sich weitere Kooperationsinitiativen darunter beispielsweise die Technologiekooperationsprogramme (TCPs) der Internationalen Energieagentur (IEA) mit dem Annex 83 für Positive Energy Districts⁸, der sich mit der Definition und Etablierung von PEDs beschäftigt, dem Smart Cities Marketplace⁹, der Beratungsdienstleistungen und Vernetzungsaktivitäten für Städte anbietet, das Mission Innovation Netzwerk zur Dekarbonisierung von Städten und Gemeinden sowie einer COST-Action zu PEDs¹⁰ mit internationaler Beteiligung unterschiedlicher Stakeholder aus dem öffentlichen und privaten Sektor, entwickelt.

Mit der österreichischen Förderung für Pionierstädte – Partnerschaft für klimaneutrale Städte 2030 wurde Ende 2022 eine Möglichkeit geschaffen, Impulse in Richtung klimaneutrale Städte zu geben. Die Förderung zielt auf eine beschleunigte Transformation von Verwaltungsprozessen und –strukturen ab, setzt eine Neuausrichtung auf Klimaneutralität in beispielhaften Quartieren um und stellt durch die entwickelten Lösungsbausteine eine innovative Lernumgebung in einem oder mehreren beispielhaften Quartieren dar. Diese Initiativen sollen dazu beitragen das Konzept innerhalb wie auch außerhalb der EU in der breiten Masse zu etablieren.¹¹

6 setplan_smartcities_implementationplan-2.pdf (jpi-urbaneurope.eu)

7 Europäischer Grüner Deal (europa.eu)

8 IEA EBC || Annex 83 || Positive Energy Districts || IEA EBC || Annex 83 (iea-ebc.org)

9 Creating smart cities together | Smart Cities Marketplace (europa.eu)

10 PED-EU-NET | COST ACTION CA19126 – Positive Energy Districts European Network (pedeu.net)

11 <https://www.ffg.at/pionierstadt>

Integrierte Energiekonzepte als notwendiges Werkzeug zur nachhaltigen Quartiersentwicklung

Planungsgrundlagen eines nachhaltigen Quartiers

Die optimale Auslegung eines PED und die entsprechende Höhe der überschüssigen Energie können nur im größeren Energiesystemkontext bestimmt werden, was es notwendig macht, den Energiebedarf im Vergleich zu einem Referenzfall oder einer Baseline zu ermitteln was anhand jährlicher Energiebilanzen erfolgt. Im Unterschied zum Neubau sind bei der Ex-ante-Bewertung einerseits der Umfang und die Grenzen des jeweiligen Quartiers zu beachten, andererseits lokale Auswirkungen und Zielsetzungen auf Stadtebene. Zudem erfordert die Quartiersentwicklung eine Interaktion und Integration zwischen Gebäuden, Gebäudenutzern, lokalen und regionalen Energiesystemen, Mobilitätsanwendungen und IKT-Systeme sowie einen integrierten Ansatz, der Technologie, räumliche, regulatorische, finanzielle, rechtliche, soziale und soziale Aspekte und Wirtschaftsperspektiven umfasst. Es sollten daher Vermeidung maßgeschneiderte Energiesysteme bestmöglich vermieden werden, die die Möglichkeiten für Integration, Skalierung und Replikation einschränken.

Die Berechnung der Energiebilanz in PEDs ist komplex, da sie mehrere Parameter umfasst, wie beispielsweise erneuerbare Energien vor Ort, Primärenergiefaktoren, Entscheidungen über den Einsatz unterschiedlicher erneuerbarer Ressourcen, usw. Die Anforderungen an die Planung eines integrierten Quartiersenergiekonzepts werden im Folgenden kurz erläutert und die notwendigen Entwicklungsschritte dargestellt.

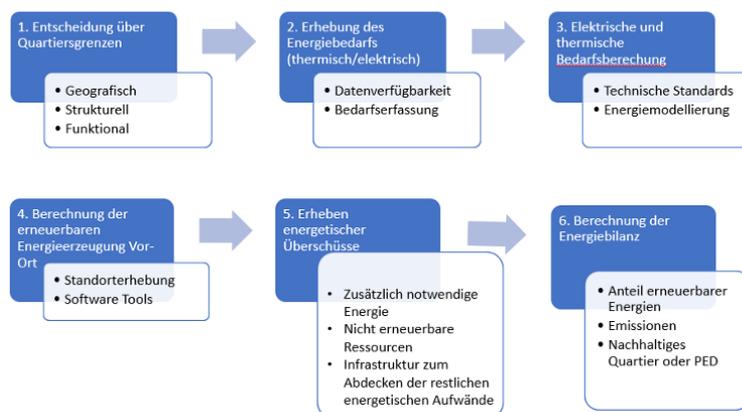


Abbildung 12
Notwendige Schritte zur Ermittlung der Energiebilanz eines nachhaltigen Quartiers (Quelle: AIT, 2023)

Die Vorgehensweise lässt sich sowohl auf die Entwicklung von Neubauquartieren als auch auf die Sanierung von Bestandsquartieren anwenden. Für ein integrales Planungskonzept bei der Quartiersentwicklung ist ein umfassender und frühzeitiger Planungs- und Beteiligungsprozess mit relevanten Stakeholder:innen darunter Nutzer:innen, Planer:innen, Architekt:innen, Infrastrukturanbieter, Investor:innen sowie Behörden jedoch unumgänglich.

Definition der Quartiersgrenzen

Eine generelle Auswahl der technischen Möglichkeiten erfolgt nach dem Siedlungstyp des Quartiers, der Klimazone sowie limitierender Faktoren für die Energieversorgung.

Quartierssiedlungstypen und Klimazonen

Die vorherrschenden Siedlungstypen in Österreich können nachfolgenden Kategorien unterschieden werden:

- Einfamilienhaussiedlung / Reihenhaussiedlung
- Zeilenbebauung mit kleinen und großen Mehrfamilienhäusern
- Zeilenbebauung mit großen Mehrfamilienhäusern und Hochhäusern
- Blockbebauung niedriger Dichte
- Blockbebauung große Dichte

Die Klimazonen lassen sich je nach österreichischem Standort in kaltes, mildes oder gemäßigttes Klima unterteilen. Eine Einteilung nach Klimazonen ist vor Auslegung der Versorgungssysteme relevant, da diese bestimmend für die Systemtemperaturen sowie die Effizienz des Versorgungssystems ist.

Limitierende Faktoren einer nachhaltigen Versorgung auf Quartiersebene

Nicht jedes Versorgungskonzept ist für jeden Siedlungstyp und jeden Standort in gleichem Maße geeignet. Zur Eingrenzung der Anzahl möglicher Versorgungskonzepte sind v.a. folgende limitierende Faktoren für ein Quartier relevant:

- Zugang zu einem Gasnetz oder bereits bestehendes Fernwärmenetz am Quartiersstandort,
- verfügbare Freiflächen in Quartiersnähe vorhanden,
- geologische Eigenschaften des Untergrunds,
- Nutzbarkeit des Grundwassers sowie Abwärmepotential aufgrund der Nutzer:innenstruktur,
- Technologische Vorgaben wie beispielsweise gewünschte Temperaturniveaus
- Einschränkungen durch legislative Vorgaben wie beispielsweise Bauordnung, Solarpflicht oder Auflagen bei Bohrvorhaben,
- Investoren und Betreiber für ein Quartiersnetz vorhanden oder angedacht

Rahmenbedingungen als Entscheidungsgrundlage für nachhaltige Energieversorgungskonzepte in Quartieren

Die Entscheidung, inwieweit in einem Quartier eine nachhaltige Energieversorgung angestrebt wird, hängt von vielfältigen, teilweise nicht quantifizierbaren Rahmenbedingungen ab, wie dem technischen und rechtlichen Aufwand, der Multiplizierbarkeit, den Folgen des Klimawandels auf Versorgungssicherheit, der Flexibilität in der Erweiterung des Versorgungskonzepts, einer möglichen Sektorkopplung, dem bereitstellen einer Netzdienlichkeit sowie Förderungen für das Vorhaben. Die tatsächliche Quartiersentwicklung wird in weiterer Folge unter dem Vorbehalt von Investoren durchgeführt. Nachfolgend werden die einzelnen Bewertungskriterien kurz erläutert:

- **Technischer sowie rechtlicher Aufwand in der Umsetzung:** Umsetzbarkeit des Versorgungskonzepts aufgrund heterogener Eigentümerstrukturen, notwendiger Platzbedarf in den einzelnen Gebäudekomplexen, technischer sowie rechtlicher Aufwand in der Umsetzung oder der Sanierung.
- **Multiplizierbarkeit des Energieversorgungskonzepts:** Berücksichtigung spezifischer Standortbedingungen darunter geologische sowie urbane Rahmenbedingungen aufgrund des Energieversorgungskonzepts.
- **Folgen des Klimawandels auf Versorgungssicherheit:** Betrachtung negativer und positiver Folgen des Klimawandels auf die Versorgungskonzept.
- **Flexibilität in der Erweiterung des Versorgungskonzept:** Potenzial des Versorgungskonzeptes, weitere Versorgungsnehmer mit aufzunehmen, ohne größere Investitionen oder notwendigen Platzbedarf sowie negative Auswirkungen auf das Klima.
- **Möglichkeit zur Sektorkopplung:** es wird die Fähigkeit zur Sektorkopplung bewertet.
- **Berücksichtigung von Klimawandel und -anpassungsmaßnahmen:** Einfachheit der betrachteten Gebäude/-komplexe im Quartier mittels nachhaltiger Technologien und Konzepten mit Kälte zu versorgen
- **Netzdienlichkeit:** Potenzial des Energieversorgungskonzeptes, einen dem Stromnetz dienlichen Betrieb zu ermöglichen. Ausnahmen bilden hier Wärmepumpen, die netzdienlich oder netzadvers betrieben werden können.
- **Förderungen** werden aufgrund des Einsatzes nachhaltiger Energiequellen bei allen Varianten als positiv bewertet und daher nicht explizit in die Bewertungsmatrix aufgenommen

Die wirtschaftlichen Vorteile nachhaltiger Energieversorgungskonzepte werden aufgrund der Relevanz aktueller Mieteinnahmen üblicherweise nicht ausreichend berücksichtigt. Zukünftig wird durch den Klimawandel und dessen Folgen die Vermietbarkeit von Immobilien und dadurch erzielbare Mieterlöse deutlich stärker von Kriterien wie Nachhaltigkeit sowie Klimaneutralität beeinflusst, da einerseits durch den besseren Gebäudestandard Energiekosten für Heizen und Kühlen eingespart werden können, andererseits Kosten für fossil betriebene Heizsysteme weiterhin ansteigen werden. Klimarisiken aufgrund des

Klimawandels werden derzeit ebenso in keiner ökonomischen Bewertung berücksichtigt, sollten künftig jedoch Berücksichtigung finden. Generell basiert die wirtschaftliche Bewertung nachhaltiger Energieversorgungskonzepte auf den Investitionskosten, Energiekosten, Kompensationskosten sowie dem Ertrag aus der Stromerzeugung.

- **Investitionskosten aus Investorensicht:** die Investitionskosten setzen sich aus den energetisch bedingten Kosten für bauliche Maßnahmen an der Gebäudehülle sowie technische Maßnahmen an der Lüftungstechnik, den Kosten für den Aufbau einer zentralen oder dezentralen Wärmeversorgung sowie den Kosten für die Installation von Photovoltaikanlagen zusammen.
- **Energiekosten aus Nutzer:innensicht sowie Betreiber:innensicht:** die Energiekosten umfassen alle Kosten, die für die Deckung des Energiebedarfs in den Gebäuden eines Quartiers anfallen. Hierzu zählen der Wärmebedarf für Heizung und Trinkwarmwasser sowie der Strombedarf für den Gebäudebetrieb und der Haushaltsstrom.
- **Kompensationskosten:** unter Kompensationskosten fallen etwaige Kosten, die für die Kompensation von Treibhausgasen berücksichtigt werden müssen.

Mit steigender Komplexität der Nutzungsmischung im Quartier erhöhen sich einerseits die damit assoziierten Investitionen und andererseits das Konfliktpotential, sowohl in Hinblick auf die Nutzung durch die unterschiedlichen Nutzer:innengruppen untereinander als auch in Bezug auf die Zielsetzungen der Quartiersplanung¹²

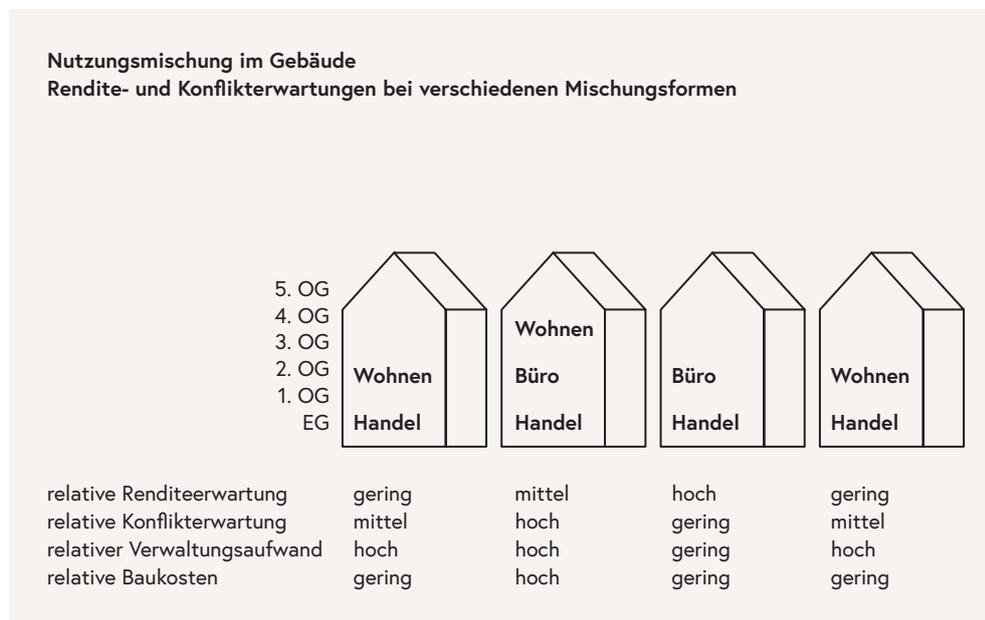


Abbildung 13
 Gemischte Quartiersnutzung
 – Konfliktpotentiale und Renditeerwartungen unterschiedlicher Nutzer:innengruppen
 (Quelle: Grzesiok, 2018)

12 Grzesiok, S. (2018), Bündnisse für Wohnen im Quartier. Ein Format integrierter und kooperativer Quartiersentwicklung. Quartiersforschung. Springer VS.

Thermische sowie elektrische Bedarfserhebung in der Quartiersversorgung

Erhebung des zukünftigen Energiebedarfes

Grundlage für die Erstellung von Quartiersenergiekonzepten ist eine detaillierte Analyse des zu erwartenden Energiebedarfs. Beachtet werden müssen sämtliche zu erwartenden Nutzenergiebedarfe wie beispielsweise die Wärme zur Beheizung von Räumen, für alle Bedarfssektoren im Endausbauzustand des Quartiers, die vom Energieversorgungssystem klimaneutral oder nachhaltig gedeckt werden müssen. Im Gegensatz dazu ist die Endenergie die Energie, die an die Endverbraucher:innen geliefert wird, also beispielsweise Strom. Obwohl für eine Optimierung des Energiesystems üblicherweise nur die aggregierten Lastkurven für Strom, Wärme und Kälte erforderlich sind, ist es sinnvoll, den Nutzenergiebedarf der einzelnen Sektoren nach Anwendungsfeldern, darunter beispielsweise Privatbedarf, gewerbliche Bauten oder Mobilität getrennt zu erheben und zu analysieren. Hierfür belastbare Annahmen zu treffen, ist eine Herausforderung, da üblicherweise Unsicherheiten bezüglich der erwarteten Nutzung des Quartiers bestehen. Bei der Planung wird das Energiesystem dementsprechend so konfiguriert, dass der ermittelte Energiebedarf klimaneutral gedeckt werden kann. Allerdings ist dabei zu bedenken, dass insbesondere bei der Wärmedämmung von Gebäuden das Maß der Gebäudeeffizienz auch von der Verfügbarkeit nachhaltiger Energiequellen abhängt. Um eine entsprechende Auswahl treffen zu können, sollten mehrere Energiebedarfsszenarien basierend auf vorab definierten Parametern wie Gebäudestandard, Verbrauch, Versorgungsquellen und Anteil erneuerbarer Energien, Eigenverbrauch und Autarkiegrad sowie deren künftige Entwicklung definiert werden, um je nach Anwendung mittels flexiblen Bedarfs eine entsprechende Auswahl treffen zu können.

Lastprofile und zeitliche Planung des Energiesystems

Aufgrund der Fluktuation und Variabilität erneuerbarer Energiequellen reicht es nicht aus, das Energiesystem auf Basis von Jahres- oder Monatswerten zu planen. Für die Berechnung des Energiesystems ist eine standortspezifische Stundenauflösung über das ganze Jahr erforderlich, wobei eine zeitlich noch feinere Auflösung aufgrund von Prognoseunsicherheiten sowie potenziell vorhandener thermischer und elektrischer Ausgleichsspeicher nicht notwendig ist.

Bei der Ermittlung der künftig zu erwartenden Strombedarfe im Quartier wird typischerweise auf Simulationstools mit Standardlastprofilen entsprechend den Nutzungsarten zurückgegriffen.

Die Skalierung der einzelnen Profile erfolgt meist ausgehend vom derzeitigen spezifischen Bedarf pro Person oder Quadratmeter Nutz- oder Wohnfläche unter Berücksichtigung der erwarteten Effizienzsteigerung in diesem Sektor. Ein weiterer bestimmender Faktor ist die Berücksichtigung von Elektrofahrzeugen, d.h. eine Abschätzung der Anzahl der im Quartier erwarteten E-Fahrzeuge, ihrer Fahrleistungen, der Ladeinfrastruktur und des Ladeverhaltens. Zukünftig könnte auch in Österreich ein kontrolliertes bzw. bidirektionales Laden an Relevanz gewinnen, bei dem angeschlossene Elektrofahrzeuge einen Teil der Batterieladung im Bedarfsfall auch dem Stromnetz zur Verfügung stellen. Diese Variante bringt eine weitere Flexibilisierung elektrischer Lasten und reduziert zeitgleich die Netzbelastung ist jedoch aufgrund legislativer Vorgaben in Österreich noch nicht möglich. Eine Prognose unterschiedlicher elektrischer Lasten weist zwar eine große Unsicherheit auf, jedoch können v.a. dezentrale elektrische Speicher kleiner Spitzen ausgleichen. Wesentlich ist also nicht das Lastprofil, sondern eine belastbare Abschätzung des Tagesenergiebedarfs im Verbund.

Weiterer elektrischer Bedarf wie etwa für Klimakälte, sofern dieser noch nicht bei der Nutzung von Kompressionskältemaschinen enthalten ist oder die Betankung von Wasserstofffahrzeugen stellen Spezialfälle dar und müssen jeweils für den spezifischen Fall ermittelt werden.

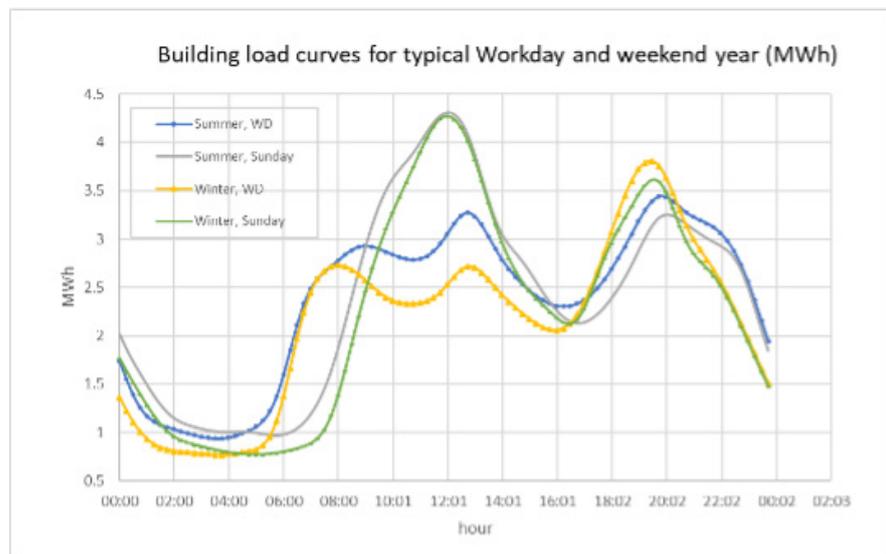
Hinsichtlich der Lastprofile des Wärmebedarfs werden üblicherweise die Nutzenergiebedarfe, beispielsweise Raumwärme und der Wärmeinhalt des Trinkwarmwassers, ermittelt. Der Raumwärmebedarf hängt von der Gebäudeeffizienz und dem Standortklima ab und wird aus den entsprechenden Gebäudeparametern bzw. Softwarelösungen bereitgestellt. Der Trinkwasserbedarf hängt ebenso von der Gebäudenutzung und der Anzahl an Nutzer:innen ab. Für reine Wohnquartiere lässt sich im Vergleich zu Gewerbe- und Industriequartieren bzw. Mischnutzungen aus Wohnen, Industrie sowie Gewerbe, der Wärmebedarf relativ genau berechnen. Ist eine detaillierte Erhebung nicht möglich, kann auch der Endenergiebedarf erfasst werden wobei in diesem Fall möglicherweise technische Lösungen in der Systemoptimierung aufgrund des Detaillierungsgrads nur mehr eingeschränkt nutzbar sind. Wichtig ist, die Berücksichtigung von Umwandlungs-, Verteil- und Speicherverlusten ebenfalls in die Systembetrachtungen mit einzubeziehen.

Welche Gewerbe- und Industriebetriebe sich in einem Quartier ansiedeln und wie sich daraus der Prozesswärmebedarf entwickelt, lässt sich in der Planungsphase sehr schwer prognostizieren. Zudem unterscheiden sich die geforderten Temperaturniveaus stark vom Gebäudealter sowie der eingesetzten Technologie welche auch bestimmend für die Wärmeinfrastrukturvarianten sind. So kann ein Nahwärmenetz beispielsweise entweder mit üblicher Vorlauftemperatur von etwa 70°C bis 90°C, als Niedertemperaturnetz mit ca. 40°C oder als sogenanntes kaltes Wärmenetz mit Vorlauftemperaturen zwischen 10°C und 20°C betrieben werden, wobei in den letzten beiden Fällen dezentrale Wärmepum-

pen erforderlich sind, um die notwendigen Temperaturniveaus für das Trinkwarmwasser und im letzten Fall auch für Raumwärme zur Verfügung zu stellen. Generell lassen sich bei niedrigeren Temperaturniveaus meist mehr Abwärmequellen aus dem Quartier direkt nutzen.

Im Sanierungsfall werden oftmals nicht die gleichen Effizienzniveaus wie bei Neubauten erreicht. Vielfach weisen Bestandsgebäude dieser Quartiere heterogene Temperaturanforderungen auf, die im Energiekonzept adressiert werden müssen, was eine detaillierte Klassifizierung der Gebäude nach Energieart bzw. Charakteristik (Standard-/Spitzenlasten) notwendig macht.

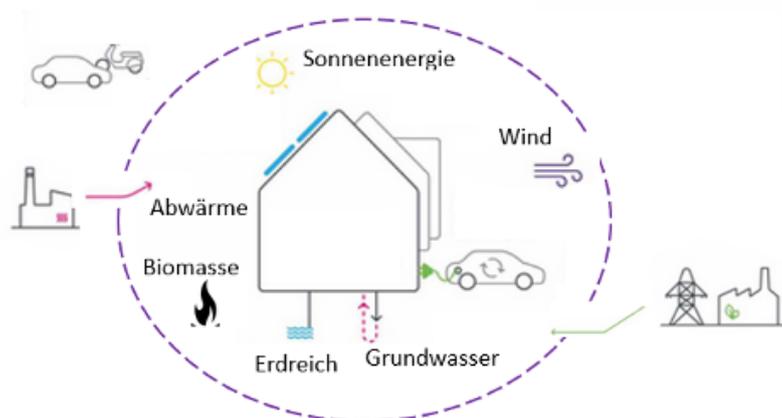
Abbildung 14
Exemplarische Lastkurve
eines Gebäudes
(Quelle: AIT, 2023)



Ermittlung verfügbarer nachhaltiger Energiequellen

Ein wesentlicher Faktor zur Erreichung einer nachhaltigen Quartiersversorgung ist das vorherrschende erneuerbare Potential innerhalb des Quartiers oder in der näheren Umgebung. Vor allem bei Quartieren mit hohen Energiebedarfsdichten reicht das lokal vorhandene erneuerbare Energiepotenzial üblicherweise nicht zur Vollversorgung aus weshalb zusätzliche Potentiale aus der Region oder dem Bundesland mitberücksichtigt werden sollten. Diese Tatsache ist entscheidend für die Struktur der Energieversorgung. Mögliche erneuerbare Quellen sind in nachfolgender Abbildung dargestellt.

Abbildung 15
Verfügbare nachhaltige Energiequellen für die Quartiersnutzung
(Quelle: AIT, 2023)



Technische Konzepte zur Stromversorgung nachhaltiger Quartiere

Photovoltaikanwendungen auf Quartiersebene

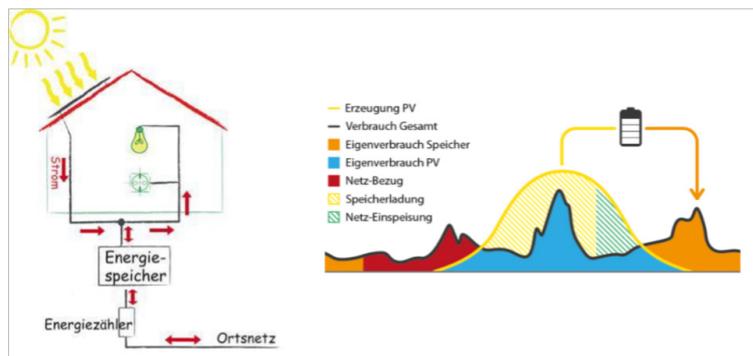
Solarenergie ist in den meisten Quartieren die erneuerbare Energiequelle mit dem größten Potenzial, wobei die thermische Nutzung mittels Solarwärme oft begrenzt ist, dafür stellt die Solarstromerzeugung mit Photovoltaik die größte lokale Energiequelle im Quartier da.

Für die Ermittlung der Solarpotenziale ist eine detaillierte Analyse potenzieller Dach- und Fassadenflächen auf und an den Gebäuden sowie verfügbarer Freiflächen neben dem Abzug ungeeigneter Flächen wie beispielsweise technischer Aufbauten im betrachteten Quartier erforderlich. Gründächer und -fassaden, die im städtischen Bereich zur Vermeidung von Heat Islands an Relevanz gewinnen, schließen dabei eine Doppelnutzung mit Solarenergien nicht aus. Innerhalb eines Quartiers stellt die direkte Nutzung des solar produzierten Stroms aufgrund der Energiepreisgestaltung eine ökonomisch vorteilhafte Variante dar, die durch den Ansatz von Energie- und Bürgergemeinschaften unterstützt wird.

Kopplung von PV und Speichersystemen auf Quartiersebene

Zwar liefern PV-Anlagen kostenlosen Strom jedoch weicht die Stromerzeugung im Tagesverlauf sowie auch jahreszeitlich vom Verbrauch ab. Dies resultiert im Sommerhalbjahr in elektrischen Überschüssen mittels Erzeugungsspitzen, die in weiterer Folge in die vorhandene Netzinfrastruktur eingespeist werden müssen. Im Winterhalbjahr reicht die elektrische Produktion für eine Vollversorgung meist nicht aus was in einem hohen Netzbezug resultiert was in Belastungen für das übergeordnete Energiesystem darstellen kann. Werden nicht nur lokale Potentiale im Quartier genutzt, sondern auch regionale Potentiale, d.h. durch Wind oder Biomasse, lassen sich diese Belastungen reduzieren. Eine weitere Möglichkeit Lastspitzen zu verschieben, stellen Batteriespeichersysteme in Kopplung mit der PV dar. Energiemanagementsysteme sowie Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützen durch die Darstellung und Vernetzung mehrerer Gebäude oder des gesamten Quartiers den Nutzen von Photovoltaik- und Speicherkapazitäten auf Quartiersebene. Der Einsatz von Batteriespeichern ist in den meisten Fällen jedoch nur zum kurzfristigen Speichern von Strom über mehrere Stunden bis wenige Tage geeignet, da einerseits bei längeren Speicherdauern deutliche Verluste auftreten und andererseits die Wirtschaftlichkeit eines Speichers proportional zur Zahl der Ladezyklen steigt. Aufgrund der Tagesschwankungen der Solarstromerzeugung ist ein Batteriespeicher so auszulegen, dass er einmal pro Tag be- und entladen wird, der Ausgleich der saisonalen Schwankungen der Solarstromerzeugung ist mit Speichern ökonomisch noch nicht sinnvoll.

Abbildung 16
 Beispielhafte Darstellung eine
 PV-Systems inkl. Speicher
 sowie Lastenverschiebung-
 potential
 (Quelle: SAB Plitsch, 2023)



EXKURS

Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)

IKT sind für die Funktionen eines PEDs als intelligente Lösung zur Visualisierung, Datenverarbeitung und automatisierten Regelung und Optimierung von entscheidender Bedeutung. Der optimale Betrieb von PEDs erfordert hohe Anforderungen an die Interoperabilität zwischen verschiedenen Stakeholdern, Systeme und Geräte, einschließlich systematischer Datenaustausch über Anwendungsprogrammierschnittstellen (APIs) mit definierten Ontologien.

IKT unterstützt daher abhängig von den Anforderungen in sämtlichen Lebenszyklusphasen von der Planung, Gestaltung, Bau und Betrieb von Gebäuden, Infrastruktur und städtischen Komponenten. Folgende Anwendungen können im Prozess einer nachhaltigen Quartierslösung über IKT-Anwendungen erfüllt werden:

- **Interoperabilität und Integration:** Durch die Komplexität der Systeme von mehreren Anbietern, in Gebäuden mit unterschiedlichen Eigentümerstrukturen wird eine übergeordnete Kontrolle notwendig, die mittels IKT bewerkstelligt wird. Zudem wird es notwendig sich auf gemeinsame Standards zu einigen, um eine Zusammenarbeit der Einzelsysteme zu ermöglichen.
- **Energiemanagement:** Intelligente Energiemanagementsysteme übernehmen die Kontrolle und optimieren die Energieflüsse optimieren als Ausgleich der lokalen Nachfrage und des Angebots von erneuerbaren Energietechnologien einschließlich Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge, Lastverschiebung und Energiespeicherung.
- **Lokaler Marktbetrieb über Energiegemeinschaften:** Zahlreiche Quartieren nutzen die Möglichkeit zum Aufbau von Energiegemeinschaften inklusive Plattformen für den lokalen Energiehandel
- **Bürgerbeteiligung und Awareness Rising:** Mittels smarterer Benutzeroberflächen werden Stakeholder sensibilisiert und aktiv in Prozesse eingebunden was eine deutliche Akzeptanzsteigerung sowie Verhaltensänderungen nach sich ziehen

- **Stadtmanagement und Datendarstellung:** IKT werden als Plattformen zur Unterstützung einer faktenbasierten Politikgestaltung und zur Steigerung der Transparenz für Bürger genutzt. Mittels BIM Ansätzen werden Gebäude und Quartiere vermehrt visuell als 3D-Modelle dargestellt und dienen so als Informationsquelle zur Stadtlandschaft und gebauten Umwelt

Kopplung von PV und Mobilität auf Quartiersebene

Vorteile hinsichtlich der direkten Nutzung produzierter Solarenergie erzielen auch die Kombination von PV-Anlagen und Elektromobilität. Die Lastprofile zur Beladung von Elektrofahrzeugen unterscheiden sich jedoch häufig von den Erzeugungsprofilen des Solarstroms, allerdings kann durch gesteuertes Laden der Elektrofahrzeuge der Anteil des Eigenverbrauchs und damit der direkten Nutzung des Solarstroms deutlich gesteigert werden, wobei die zeitliche Verteilung zwischen Be- und Entladen einen wesentlichen Einflussfaktor darstellt. Eine Flexibilisierung ermöglicht das Konzept des bidirektionalen Ladens, bei dem das Elektroauto einen flexiblen Speicher darstellt und damit kurzfristige sowie fluktuierende Lasten abfedern kann. Zudem reduzieren sich die notwendigen Kapazitäten elektrischer Speichersysteme auf Quartiersebene, was ökonomische Vorteile bringt. Aufgrund legislativer Vorgaben ist dieses Konzept jedoch noch nicht in Österreich umsetzbar.

Eine Kopplung des Strom- und Mobilitätssektors ermöglicht zudem die Herstellung von Wasserstoff mittels Elektrolyseurs, der Wassermoleküle in Wasserstoff- und Sauerstoffmoleküle aufspaltet. Mit Hilfe des erneuerbar produzierten Wasserstoffs lassen sich Wasserstofffahrzeuge über Brennstoffzellen betreiben, die als Abgas nur Wasserdampf abgeben und somit keine umweltschädlichen Stoffe freisetzen. Aufgrund der Umwandlungskette weist diese Versorgungsalternative jedoch höhere Verluste bzw. dadurch eine geringe Gesamteffizienz im Vergleich zu einem batteriebetriebenen Elektrofahrzeug auf. Einsatzmöglichkeiten finden sich jedoch bei öffentlichen Verkehrsmitteln im Quartier sowie der Industrie. Eine weitere Nutzung von Wasserstoff als Power-to-Gas (P2G) Anwendungen ist derzeit aufgrund fehlender Infrastruktur zur saisonalen Speicherung sowie fehlender Anwendung nicht als Quartierslösung geeignet.

EXKURS

Energie- und Bürger:innengemeinschaften

Ganz allgemein sind Energiegemeinschaften Konzepte, die es erlauben Energie untereinander zu verkaufen bzw. einzukaufen unabhängig von einem konventionellen Energieversorger. Der Energiebedarf, der nicht durch Bezug aus der Energiegemeinschaft gedeckt werden kann, wird wie bisher vom konventionellen Energieversorger gedeckt. Möglich sind derartige Betreibermodelle durch eine Gesetzesgrundlage basierend auf der Renewable Energy Directive¹³ und der Electricity Market Directive¹⁴, die 2021 in nationales Recht umgesetzt wurden.

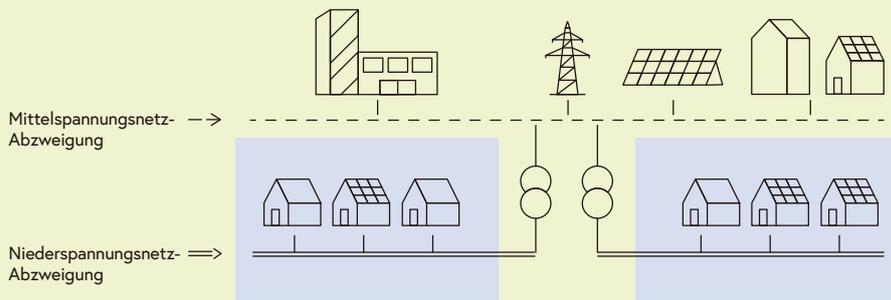
In Österreich werden 3 Arten von Energiegemeinschaft unterschieden

- **Gemeinschaftliche Erzeugungsanlagen:** eine gemeinschaftlichen Erzeugungsanlage ist die geografisch beschränkteste Form einer Energiegemeinschaft. Diese kann innerhalb eines Mehrparteienhauses mit beispielsweise einer Photovoltaikanlage am Dach umgesetzt werden, oder aber zwischen mehreren Gebäuden innerhalb einer Liegenschaft, die über Direktstromleitungen verbunden sind. Für die Umsetzung von gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen ist keine Nutzung des öffentlichen Stromnetzes vorgesehen. Rechtliche Details zu gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen sind im EIWOG, §16a¹⁵ festgeschrieben.
- **Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften:** Erneuerbare-Energiegemeinschaften sind in der Umsetzung geografisch mittels Netzebenen sowie auf das Konzessionsgebiet eines Netzbetreibers beschränkt. Dabei wird zwischen zwei Formen unterschieden, den lokale Erneuerbaren-Energiegemeinschaft bei denen sich sämtliche Teilnehmende innerhalb desselben Niederspannungsabzweigs befinden und regionalen Erneuerbaren-Energiegemeinschaft, bei den sich sämtliche Teilnehmende innerhalb desselben Mittelspannungsabzweigs befinden. Eine schematische Darstellung ist aus den nächsten Grafiken zu entnehmen.

13 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2018.328.01.0082.01.ENG& toc=OJ:L:2018:328:TOC

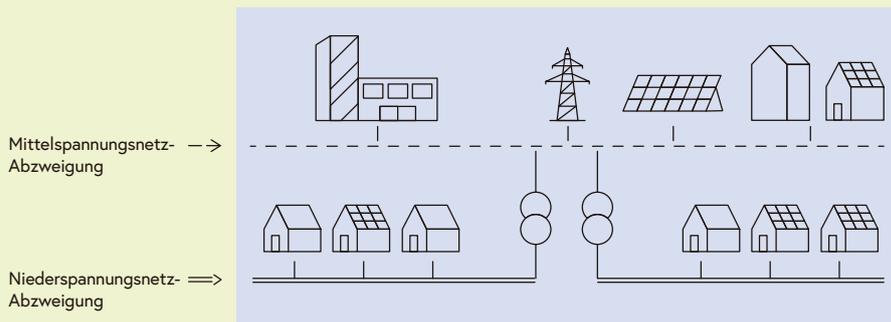
14 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/TXT/?uri=CELEX:32019L0944>

15 <https://www.ris.bka.gv.at/NormDokument.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer= 20007045& FassungVom=2018-07-03&Artikel=&Paragraf=16a>



Lokale EEG

Teilnehmende innerhalb desselben Niederspannungsabzweigs



Regionale EEG

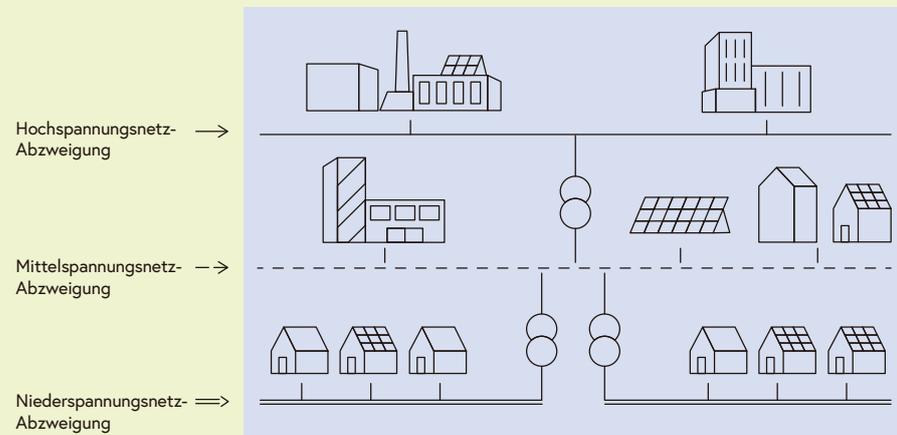
Teilnehmende innerhalb desselben Mittelspannungsabzweigs

Abbildung 17
Schematische Darstellung
einer möglichen lokalen
Erneuerbare-Energie-
Gemeinschaft (Quelle: AIT,
2023)

Abbildung 18
Schematische Darstellung
einer möglichen Bürgerenergie-
Gemeinschaft (Quelle: AIT, 2023)

- **Bürger:innenenergiegemeinschaften** Bürgerenergiegemeinschaften können überregional etabliert werden und somit Teilnehmende in ganz Österreich verteilt umfassen.

Abbildung 18
Schematische Darstellung
einer möglichen lokalen
Erneuerbare-Energie-
Gemeinschaft (Quelle: AIT,
2023)



BEG EEG

Teilnehmende können von ganz
Österreich aus teilnehmen

Neben der geografischen Ausdehnung gibt es weitere Unterschiede zwischen Erneuerbaren-Energiegemeinschaften und Bürgerenergiegemeinschaften, von denen die Wesentlichsten in übersichtlich Form in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind.

Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften	Bürger:innenenergiegemeinschaften
Strom und Wärme als Energieform	Strom als Energieform
Ausschließlich erneuerbare Energie	Strom aus sämtlichen Energiequellen
Geografische Beschränkung über Netzebenen (lokale/regionale EEG), im Konzessionsgebiet eines Netzbetreibers	Keine geografische Beschränkung innerhalb Österreichs
Finanzielle Anreize: reduzierte Netzentgelte, Entfall der E-Abgabe & des Erneuerbaren-Förderbeitrags	-
Beschränkte Teilnehmer:innenstruktur; z. B. Ausschluss von Großunternehmen und Energieversorgungsunternehmen	Sehr offene Teilnehmer:innenstruktur; auch Großunternehmen und Energieversorgungsunternehmen zugelassen (jedoch ohne Kontrollausübung)

Tabelle 1
Wesentlichste Unterscheidungsmerkmale von Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften und Bürger:innenenergiegemeinschaften (Quelle: AIT, 2023)

Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft

Eine Erneuerbare-Energiegemeinschaft „hat ihren Mitgliedern oder den Gebieten, in denen sie tätig ist, vorrangig ökologische, wirtschaftliche oder sozialgemeinschaftliche Vorteile zu bringen.“ Das heißt, der Hauptzweck einer Erneuerbaren-Energiegemeinschaft darf nicht im finanziellen Gewinn liegen, wobei generell das Generieren finanzieller Vorteile nicht ausgeschlossen ist. Um Energiegemeinschaften sowohl für Erzeuger als auch für Verbraucher finanziell attraktiv zu gestalten, sollte innerhalb einer Energiegemeinschaft eine gewisse Bepreisungslogik wie in der nachfolgender Abbildung dargestellt, zur Anwendung kommen.

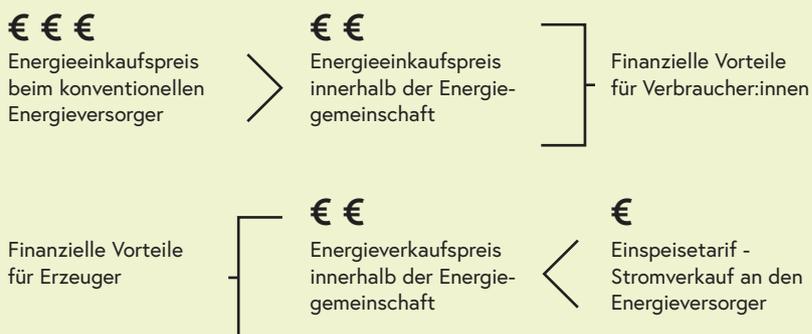


Abbildung 20
Bepreisungslogik rund um Energiegemeinschaften (Quelle: AIT, 2023)

Die in der Abbildung dargestellte grundlegende Bepreisungslogik gilt sowohl für Erneuerbare-Energiegemeinschaften als auch für Bürgerenergiegemeinschaften. Die geeignete Wahl des Energiepreises stellt daher innerhalb einer Energiegemeinschaft den weitaus größten ökonomischen Hebel dar. Wird ein Energiedienst-

leister für entsprechende Services im Zuge der Erneuerbare-Energiegemeinschaft beauftragt wie z.B. Planung der EG, Betrieb und Abrechnung, ist zu bedenken, dass hier Zusatzkosten anfallen, die insgesamt nicht höher sein sollten als die Einsparungen der Teilnehmenden durch die Partizipation an der Energiegemeinschaft. Auch ist aufgrund der derzeitigen Preissituation am Energiemarkt und der dadurch bedingten hohen Einspeisetarife für die Überschusseinspeisung von erneuerbaren Erzeugungsanlagen, fraglich, ob eine Bereitschaft zur Teilnahme an Energiegemeinschaften besteht. Da der Energiemarkt jedoch Schwankungen unterliegt, bieten Energiegemeinschaften den teilnehmenden Akteur:innen eine langfristige Möglichkeit zur sicheren und beständigen Bepreisung.

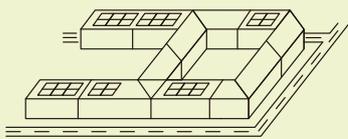
Empfehlungen zur Umsetzung einer Erneuerbare-Energie-Gemeinschaft auf Quartiersebene

- Wahl der Art der Energiegemeinschaft: werden überregionale Teilnehmer:innen oder Akteur:innen wie Großunternehmen oder Energieversorger in die Energiegemeinschaft integriert, kommt nur die Gründung einer Bürgerenergiegemeinschaft in Frage. Sind die Teilnehmenden in unmittelbarer räumlicher Nähe angesiedelt, wie bei einem städtischen Quartier, ist zu empfehlen eine Erneuerbare-Energiegemeinschaft zu wählen.
- Wahl der Rechtspersönlichkeit: bei Gründung einer Energiegemeinschaft ist eine zugrunde liegende Rechtspersönlichkeit unerlässlich. In vielen Fällen wird ein Verein oder Genossenschaft gegründet, da sich der Aufwand der Gründung im Verhältnis zu anderen Optionen in Grenzen hält. Auch ist keine Einlagensicherung oder Stammkapital erforderlich. Zu bedenken ist jedoch, dass Kreditinstitute in solchen Fällen keine Finanzierungszusagen für z.B. erneuerbare Erzeugungsanlagen erteilen, da derartige Rechtspersönlichkeiten aus Bankensicht aufgrund des einfachen Ein- und Austritts mit großer Unsicherheit behaftet sind. Sollten also seitens der Energiegemeinschaft keine fremdfinanzierten Gemeinschaftsinvestitionen geplant sein, ist die Gründung eines Vereins oder einer Genossenschaft die einfachste Variante. Eine weitere Option ist, eine Energiegemeinschaft in bereits bestehende Rechtspersönlichkeiten einzugliedern, da in einem solchen Fall keine Neugründung erfolgen muss. Bei Gründung muss die Rechtspersönlichkeit aus mindestens zwei Teilnehmenden, d.h. zwei unterschiedlichen natürlichen oder juristischen Personen bestehen sowie aus mindestens einer Erzeugungsanlage. Als technische Anforderung ist lediglich ein Smart Meter notwendig, der Erzeugungs- und Verbrauchswerte in 15-Minuten-Schritten an den Energieversorger weitergibt. Zudem muss der Energieaufteilungsschlüssel nach statischer

(fixer Anteil) oder dynamischer (Energiemengenzuordnung auf Basis der Gesamtlast) Aufteilung festgelegt werden.

- Zusammensetzung der Teilnehmenden: Für den Fall, dass die oben vorgestellte Bepreisungslogik angewandt wird, ist es sowohl für Verbraucher als auch für Erzeuger ökonomisch vorteilhaft, so viel Energie wie möglich direkt in der Energiegemeinschaft zu verbrauchen. Ein möglichst diverser Teilnehmendenkreis mit heterogenen Lastprofilen stellt aufgrund der fluktuierenden Energieerzeugung sowie dem zeitlich verschiedenen Energiebedarf einen klaren Vorteil dar, da auf diese Weise Synergieeffekte genutzt werden können. Zudem ist es vorteilhaft unterschiedliche Erzeugungsanlagen innerhalb einer Energiegemeinschaft zu vereinen, um ein größeres erneuerbares Potential auszuschöpfen.
- Unterschiedliche Besiedlungsstrukturen: In Österreich können 4 unterschiedliche Besiedlungsstrukturen unterschieden werden: städtische Gebiete, Vorstadt- bzw. Kleinstadtgebiete, ländliche Gebiete sowie gemischte Gebiete (Abbildung 21). Wesentlich für Energiegemeinschaften sind unterschiedliche Gebäudecharakteristika hinsichtlich der Dachflächen für die Photovoltaikinstallation. Das Verhältnis Wohnfläche zu Dachfläche im städtischen Gebiet ist jedoch eher als ungünstig zu klassifizieren, wodurch eine Kombination unterschiedlicher Gebäudetypen bzw. unterschiedlicher Besiedlungsstrukturen durchaus vorteilhaft für eine Energiegemeinschaft sein kann. Bei einem Zusammenschluss unterschiedlicher Besiedlungsstrukturen kann es sein, dass aufgrund der geografischen Lage nur eine Bürgerenergiegemeinschaft in Frage kommt, was im jeweiligen Fall mit dem/den Netzbetreiber/n zu klären ist.

Stadtgebiet



Vorstadt- bzw. Kleinstadtgebiet



Gemischtes Gebiet



Ländliches Gebiet



Abbildung 21
Exemplarische Besiedlungsstrukturen nach städtischem Gebiet, Vorstadt- bzw. Kleinstadtgebiet, ländlichem Gebiet sowie gemischtem Gebiet (Quelle: AIT, 2023)

Bürger:innengemeinschaften

Für Bürger:innenenergiegemeinschaften finden keine der genannten finanziellen Vorteile, wie sie für Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften gelten, Anwendung. Bürger:innenenergiegemeinschaften erlauben jedoch die Teilnahme von Groß- und Energieversorgungsunternehmen, die in vielen Fällen über signifikantes Kapital verfügen, wodurch größere Investitionen in erneuerbare Erzeugungsanlagen kein Hindernis darstellen. Von großen Erzeugungsmengen innerhalb der Energiegemeinschaft profitieren bei entsprechend angewandter Bepreisungslogik lt. Abbildung 9 sämtliche Verbraucher:innen innerhalb der Gemeinschaft, wodurch finanzielle Vorteile generiert werden. Zudem unterliegen Bürger:innenenergiegemeinschaften keinerlei geografischen Begrenzungen, weshalb Synergieeffekte bei der Stromproduktion genutzt werden können (z.B. wolkenloser Himmel in Wien → hohe Stromproduktionsmengen aus Photovoltaikanlagen, Regenwetter in Tirol → quasi keine Stromproduktion aus Photovoltaikanlagen), wodurch sich die Versorgungssicherheit, auch in einem Quartier, signifikant erhöht. Das Potenzial von Bürger:innenenergiegemeinschaften wird oftmals verkannt, da die Vorteile bei Erneuerbare-Energie-Gemeinschaften offensichtlicher sind, jedoch durch die Wirkweise die regionale sowie lokale Wertschöpfung erhöhen wird.

Wasserkraft und Windkraft als dezentrale Versorgungsvarianten im Quartier

Potenziale an Wasserkraft und Windkraft hängen stark von lokalen Begebenheiten ab. Diese sind in städtischen Quartieren meist nur in geringem Umfang vorhanden. Kleinwindkraftanlagen lassen sich zwar auf Gebäuden installieren, üblicherweise reicht die Windgeschwindigkeit in Städten aufgrund der Bebauungsstruktur nicht aus, um vor Ort einen wesentlichen Beitrag zur Stromerzeugung zu liefern. Im Kontext einer objekt- und sektorenübergreifenden Erzeugung und Speicherung werden diese Energieformen künftig dennoch auf Basis dezentraler, regenerativer Stromerzeugungslösungen in Quartieren an Bedeutung gewinnen. Die Sektorenkopplung wird in großem Umfang als Elektrifizierung des Wärme- und Mobilitätssektors umgesetzt, was unmittelbar mit einem steigenden Strombedarf einhergeht. Basierend auf zukünftiger, digitaler Infrastruktur für das Gesamtsystem, kann somit eine möglichst effektive Übertragung des regenerativen Stroms in die Sektoren Wärme und Mobilität im Quartier stattfinden. Die dadurch im Quartier entstehende Energie-Flexibilität wird als Netz- bzw. Systemdienstleistungen genutzt womit auch die Relevanz von Wasserkraft und Windkraft als Versorgungslösungen im Quartierskontext steigt.

Technische Konzepte zur Wärmeverversorgung auf Quartiersebene



Technische Konzepte für eine nachhaltige Energieversorgung von Quartieren sind vielfältig, unterscheiden sich in einer dezentralen, gebäudeweisen Versorgung, einer zentralen quartiersbezogenen Versorgung oder quartiersübergreifende Versorgung. Zum Unterschied zu quartiersbezogenen Versorgungskonzepten unterscheiden sich zentrale Versorgungskonzepte darin, dass die Wärmeerzeugung an einem zentral im Wohnquartier gelegenen Ort geschieht und die Wärme über das Wärmenetz an die einzelnen Gebäude verteilt wird. Die Wärmeübergabe im Gebäude erfolgt über einen Wärmetauscher in einer Übergabestation, welche das Gebäude hydraulisch vom Wärmenetz entkoppelt.

Um die Auswahl zu erleichtern, sollte auf gängige Versorgungslösungen zurückgegriffen werden, deren Verfügbarkeit nicht zu stark eingeschränkt ist und bei denen es zu keinen großen technischen sowie legislativen Herausforderungen kommt. Zu den wichtigsten erneuerbaren Energieträgern zählen Biomasse, Geothermie sowie Solarthermie.

Biomasse

Energie und Wärme aus Holz sind als klima-, wirtschafts- und verbraucherfreundliche Energieformen unverzichtbarer Teil der Energiewende. Der Einsatz moderner Holzfeuerungen kann flexibel eingesetzt werden und empfiehlt sich sowohl bei der Sanierung als auch im Neubau.

In Zeiten geringen Wind- und Solarstrahlungsangebots stellt die Biomasse als Lösung in kalten Tagen eine speicherbare, erneuerbare Energiequelle dar. Der Stromverbrauch der Wärmepumpe durch eine zusätzliche Holzfeuerung erheblich senken wodurch von einer Entlastung des Stromnetzes ausgegangen werden kann mit einhergehender Verbesserung der CO₂-bilanz des Gebäudes oder -verbunds. Zudem liefern Heizwerke aufgrund möglicher hohen Temperaturniveaus leitungsgebundene Wärme für Quartiere, Nah- und Fernwärmesysteme und die Industrie. Heizstoffe sind dabei neben Hackschnitzel auch Reststoffe aus der Landschaftspflege.

Allerdings sollte darauf geachtet werden, dass verschiedene Systemlösungen eventuell nicht kompatibel sind wie beispielsweise Anergienetze (Wärmenetze mit geringem Temperaturhub) in Kombination mit Wärmepumpen zur Raumheizung mit Biomasse-BHKWs und Wärmenetzen, da diese nur bei hohem Temperaturniveau (z. B. bei 70 °C) effizient einsetzbar sind. Somit muss bereits in der Planungsphase eine grundlegende Entscheidung getroffen werden, ob ein Quartier mit Wärme auf hohem Temperaturniveau versorgt wird und dazu Biomasse-BHKWs in Kombination mit Solarthermieanlagen mit oder ohne saisonale Wärmespeicher kombiniert werden oder ob auf ein kaltes Wärmenetze zur Primärwärmeversorgung von Wärmepumpen gesetzt wird und Biomasse höchstens als Notversorgung zum Einsatz kommt. Wird Biomasse im Quartier verwendet muss zudem die langfristige Verfügbarkeit geklärt werden.

Generell gilt, je größer die Wärmespeicherkapazität ist, desto größer ist die bereitstellbare Flexibilität, wobei ein effizienter Betrieb nur möglich ist, wenn der Großteil der erzeugten Wärme auch genutzt werden kann. Während der Strombedarf das gesamte Jahr über vorhanden ist, ist der Wärmebedarf im Sommerhalbjahr deutlich niedriger, was die Betriebszeiten von Blockheizkraftwerken limitiert. Somit ist eine Kombination von Biomasse-BHKWs und PV-Anlagen in Quartieren eine vorteilhafte Versorgungsvariante. Allerdings steigt in den Sommermonaten der Kühlbedarf durch den Klimawandel kontinuierlich an, weshalb die Wärme von BHKWs ebenfalls in Absorptionskältemaschinen zur Kälteerzeugung genutzt werden kann. Dieses Prinzip wird beispielsweise für das Fernkältenetz in Wien eingesetzt.

Die Herstellung biogener Treibstoffe ist aufwendig und somit nur für den Transportbereich relevant, weshalb Biotreibstoffe im Quartierskontext keine maßgebliche Rolle spielen.

Biomasse zur Deckung des Brauchwasser-, Raumheizungs- und Trinkwasserbedarfs

Die Wärmeerzeugung wird bei diesen Konzepten mittels Biomassekessel, Festbrennstoffe in der Regel Stückgut, Hackschnitzel oder Holzpellets verwendet. Dennoch muss beachtet werden, dass bei der Verbrennung von Biomasse Schadstoffe wie beispielsweise Feinstaub entsteht. Für die Lagerung des Brennstoffes ist ein ausreichender Platz für ein Silo oder Tank vorzusehen. Die Beschickung des Biomassekessels erfolgt über eine Förderschnecke oder mittels Ansaugung. Je nach Bauart kann ein thermischer Wirkungsgrad von 92% mittels Standardkessel sowie bis zu 103% für Brennwertkessel für Holzpellets erreicht werden. Durch die Integration eines zusätzlichen Pufferspeichers wird ein ständiges Aus- und Einschalten des Wärmeerzeugers vermieden, wodurch sich der Wirkungsgrad und die Lebensdauer erhöht. Da der Standardkessel auch mit Vorlauftemperaturen von über 70°C effizient arbeiten kann, ist das Versorgungssystem auch in unsanierten Bestandsbauten nutzbar.

Biomasse in Kombination mit Solarthermie zur Trinkwarmwasserbereitung/Heizungsunterstützung

Das System besteht aus einem Solarkollektor für die Brauchwassererwärmung inklusive einem Trinkwasserspeicher. Der Biomassekessel wird zur Heizungsunterstützung sowie gegebenenfalls auch zur Bereitstellung des Trinkwasserbedarfs eingesetzt, sollten die solaren Erträge nicht ausreichen. Um den solaren Deckungsanteil bei der Wärmeerzeugung zu erhöhen, kann die thermische Solaranlage auch zur Heizungsunterstützung eingesetzt werden. Bei einer Heizungsunterstützung mittels Solarthermie wird im Gegensatz zum System mit solarer Trinkwarmwasserbereitung die Solarwärme nicht direkt an das Trinkwarmwasser abgegeben, sondern in einen Pufferspeicher eingespeist. Dies kann je nach Anlagengröße mittels internen sowie externen Wärmetauscher bewerkstelligt werden. Für die Dimensionierung der Kollektorfläche kann vereinfacht mit dem 2,0-fachen der für die reine Trinkwarmwasserbereitung benötigten Kollektorfläche gerechnet werden. Auf einen

separaten solaren Trinkwarmwasserspeicher wird bei Großanlagen verzichtet, stattdessen erfolgt die Warmwasserbereitung im Durchflussprinzip im Pufferspeicher. Bei Verwendung eines Standardkessels kann die Systemtemperatur im Heizkreis auf 70/50°C festgelegt werden was ebenso einen Einsatz bei Bestandsbauten ermöglicht. Für möglichst hohe solare Erträge im Sommer sollte eine südliche Orientierung der thermischen Kollektorfläche angestrebt werden, mit einem Neigungswinkel von 45°. Die Systemtemperaturen für den Heizkreis orientieren sich dabei am vorliegenden Verteilnetz im Gebäude.

Geothermie

Als Alternative zu fossilen Gas- oder Ölheizungen stellt die Geothermie ein großes Potenzial in urbanen Räumen dar. Geothermiesysteme werden in oberflächennahe Systeme mit bis zu 400m Tiefe und Tiefengeothermie unterschieden.

Oberflächennaher Geothermie bis zu 400 Metern Tiefe

Wärmepumpen gewinnen Wärme aus drei Energiequellen: Erdreich, Grund-/Oberflächenwasser sowie Außenluft. Welche Wärmequelle sich für einen Standort am besten eignet, hängt von verschiedenen Faktoren darunter der Größe und Lage des Grundstücks, Beschaffenheit des Erdreichs energetischer Ist-Zustand des Gebäudes sowie technische Ausstattung des Hauses ab. Alternativ stellt die Abwärmenutzung vorhandener Industrie- oder Gewerbebetriebe im Quartier eine nachhaltige Versorgungsmöglichkeit dar. In diesem Zusammenhang sind die Potenziale zu ermitteln, insbesondere lieferbarer Wärmemengen und bereitgestellte Temperaturniveaus wobei die Verfügbarkeit (tagsüber, Wochenende oder nachts) zur überprüfen ist. Vom bereitgestellten Temperaturniveau hängen die möglichen technischen Lösungen ab.

Das Funktionsprinzip ist simpel jedoch wird zusätzliche elektrische Energie für den Pumpenbetrieb benötigt. Wärmepumpen beziehen Wärme aus der Erde, der Luft oder dem Wasser, indem Energie auf niedrigem Temperaturniveau auf ein höheres Temperaturniveau angehoben („pumpt“) wird.

Wärmepumpenanlage erreichen hohe Jahresarbeitszahlen, als eine hohe Effizienz, wenn:

- die Wärmepumpe hohe Leistungszahlen erreicht und die Wärmeleistung gleitend an die momentane Wärmenachfrage anpasst („modulierender Betrieb“),
- die Wärmequelle gleichbleibend eine möglichst hohe Temperatur liefert (Abwärme und geothermische Umgebungswärme sind generell besser geeignet als Umgebungsluft),
- das Heizungssystem mit niedriger Vorlauf-Temperatur auskommt (in gut gedämmten Häusern genügen geringere Temperaturen als 35°C),
- die Bauteile der Gesamtanlage optimal dimensioniert und aufeinander abgestimmt sind und fachgerecht eingebaut werden.

Wärmepumpen und oberflächennahe Geothermie werden bislang häufig zur Versorgung einzelner privater Wohngebäude mit Raumwärme und Trinkwarmwasser eingesetzt. Zunehmend werden aber auch größere Wohneinheiten, Bürogebäude oder Industriebauten auf diese Weise versorgt. Zudem besteht prinzipiell die Möglichkeit, Erdwärme gemeinsam in Quartieren zu nutzen. Die angeschlossenen Gebäude beziehen in diesem Fall die Wärme/Kälte aus dem verbindenden Anergienetz.

Am häufigsten werden Erdwärmesonden eingesetzt, die Wärmepumpen betreiben. Die richtige Dimensionierung einer Erdwärmesonde hängt dabei nicht nur von der benötigten Leistung, sondern auch von der jährlichen Energiemenge ab. Ebenfalls sind die Untergrundverhältnisse maßgeblich wobei als grobe Annahmen 25 – 30 W/m bzw. 40 – 50 kWh/m/a für die Entzugsleistung angenommen werden kann. Eine Regeneration im Sommer durch überschüssige Solarerträge oder auch durch effiziente Temperierung erhöht die Effizienz der Anlage und ermöglicht höhere Entzugsraten im Winter.

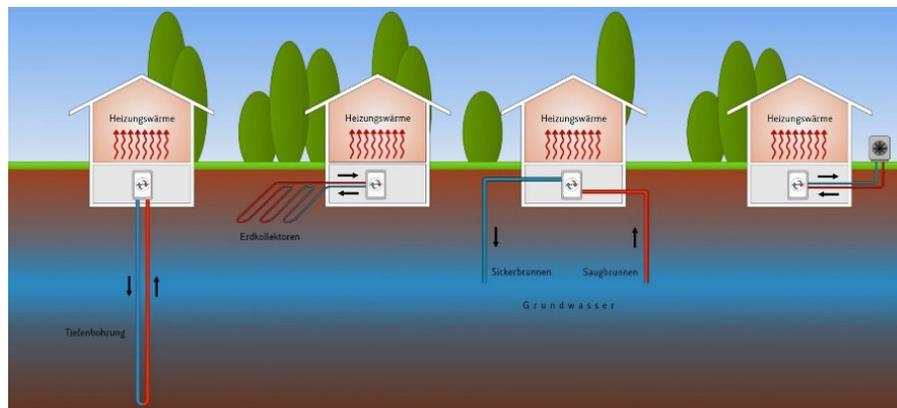
Um die Systemeffizienz zu erhöhen, ist auf einen guten Gebäudestandard im Quartier zu achten. Bei der Nutzung von Grundwasser ist auf notwendige Genehmigungen zu achten. Werden Tiefen von rund 200 Metern nicht überschritten, lassen sich Erdwärmesonden im Sommer auch zur Raumkühlung auf Quartiersebene einsetzen.

Wird Grundwasser als Energieform gemeinschaftlich genutzt, wird die Gründung einer Wasserrechtsgemeinschaft notwendig. Oberflächennahe Geothermiesysteme sind aufgrund der geringen Tiefen in der Regel als geschlossene Systeme ausgeführt.

Wärmepumpensysteme zur Deckung des Brauchwasser-, Raumheizungs- und Trinkwasserbedarfs (dezentral)

Wärmepumpensysteme bestehen in der Regel aus der Wärmepumpe, einer Regelung, der Wärmequellen-Erschließung, einem Trinkwarmwasser- sowie ggf. einem Raumheizungs-pufferspeicher zum Bereitstellen höherer Leistung sowie zur Überbrückung von Sperrzeiten; ggf. wird kein Raumheizungs-pufferspeicher eingesetzt, sondern Wärme direkt in das Wärmeabgabesystem eingespeist (bspw. Flächenheizung).

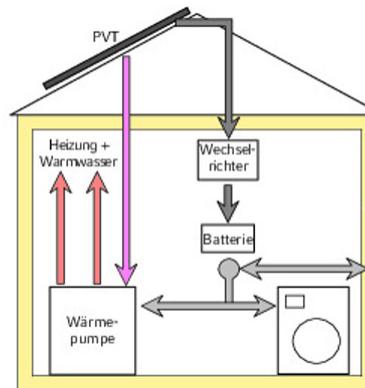
Abbildung 22
Wärmepumpenarten nach
Quellennutzung
(Quelle: Wien Energie, 2023)



- **Luft-Wasser-Wärmepumpe** mit der Wärmequelle Außenluft, der Wärmebedarf wird durch Luft-Wasser-Wärmepumpen in den Gebäuden gedeckt. Die Wärmeverteilung im Gebäude erfolgt durch ein wassergeführtes System, wobei in der Regel eine zusätzliche elektrische Heizpatrone im System integriert ist. Für die Auslegung der Wärmepumpe wird lt. Norm eine Bivalenztemperatur von -6°C angesetzt, d.h. bei Unterschreiten der Temperatur erfolgt die Wärmebereitung im Parallelbetrieb mit der Wärmepumpe und dem elektrischen Heizstab. Die Trinkwasserbereitung erfolgt zentral im Gebäude mit Zirkulation und Trinkwasserspeicher.
- **Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdsonden / Erdkollektoren** nutzen das Erdreich als Wärmequelle, wobei im Bestand oder städtischen Bereich und bei geringer Fläche das Erdreich über Erdsonden oder Erdlanzen, die bis zu 100 m tief ins Erdreich reichen, erschlossen wird. Vorteilhaft sind aufgrund der tieferen Erdschichten die geringeren Temperaturschwankungen und daraus resultierende gleichmäßige Quelltemperaturen von 10 bis 12°C zur Versorgung. Eine mögliche Wärmeentzugsleistung ist stark von der Gesteinsart und dem Grundwassereinfluss abhängig und kann zwischen 20 W/m^2 (sandig, trocken) und 40 W/m^2 (bindig, feucht) betragen. Bei starkem Grundwassereinfluss beträgt die Entzugsleistung in Einzelfällen auch über 65 W/m^2 . Aufgrund der gleichmäßigen Quelltemperatur kann die Wärmepumpe monovalent betrieben werden, d. h. es wird kein zusätzlicher Heizstab benötigt. Die Wärmeverteilung im Gebäude erfolgt, wie bei der Luft-Wasser-Wärmepumpe, durch ein wassergeführtes System, das Trinkwasser wird zentral oder mit Zirkulation bereitgestellt. Steht eine ausreichend große Fläche zur Verfügung kann das Erdreich auch durch einen horizontal verlegten Kollektor erschlossen werden. Die benötigten Kunststoffrohre werden typischerweise in einer Tiefe von 1 bis 1,5m verlegt was je nach Beschaffenheit des Untergrunds Entzugsleistungen zwischen 10 W/m^2 (sandig, trocken) und 30 W/m^2 (bindig, feucht) ergibt. Im Grundwassereinflussbereich sind auch aufgrund der höheren Wärmekapazitäten bis zu 35 W/m^2 an Entzugsleistung erreichbar. Bei dieser Variante unterliegen erzielbare Wärmegevinne aufgrund der geringeren Verlegetiefe sowie dem Einfluss von Witterungseinflüssen stärkeren Schwankungen. Auch bei diesem Konzept kann auf einen zusätzlichen Heizstab verzichtet werden.
- **Sole-Wasser-Wärmepumpe mit PVT-Kollektoren** sind eine Alternative in Kombination mit photovoltaisch-thermischen (PVT) Kollektoren, die die solare Wärmestrahlung mittels eines Luft-Wärmetauschers über ein flüssiges Wärmeträgermedium (Sole) abführen und der Wärmepumpe als Wärmequelle zur Heizungs- und Trinkwarmwasserbereitung zur Verfügung stellen. Vorteilhaft ist die zusätzlich Stromproduktion durch die photovoltaisch aktive Fläche. Der photovoltaische Wirkungsgrad sowie die erzielbare elektrische Spannung sind stark temperaturabhängig, wodurch auf zu hohe Temperaturen im Wärmeträgermedium geachtet werden muss. In Zeiten geringer solarer Einstrahlung wird die Umgebungsluft an der Rückseite des PVT-Kollektors durch den Luft-Wärmetauscher zur Energieproduktion genutzt. Die Einsatzgrenze derartiger Systeme liegt jedoch bei einer minimalen Außentemperatur von etwa -12°C , die

Betriebsgrenze der Sole-Wärmepumpe bei -15°C wodurch sich derartige Systeme nicht an allen österreichischen Standorten eignen. Wärmeverteilung und Trinkwarmwasserbereitung bleiben unverändert gegenüber den vorangegangenen Versorgungskonzepten

Abbildung 23
Beispielhafte Darstellung
Wärmepumpe mit
PVT-Kollektoren
(Quelle: Consolar, 2023)



- **Wasser-Wasser-Wärmepumpe:** Diese Versorgungssysteme nutzen das Grundwasser mit ganzjährigen Temperaturen zwischen 8°C und 12°C als Wärmequelle. Über eine Pumpe wird aus dem Ansaugbrunnen Wasser gefördert, das Wärme über einen Wärmetauscher an das Wärmeträgermedium der Wärmepumpe abgibt. Das abgekühlte Grundwasser wird in weiterer Folge über einen Schluckbrunnen wieder dem Erdreich/Untergrund zugeführt. Die Wärmeverteilung im Gebäude erfolgt analog zu den oben beschriebenen Wärmepumpensystemen. Voraussetzung für den Betrieb einer Wasser-Wasser-Wärmepumpe ist einerseits eine ausreichende Grundwassermenge, andererseits eine möglichst hohe Reinheit des Grundwassers. Für die Bohrung der Grundwasserbrunnen ist eine Genehmigung bei der Behörde einzuholen. Aufgrund des erhöhten Installationsaufwands liegt der Einsatzbereich von Wasser-Wasser-Wärmepumpen hauptsächlich bei größeren Gebäuden mit einem hohen Leistungsbedarf.

Tiefengeothermie mit mehr als 400 Metern Tiefe

Bei der Tiefengeometrie wird warmes oder heißes Wasser aus Schichten von mehreren Tausend Metern Tiefe gefördert, was in weiterer Folge für Heizzwecke oder zur Stromerzeugung genutzt werden kann. Die Erdwärme speist dabei in Wärmenetze ein und versorgt ganze Stadtviertel mit Heizwärme oder Strom. Vorteilhaft ist, dass derartige Systeme von Wettereinflüssen unabhängig sind und das ganze Jahr über annähernd ununterbrochen umweltfreundlichen Strom liefern. Bei der Stromerzeugung können in einem Geothermiekraftwerk verschiedene Arbeitsmittel eingesetzt werden wobei auf deren Klimawirksamkeit und auf eine effiziente und sichere Anlagentechnik zu achten ist. Technisch gesehen ist eine erfolgreiche geothermische Nutzung neben der Temperatur auch durch die Durchlässigkeit des Gesteins im Förderhorizont bestimmt. In den meisten Fällen ist von vornherein ausreichend Thermalwasser sowie eine gute Durchlässigkeit vorhan-

den, mithilfe von hydraulischen und chemischen Stimulationsmaßnahmen könnte diese jedoch auch erhöht werden. Die Herausforderungen liegen dabei im Bohrrisiko, da für die Bohrung hohe Kosten anfallen und Fördermengen und vorherrschender Temperaturen nicht garantiert sind.

Beim Einsatz von Tiefengeothermie ist auf eine ausführliche Potentialanalyse im Vorfeld zu achten bei der

- die benötigte Leistung bzw. Energie basierend auf Heizlast, Wärmemenge, Temperaturen und Grundwasservolumenstrom,
- bei Kälteanwendungen die geforderte Kälteleistung, Kältemenge, Temperaturen,
- notwendige behördliche Genehmigungen,
- Temperatur (förderbar/reinjizierbar) des Grundwassers sowie der
- hydraulischer Aufbau (zentrale/ dezentrale Wärme- und Kälteerzeugung, Hydraulik Brunnenanlage/Gebäudeverbund abzuklären sind.

Nahwärme/-kältenetze

Nahwärmenetze können als Zwei-, Drei- und Vierleiternetze ausgeführt werden, wobei Drei- und Vierleiternetze den Vorteil bieten, Wärme auf zwei unterschiedlichen Temperaturniveaus zum Abnehmer zu transportieren. Wärmenetze bilden so eine flexible Basis für die Einbindung unterschiedlicher Erzeugungstechnologien und Brennstoffen sowie für die Sektorenkopplung. Nachteilig ist jedoch, dass die Investitionskosten mit der Anzahl an Leitern steigen und sich durch die Wärmeverteilung Verluste in den Einzelnetzen ergeben. Zudem fällt für die Zirkulation des Wärmeträgermediums im Wärmenetz eine nicht zu vernachlässigende Strommenge für die Netzpumpen an. Mit steigender Anlagengröße lassen sich Skalierungseffekte erzielen, wobei mit der Anlagengröße auch die Effizienz des Gesamtsystems steigt, was sich positiv im Energieverbrauch sowie den laufenden Kosten auswirkt. Durch das Potential individuelle Lastspitzen zeitlich zu streuen, kommt es in Wärmenetzen zu einer Verringerung der maximalen Gesamtleistung gegenüber Einzelabnehmern. Weitere Vorteile stellen eine Kostenersparnis bei der Wartung und Reparatur aufgrund der Zentralisierung der Wärmeerzeugung sowie ein verringerter Platzbedarf für die Gebäudetechnik in den angeschlossenen Gebäuden dar.

Für den Aufbau eines zentralen Versorgungskonzepts müssen meist zusätzliche Grundstücksflächen in unmittelbarer Nähe zum Quartier zur Verfügung stehen. Eine Herausforderung stellt zudem der kontinuierlich sinkende Wärmebedarf aufgrund der voranschreitenden Gebäudesanierung dar. Das bedeutet, dass Wärmenetze, die den heutigen Bedarf decken künftig überdimensioniert sind. Die Planung muss sich dementsprechend flexibel an die Veränderungen im Quartier anpassen können, was sich in den meisten Fällen auf-

grund höherer Wärmepreise im Vergleich zu einer gebäudeintegrierten Wärmeerzeugung nur schwer darstellen lässt. Ein möglicher technischer Ansatz sind flexibel anpassbare Erzeugungsanlagen auf Basis eines flexiblen Energieträgermixes, wobei aktuell fossile Energiequellen darunter v.a. Gas durch die Möglichkeit hohe Temperaturniveaus bereitzustellen zu können, in Versorgungskonzepten Anwendung findet.

Im Fall von Bestandsquartieren bestehen zudem organisatorische Herausforderungen, da ein Systemwechsel auf ein Nahwärmenetz meist die Zustimmung aller Eigentümer:innen bedingt. Zudem ist ein Wechsel durch die bestehenden Altersstrukturen vorhandener dezentraler Wärmeerzeuger nicht einfach und bedingt lange Wartezeiten mit resultierenden höheren Kosten für den schrittweisen Anschluss und Ausbau. Die vorherrschenden hohen Temperaturniveaus in Bestandswärmenetzen erschweren zudem die Integration erneuerbarer Energien sowie das Nutzen von Abwärmepotentialen durch hohe Systemverluste. Das Betreiben von Wärmenetzen auf niedrigen Temperaturniveaus, auch kalte Nahwärmenetze genannt, ermöglicht das Anheben nutzbarer Temperaturen mittels Wärmepumpen und somit den Nutzen erneuerbarer Synergieeffekte hinsichtlich Heizens und Kühlen. Um eine erfolgreiche Planung und Umsetzung eines Nahwärmenetzes im Bestand zu ermöglichen, braucht es daher entsprechende Bedingungen vor Ort, die nicht nur technisch und ökonomisch sinnvoll sind, beispielsweise aufgrund einer hohen Wärmebedarfsdichte, sondern auch von den beteiligten Akteuren Stadtplanung, Wärmekund:innen und Investor:innen unterstützt werden. Eine Umsetzung eines Wärmenetzes ist stets ein Einzelprojekt, das sich schwer standardisieren lässt.

Die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme mittels Blockheizkraftwerken (BHKWs) sowie deren Einbindung in das Nahwärmenetz auf Quartiersebene stellt ebenso eine verbreitete, zentrale Energieversorgungslösung dar.

Zu den gängigsten nachhaltigen zentralen Energieversorgungskonzepten für Quartiere zählen:

- **Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Erdsondenfeld:** bei diesem Versorgungskonzept wird eine zentral aufgestellte Sole-Wasser-Wärmepumpe verwendet, die als Wärmequelle ein Erdsondenfeld nutzt, welches sich in räumlicher Nähe zur Quartiersheizzentrale befindet. Die Sole wird vom Erdsondenfeld über Soleleitungen durch Solepumpen zur Heizzentrale transportiert, in der der Wärmeentzug über Wärmepumpen stattfindet. Anschließend wird die Sole wieder zurück in das Erdsondenfeld gepumpt. Erdsondenfelder erschließen aufgrund der Erschließung tiefer Erdschichten konstant hohe Quelltemperaturen, wobei es bei größeren Erdsondenfeldern zu Problemen bei der natürlichen Regeneration des Erdreichs kommen kann. Die Anbindung von Kühlanlagen bietet eine zusätzliche Möglichkeit, um die Regeneration des Erdreichs zu unterstützen.

- **Sole-Wasser-Wärmepumpen mit Agrothermie:** dabei dient der Erdkollektor als Wärmequelle für die angeschlossene Wärmepumpe wobei sich konventionelle Erdkollektoren, die mittels Grabenbau oder Aushub errichtet werden, nicht für den großflächigen Einsatz eignen. Bei einer Verlegetiefe von 2m können die Flächen weiterhin als landwirtschaftliche Nutzflächen genutzt werden. Die Regeneration erfolgt aufgrund der geringen Tiefe über die eingebrachte Sonneneinstrahlung sowie den Niederschlag.
- **Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Abwasserwärmerückgewinnung:** mittels der Nutzung städtischer Abwässer lassen sich ganzjährig Temperaturniveaus erreichen, die sich als Wärmequelle für Wärmepumpen nutzen lassen. Aufgrund der hohen Investitionskosten lässt sich dieses Konzept jedoch eher bei größeren Quartieren rentabel umsetzen. Eine Abwasserwärmenutzung kann beispielsweise über Edelstahl-Wärmetauscher erfolgen, die auch bei geringen Abflussmengen überströmt werden und damit einen Wärmeentzug ermöglichen.
- **Solarthermie mit saisonaler Speicherung und Gas-BHKW:** bei diesem Versorgungskonzept werden großflächige solarthermische Kollektorfelder bestehend aus Flachkollektoren aufgebaut. Die generierte thermische Wärme wird in Wärmespeichern saisonal zwischengespeichert. Da meist keine vollständige solare Deckung erfolgt, wird die zusätzlich benötigte Wärme über ein Gas-BHKW bereitgestellt.
- **Hackschnitzel-BHKW und Hackschnitzelkessel:** bei diesem Versorgungskonzept erfolgt die Grundlastherzeugung über ein Holzgas-BHKW versorgt durch Hackschnitzel. Das dafür benötigte Holzgas wird von einem Holzvergaser bereitgestellt, wobei die entstehende Abwärme des Holzvergasers bzw. des Hackschnitzel-BHKW zur zusätzlichen Bedarfsdeckung im Wärmenetz verwendet werden kann.
- **Solarthermie mit saisonaler Speicherung und Holzhackschnitzelkessel:** bei diesem Versorgungskonzept werden gleich wie bei der Versorgung mittels Gas-BHKW großflächige Solarthermie-Kollektorfelder aus Flachkollektoren aufgebaut und die produzierte Wärme in saisonalen Wärmespeichern gespeichert. Die Abdeckung von Spitzenlasten sowie der notwendige Wärmebedarf wird bei fehlender solarer Einstrahlung durch einen Hackschnitzelkessel gedeckt.
- **Kalte Nahwärme gespeist aus Erdsonden:** bei dieser Versorgungsvariante wird die Sole aus dem angeschlossenen Erdsondenfeld über ein ungedämmtes, im Erdreich verlegtes Nahwärmenetz an die beteiligten Gebäude verteilt. Durch das ungedämmte Nahwärmenetz kann zusätzliche Energie dem Erdreich entzogen werden. Der Temperaturverlauf im Vorlauf entspricht dabei der Soletemperatur, welche den Erdsonden entnommen wird. Dabei dient die direkt im Gebäude angeschlossenen Solewassertemperatur als Wärmequelle, die mittels dezentraler Pumpen durch die Wärmepumpen genutzt werden kann.
- **Kalte Nahwärme gespeist aus einem Agrothermiekollektor:** analog zur vorhin beschriebenen Variante wird bei dieser Versorgungsart ein ungedämmter Agrothermiekollektor, durchströmt mittels Wärmeträgermedium, als Wärmequelle genutzt.

- **Kalte Nahwärme aus Abwasserwärme:** analog zu den vorher beschriebenen Versorgungsvarianten wird bei diesem Konzept die Versorgung dezentral durchgeführt und unter Verwendung beispielsweise eines Edelstahl-Wärmetauschers, der Boden des Abwasserkanals installiert und mit Soleflüssigkeit durchströmt ist in Verbindung mit Sole-Wasser-Wärmepumpen, direkt an das kalte Nahwärmenetz angebunden. Die Sole wird über die erdverlegten Wärmenetzleitungen ungedämmt zu den Einzelgebäuden mittels dezentral angeordneter Pumpen transportiert.

Zentrale, quartiersübergreifende Versorgungskonzepte mittels Fernwärme

Generell besteht in städtischen wie auch urbanen Bereichen die Möglichkeit, neue oder bestehende Quartiere an die bereits vorhandene quartiersübergreifende Fernwärme anzuschließen. Dabei können entweder einzelne Gebäude als dezentrales Versorgungskonzept oder zentral über ein Quartiersnetz angeschlossen werden. Die Wärmeübertragung erfolgt über einen Wärmetauscher in einer Übergabestation, dabei ist die Wärmeverteilung vergleichbar mit Versorgungskonzepten mit lokalen Wärmeerzeugern. Abhängig vom Temperaturniveau lassen sich über die Fernwärme auch Hochtemperaturprozesse versorgen. Ein direkter Anschluss der Anschlussleitungen wird in der Regel über Pufferspeicher ausgeführt, um die Ökonomie des Gesamtsystems zu erhöhen. Zur Trinkwasserbereitung werden zentrale Verteilnetze mittels Zirkulation verwendet.

Je nach Art der Wärmeerzeugung verursacht die Fernwärme unterschiedlich hohe Treibhausgasemissionen, die durch Nutzung erneuerbarer Energien auch nahezu bzw. vollständig klimaneutral gesehen werden können. Grundsätzlich ist ein Fernwärmeanschluss auch mit Solarthermie oder Abluft-Wärmepumpe kombinierbar. Hierbei werden wie in den Varianten mit Gas-Brennwertkessel Teile des Wärmebedarfs durch Solarthermie bzw. der Trinkwarmwasserbedarf vollständig durch wohnungsweise Abluft-Wärmepumpen gedeckt. In den Sommermonaten kann somit auf die Abnahme von Fernwärme vollkommen verzichtet werden. Während die Abhängigkeit vom Energieversorger dadurch einerseits reduziert werden kann, verschlechtert sich andererseits die Wirtschaftlichkeit der Fernwärmeversorgung aufgrund fehlender Wärmeabnahme im Sommer. Mit der räumlichen Distanz der Wärmeerzeuger lassen sich die Umweltbelastungen im Versorgungsgebiet minimieren.

Bei Neubauquartieren bzw. energetisch sanierten Quartieren besteht zudem die Möglichkeit ein regeneratives System direkt an den Fernwärmerücklauf anzuschließen. Dadurch können meist günstigere Wärmeversorgungspreise realisiert werden, da eine Reduzierung der Rücklauftemperatur zu einer Reduzierung der Wärmeverluste bei gleichzeitiger Erhöhung des Wärmeerzeugerwirkungsgrades beiträgt, was sich im Wärmepreis des Energieversorgers niederschlägt.

Gas-Brennwertkessel gekoppelt mit nachhaltigen Technologien zur Deckung des Brauchwasser-, Raumheizungs- und Trinkwasserbedarfs

Gas-Brennwertkessel in Kombination mit nachhaltigen Technologien darunter Solarthermie sowie Wärmepumpen stellen noch immer eine verbreitete Lösungsvariante dar. Eine

Unterscheidung wird dabei in Gas-Brennwertkessel mit solarer Trinkwarmwasserbereitung/Heizungsunterstützung sowie Gas-Brennwertkessel mit Abluft-Wärmepumpe getroffen. Die Systemtemperaturen im Heizkreis belaufen sind dabei auf 55/45°C begrenzt, die Trinkwarmwasserbereitung erfolgt zentral mit Zirkulation. Bei der nachhaltigen Kombination mit Gas-Brennwertkesseln übernimmt der fossil betriebene Brennwertkessel die Heizungsunterstützung sowie gegebenenfalls auch zur Bereitstellung des Trinkwasserbedarfs, der Rest der benötigten Energie wird durch erneuerbare Energien bereitgestellt. Aktuell befindet sich noch immer eine Vielzahl dieser Systeme in Anwendung. Aufgrund des Einsatzes von Gas als fossilen Energieträger verlieren diese Systeme künftig an Relevanz und können nicht als nachhaltig charakterisiert werden.

EXKURS

Raus aus Öl und Gas

Mit dem Beschluss des Erneuerbaren-Wärme-Gesetz im Jahr 2023 wurde ein Ausstieg aus fossilen Heizungen (Kohle-, Öl- und Gasheizungen) bis ins Jahr 2040 festgelegt. Im Detail dürfen ab 2023 in Neubauten in Österreich keine Gasheizungen mehr errichtet werden. Für bereits genehmigte/fertig geplante/in Errichtung befindliche Gebäude gibt es Ausnahmen. Seit 2023 dürfen kaputte Öl- und Kohleheizungen nur mehr durch erneuerbare Heizsysteme ersetzt werden. Im Neubau sind Öl- und Kohleheizungen bereits seit 2020 verboten. Ab dem Jahr 2025 tritt ein verbindlicher Tausch von besonders alten Kohle- und Ölheizungen in Kraft. Das betrifft alle Öl-Heizungen die älter als Baujahr 1980 sind. Weiters gibt es den Beschluss bis 2035 alle alten Kohle- und Ölheizungen, bis 2040 alle Gasheizungen in Österreich durch ein modernes, erneuerbares Heizsystem zu ersetzen. Zudem sollen bestehende dezentrale Anlagen (Gasetagenheizungen in Wohnungen) in Gebieten mit ausgebauter Fernwärme bis spätestens 2040 umgestellt werden. Eigentümer:innen der einzelnen Nutzungseinheiten wird bis dahin der Anschluss an ein klimafreundliches zentrales Wärmeversorgungssystem ermöglicht¹⁶.

Unterstützt werden die Beschlüsse durch umfangreiche Fördermaßnahmen mit technologiespezifischen Förderpauschalen für Ein- und Zweifamilienhäuser und Reihenhäuser. Die Förderhöhe ergibt sich abhängig von der jeweiligen technologiespezifischen Kostenobergrenze des geplanten klimafreundlichen Heizsystems. Weitere Informationen dazu können unter <https://kesseltausch.at/> abgerufen werden.

16 <https://www.ris.bka.gv.at/eli/bgbl/l/2024/8/20240228>

Technische Konzepte zur nachhaltigen Energieversorgung als Sektorkopplung



Die Sektorkopplung gilt als Schlüssel zu einer nachhaltigen Energiewende. Dabei werden unterschiedlich Energiebereiche darunter Strom und Wärme miteinander verbunden, um Energie effizienter zu nutzen, zu verteilen oder umzuwandeln. Digitale Energiemanagementsysteme steuern, und verteilen dabei effizient Lasten und nutzen somit beispielsweise generierte Überschüsse aus erneuerbaren Energien effizient. Zu den Systemen, die auf Quartiersebene eine Sektorkopplung unterstützen gehören sämtliche Systeme die gleichzeitig Strom und Wärme bereitstellen oder auf hohem Temperaturniveau Wärme in Strom auf quartiersebene umwandeln oder Last saisonal verlagern.

Einen innovativen dezentralen Ansatz stellt eine Möglichkeit zur Sektorkopplung über Biomasse BHKWs als Kraft-Wärme-Kopplung mit Brennstoffzellenheizung dar. Der benötigte elektrische Strom sowie die Wärme werden nicht wie klassische BHKW durch Verbrennung, sondern mittels elektrochemischen Prozesses produziert. Der Gesamtwirkungsgrad dieser sogenannten „kalten Verbrennung“ liegt bei ungefähr 90%, wobei die Brennstoffzelle einen besonders hohen elektrischen Wirkungsgrad von ungefähr 40% aufweist. Um Wasserstoff zu erzeugen, wird der Brennstoffzelle Erdgas zugeführt. Im Reformier wird das Erdgas mit Wasserdampf gemischt und in die Brennstoffzelle geleitet. Dort reagiert der Wasserstoff mit Sauerstoff und erzeugt Strom und Wärme. Damit die Brennstoffzelle jedoch effektiv und wirtschaftlich arbeitet, ist ein kontinuierlicher Betrieb und ein hoher Eigenverbrauchsanteil notwendig. Um dies zu erreichen, wird ein Wärmespeicher in das System integriert und ein Back-up System für die Spitzenlastabdeckung vorgesehen. Wie bereits beschreiben kann der Wasserstoff auch alternativ über erneuerbare Energiequellen produziert werden.

Bestehende Kraftwärmekopplungs-Anlagen (KWK-Anlagen) können durch die Brennstoffe Wasserstoff, Biomethan oder synthetischen Gasen nachhaltig betrieben werden. Die Wärmeenergie aus diesen Anlagen ist insbesondere in Quartieren und dicht verbauten Gebieten wichtig, wo andere Heizsysteme wie etwa Wärmepumpen kaum eingesetzt werden können. Der Strom, der ebenfalls in solchen Anlagen produziert wird, was wiederum zur Entlastung des Stromnetzes führen kann. Zudem ist künftig die Kopplung des Stromnetzes inklusive Ladeinfrastruktur für E-Fahrzeuge zu empfehlen, um eine Netzunterstützung zu gewährleisten.

A woman wearing a clear hard hat and a red and black plaid shirt is standing in an industrial setting. She is holding a clipboard and a pen, looking towards the right. In the background, there is a complex piece of industrial machinery with various pipes, valves, and gauges. The scene is brightly lit, and the overall atmosphere is one of a professional working environment.

Bewertung der Eignung nachhaltiger Energieversorgungskonzepte in Quartieren

Annahmen zur Bewertung

Nachfolgend wird eine qualitative Bewertung anhand der vorgestellten nachhaltigen Energieversorgungssysteme in Quartieren vorgestellt. Die Bewertung basiert einerseits auf:

- limitierenden Faktoren, die durch den Standort des Quartiers vorgegeben sind, andererseits auf
- beeinflussenden Faktoren, die eine generelle Umsetzbarkeit der nachhaltigen Energieversorgungskonzepte beeinflussen.

Zu den limitierenden Faktoren zählen:

- Gebäudealter
- Neubau / Sanierung
- Klimazonen
- Zugang zu einem Gasnetz oder bereits bestehendes Fernwärmenetz am Quartiersstandort,
- verfügbare Freiflächen in Quartiersnähe,
- Nutzbarkeit des Grundwassers sowie Abwärmepotential aufgrund der Nutzer:innenstruktur,

Als beeinflussende Faktoren wurden folgende Aspekte in Betracht gezogen:

- technischer / rechtlicher Aufwand
- Multiplizierbarkeit
- Klimawandel und Folgen der Versorgungssicherheit
- Flexibilität in der Erweiterung
- Möglichkeit zur Sektorkopplung
- Klimawandelanpassung
- Netzdienlichkeit

Eine Simulation thermischer sowie elektrischer Lasten sowie erneuerbarer Produktion durch nachhaltige Ressourcen an konkreten Quartiersstandorten wurde nicht durchgeführt.

Die Ökonomie der Energieversorgungskonzepte wird anhand einer gemischten Quartiersnutzung nach effizientem Gebäudestandard (EB), Bestand (B) und Altbestand (AB) jeweils bei kaltem, mildem oder gemäßigttem Klima vorgenommen.

Vergleichende, qualitative Betrachtung der Wärmeversorgungssysteme

In diesem Leitfaden ist die vergleichende, qualitative Betrachtung anhand eines dreistufigen Bewertungssystems tabellarisch dargestellt, wobei grün für positive, grau für neutrale und rot für negative Beurteilung steht (Abbildung 24). Die Bewertungsmethodik wurde in Anlehnung an den Leitfaden für die Entwicklung von klimaneutralen Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere gefördert durch 6. Deutsche Energieforschungsprogramm¹⁷ erarbeitet.

Erläuterungen zur Bewertung

Im Detail wurden in diesem Leitfaden Wärmepumpentechnologien, Solarthermie, Biomasse, Kraft-Wärmekopplungen, Fern- sowie Nahwärme und Brennstoffzellen als künftige nachhaltige zentrale bzw. dezentrale Energieversorgungssysteme in Quartieren betrachten und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet.

Ökologisch werden Versorgungsvarianten mit Wärmepumpen als positiv bewertet, da sie zur Erreichung der Klimaziele bzw. Klimaneutralität bis 2040 beitragen. Bei Wasser-Wasser-Wärmepumpen bestehen im Vergleich zu Luft- oder Sole-Wärmepumpen in Kombination mit Erdkollektoren/-sonden legislative Hürden in der Umsetzung. Eine Multiplizierbarkeit erfordert eine genaue Standortprüfung, um daraus die richtige Wärmepumpenart zu identifizieren. Ökonomisch gesehen hängt eine positive Bewertung stark von der elektrischen Versorgung des benötigten Strombedarfs sowie vom Gebäudestandard im Quartier ab. Vor allem reversible Wärmepumpen stellen aufgrund der passiven Kühlmöglichkeit eine gute Möglichkeit dar, um mittels aktiver Kühlung den Auswirkungen des Klimawandelwandels und den daraus resultierenden steigenden Temperaturen entgegenzuwirken. In Kombination mit Photovoltaik wird zudem der Eigenverbrauch durch den erhöhten Strombedarf im Sommer und die vermehrte direkte Nutzung des Solarstroms erhöht. Solarthermie sowie PVT-Kollektoren liefern in diesem Zusammenhang jedoch keine Vorteile.

17 Leitfaden für die Entwicklung von klimaneutralen Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere, Verbundvorhaben STADTQUARTIER 2050 im Rahmen der Förderinitiative „Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt“ aus dem 6. Energieforschungsprogramm

Künftig ist bei Biomasseanwendungen als nachhaltige Energiequelle in ein Quartier davon auszugehen, dass es zu einer Verknappung als Ressource durch die verstärkte Nutzung als Rohstoff kommen wird. Beachtet werden muss zudem, dass es bei der energetischen Nutzung kommt es zudem zu Umweltbelastungen durch die Verbrennung, wodurch v.a. die Herkunft der Biomasse eine Rolle spielt. Aus wirtschaftlicher Sicht stellt eine zentrale energetische Versorgung mittels Hackschnitzel in Kombination mit Solarthermie eine rentable Lösung dar, sofern die Biomasseversorgung über die Nutzungsdauer geklärt ist. Eine Nachrüstung resultierend aus einem Anstieg des Energiebedarfs kann in manchen Fällen erschwert sein, da ein größerer Platzbedarf für die Lagerung der Biomasse notwendig ist und unter Umständen legislative Vorgaben hinsichtlich der Leistung der Wärmeerzeuger bestehen.

Kraft-Wärme-Kopplungen werden in Quartieren als Brückentechnologie gesehen, die künftig jedoch durch den weiteren Ausbau erneuerbarer Energien an Bedeutung verlieren, obwohl eine Erweiterung durch den Austausch des Spitzenlastkessels als einfach zu bewerten ist und es zu keinem großen zusätzlichen Platzbedarf kommt. Hinsichtlich der Netzdienlichkeit können sowohl BHKWs als auch Brennstoffzellen bei stromgeführter Betriebsweise einen positiven Nachhaltigkeitseffekt erzielen und eine Sektorkopplung ermöglichen.

Die Relevanz von Brennstoffzellen könnte in der energetischen Versorgung von Quartieren v.a. der Industrie künftig bei entsprechender CO₂-neutraler Erzeugung an Bedeutung gewinnen. Dem gegenüber steht jedoch ein hoher Platzbedarf sowie Investitionskosten bei der Umsetzung.

Kalte Nahwärme in Verbindung mit Erdkollektoren / Erdsonden sowie Abwärme bietet zwar aufgrund der niedrigen Temperaturniveaus energetische Vorteile, erfordern jedoch einen erhöhten Platzbedarf bzw. resultiert aufgrund geringer Erfahrungen in höheren Investitionskosten.

Im Gegensatz dazu wird Fernwärme als Bestandteil im Wärmemix weiterhin als wichtige Technologie auf Quartiersebene gesehen. Eine Erweiterung sowie ein Ausbau eines bestehenden Netzes können jedoch aufgrund der Topologie sowie der Investitionskosten zu Herausforderungen führen. Eine Erweiterung aufgrund Verbrauchssteigerungen stellt über den Austausch der Übergabestation eine einfache Variante dar.

Nahwärme in Verbindung mit Abwasserwärmenutzung unterliegt in der Implementierung als wenig erprobte Technologie erhöhten technischen und rechtlichen Hürden sowie Investitionskosten. Die Kombination von Nahwärme mit Solarthermie und Hackschnitzel kann jedoch aufgrund geringen Platzbedarfs sowie technischer und rechtlicher Vorgaben positiv bewertet werden. Zudem bietet die Nutzungsvarianten mit Nahwärme die grundsätzliche Eignung im Sommer über die Netzinfrastruktur zu kühlen, was zu einer positiven Bewertung hinsichtlich der Klimawandelanpassung führt.

Nachhaltige Energieversorgungssysteme in Quartieren		Umsetzbarkeit des Energieversorgungskonzepts						
		Fernwärme ist nicht vorhanden	Gasnetz ist nicht vorhanden	Keine (Frei-) Flächen zur Energiegewinnung vorhanden	Grund-/Abwassernutzung ist nicht erlaubt	(Netz-) Betreiber nicht vorhanden	Gebäudealter/-errichtungszeit Neubau	Gebäudealter/-errichtungszeit Altbau
Dezentral	Luft-Wasser-Wärmepumpe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	-
	Sole-Wasser-WP mit Erdsonden	✓	✓	-	-	✓	✓	-
	Sole-Wasser-WP mit PVT-Kollektoren	✓	✓	-	✓	✓	✓	-
	Wasser-Wasser-Wärmepumpe	✓	✓	✓	-	✓	✓	-
	Abwärmennutzung in der Industrie	✓	✓	✓	o	✓	✓	✓
	Biomassekessel	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Biomassekessel mit solarer TWW	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
	Biomassekessel mit solarer Heizung	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓
	Brennstoffzelle mit Gas-BW-Kessel	✓	-	✓	✓	✓	✓	✓
Zentral	Sole-Wasser-WP mit Erdsonden	✓	✓	-	-	-	✓	o
	Sole-Wasser-WP mit Agrothermie	✓	✓	-	-	-	✓	o
	Sole-Wasser-WP mit Abwasserwärme	✓	✓	✓	-	-	✓	o
	Hackschnitzel-BHKW mit Spitzenlast	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
	Holz hackschnitzel mit Solarthermie	✓	✓	-	✓	-	✓	✓
	Kalte Nahwärme Erdsonden	✓	✓	-	-	-	✓	o
	Kalte Nahwärme Erdkollektor	✓	✓	-	-	-	✓	o
	Kalte Nahwärme Abwasserwärme	✓	✓	✓	-	-	✓	o
	Fernwärme (konventionell)	-	✓	✓	✓	✓	o	✓
	Fernwärme (nahezu klimaneutral)	-	✓	o	✓	✓	✓	✓

- ✓ positiv
- o neutral
- negativ

Rahmenbedingungen durch den Standort							Ökonomie kaltes Klima			Ökonomie gemäßiges Klima			Ökonomie mildes Klima		
Technischer sowie rechtlicher Aufwand	Multiplizierbarkeit	Folgen des Klimawandels auf Versorgungssicherheit	Flexibilität in der Erweiterung	Möglichkeit zur Sektorkopplung	Klimawandelanpassung	Netzdienlichkeit	EB	B	AB	EB	B	AB	EB	B	AB
✓	✓	✓	✓	-	o	o	-	-	-	o	o	o	-	-	-
o	o	o	o	-	✓	✓	o	-	-	o	o	o	-	-	-
o	o	✓	o	-	-	o	-	-	-	o	o	o	-	-	-
-	-	-	o	-	✓	o	✓	o	-	-	o	-	-	o	-
o	o	o	-	✓	✓	o	✓	o	o	o	o	o	-	o	-
o	-	-	o	-	o	o	✓	✓	o	o	✓	o	o	✓	✓
o	-	-	o	-	-	o	✓	✓	✓	o	✓	o	o	✓	✓
o	-	-	✓	-	-	o	✓	✓	✓	o	✓	o	o	✓	✓
-	✓	o	o	✓	o	✓	✓	o	-	o	✓	-	o	✓	-
✓	o	o	o	-	o	✓	o	o	-	-	✓	-	-	o	-
✓	-	o	-	-	o	o	o	-	-	-	✓	-	-	o	-
-	-	o	-	-	o	o	✓	o	-	o	✓	-	-	✓	-
o	-	-	✓	✓	o	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
-	-	-	✓	-	o	o	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
-	o	o	o	-	✓	o		-	-	-	o	-	-	-	-
-	-	o	-	-	✓	o		-	-	-	o	-	-	-	-
✓	-	o	-	-	✓	o		-	-	-	o	-	-	-	-
✓	-	o	✓	-	o	o		-	-	-	✓	-	-	o	-
✓	-	o	✓	-	o	o	✓	o	o	o	✓	-	o	✓	-

Reale Umsetzung von Stadtquartieren



Nachfolgend werden nationale sowie internationale Beispiel umgesetzter Quartiere im Detail beschrieben.

PlusEnergieQuartier21: Österreichs erstes urbanes Plus-Energie-Quartier

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Klimaschutz geförderten Forschungsprojektes Zukunftsquartier 2.0 werden damit unter dem Fachkonzept ‚Produktive Stadt‘ Wohnen, Arbeiten und Freizeit an einem Standort vereint, wobei im PEQ besonders der ökologische Aspekt im Vordergrund steht. Im 21. Wiener Gemeindebezirk Floridsdorf werden drei Gebäude mit insgesamt rund 34.000 m² Bruttogeschoßfläche (BGF) in dicht bebautem, urbanem Raum errichtet. Die Nutzungsmischung nutzt die Möglichkeit einer ausgewogenen Wärmebilanz. Um eine größtmögliche Energieeffizienz zu erreichen, wird beim Bau unter anderem auf großflächige Glasfronten verzichtet, eine extensive Begrünung der Dächer und Fassaden trägt zusätzlich zu einer positiven Energiebilanz bei. Für die Wärmebereitstellung und -speicherung werden Wärmepumpen mit einem Erdsondenfeld mit rund 160 Bohrungen à 150 Meter genutzt. Eine Photovoltaikanlage mit rund 5.000 m² Modulfläche sollen einen spezifischen Ertrag von 21 kWh/m² BGF pro Jahr erreichen, wodurch ein Überschuss an Energie produziert wird.



Abbildung 25
25 Österreichs erstes
Plus-Energie-Quartier
(Quelle: Soyka/Silber, Foto:
Patricia Bagienski, 2023)

Areal Suurstoffi – Mission Zero-Zero

In der Schweiz setzt das über 100'000 Quadratmeter große Suurstoffi-Areal zwischen Zürich und Luzern auf CO₂-Neutralität, wobei das Ziel in der kompletten Autarkie (Selbstversorgung) liegt. Das Areal ist zur Mischnutzung zum Wohnen, Arbeiten und Studieren konzipiert und bietet Raum für 1.500 Bewohner:innen, 2.000 Studierende und 3.000 Arbeitsplätze.

Forciert wurde ein breitgefächertes Nachhaltigkeitskonzept, das auf einer CO₂-freien Wärme- und Kälteversorgung mittels Anergienetz, eigener PV-Produktion mit Direktvermarktung, einer attraktiven Außenraumgestaltung, dem Einsatz ökologischer Materialien, einem Mobilitätskonzept in Verbindung mit Car-Sharing und E-Mobilität sowie der Beteiligung der Nutzer:innen setzt.

Das Energiekonzept basiert auf Solarenergie, d.h. notwendiger Strom wird durch PV und PVT-Anlagen bereitgestellt. Der Strom aus den PV-Anlagen wird größtenteils lokal über den Zusammenschluss zum Eigenverbrauch als Privatstrom, wie auch für den Betrieb der haustechnischen und gemeinschaftlichen Anlagen genutzt. Die lokale Stromproduktion kann somit zu 87% für die Direktvermarktung genutzt werden und deckt dabei etwa 13% des Gesamtstrombedarfs des Areals ab.¹⁸

Das Anergienetz wird zu Heiz- und Kühlzwecken verwendet, und nutzt als Niedertemperaturnetz die Abwärme von Verbrauchern (Wohnungen) und Erzeugern (Büro, kommerzielle Betriebe). Außerdem verbindet es die Gebäude mit den Erdspeichern. Im Winter wird der Heizwärmebedarf durch dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden gedeckt, im Sommer wird über die Wärmetauscher gekühlt („free cooling“). Die Abwärme der Gebäude und des Gewerbes wird ins Quartiernetz eingespeist, wodurch der Erdwärmespeicher (215 Erdsonden zu je 150m und 180 Sonden zu je 280m) zusätzlich regeneriert wird. Die Wärme der Sonnen-Hybridkollektoren, die gleichzeitig Solarwärme und Solarstrom erzeugen, wird ebenfalls eingespeist. Mit diesen Maßnahmen wurde ein Plusenergiequartier als Vorzeigestandort erreicht (Abbildung 26).



Abbildung 26
Suurstoffi Risch Rotkreuz
(Quelle: www.suurstoffi.ch,
2023)

18 https://www.klimaaktiv.at/dam/jcr:b1a79dee-1352-4105-8921-a9bcde17be6a/11_Suurstoffi_2022-09-19.pdf, 2023

19 Leitfaden für die Entwicklung von klimaneutralen Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere, Verbundvorhaben STADTQUARTIER 2050 im Rahmen der Förderinitiative „Solares Bauen / Energieeffiziente Stadt“ aus dem 6. Energieforschungsprogramm

Harthof München

Im Rahmen des Horizon Europe Projektes ASCEND werden werden Maßnahmen zur Umsetzung von Plusenergiequartieren (auch Positive Energy Districts genannt) implementiert und getestet, sowie auf ihre Replizierbarkeit geprüft. Das Projekt implementiert und begleitet diese Maßnahmen im Rahmen von Demonstrationsquartieren in den beiden Leuchtturmstädten München und Lyon. Im Folgenden wird das Demonstrationsquartier „Harthof“ in München näher beschrieben. Abbildung 27¹⁹ zeigt eine räumliche Darstellung der Bilanzgrenze für das Plusenergiequartier Harthof München. Das Quartier umfasst 56 Hektar Fläche und 256.000m² Geschoßfläche in denen insgesamt 11.500 Einwohner leben. Die betrachteten Gebäude unterliegen mehrheitlich Wohnnutzung und liegen im Eigentum der Stadt, wobei im Quartier auch Dienstleistungen wie Schulen und auch gewerbliche Nutzungen zu finden sind. Weiters sind unterschiedliche Bauklassen und Bauperioden vertreten.



Abbildung 27
Schematische Darstellung
der umfassten Gebäude in
der Energiebilanz von Harthof,
München

Die aktuelle Wärmeversorgung des Quartiers erfolgt teilweise mit Fernwärme. Mehrheitlich kommen allerdings ineffiziente Öl und Gasboiler zum Einsatz. Auch der thermische Standard der Gebäude, die mehrheitlich in den 60er und 70er Jahren errichtet wurden, ist gering. Im Zuge des Projektes werden mehrere replizierbare Lösungen zur Transformation dieses Quartiers hin zum Plusenergiequartier implementiert und evaluiert. Im Folgenden werden einzelne dieser Lösungen näher beschrieben:

Serielle thermische Sanierung

Die thermische Sanierung von mehrgeschoßigen Wohnbauten kann ein langwieriger kostenintensiver Prozess sein. Um diese Prozesse zu beschleunigen und Investitionskosten zu verringern wird ein Großteil der Gebäude im Harthof mit Hilfe von serielle Sanierungskonzepte, die von weitestgehend standardisierten Prozessen und Fassadenelementen profitieren sollen, saniert. Das serielle Sanierungskonzept beinhaltet zudem gebäudeintegrierte Photovoltaik, um die Nutzung lokaler Erzeugungspotentiale zu optimieren. Lokal erzeugte Energie aus den Photovoltaik Anlagen wird direkt von den Mietern der Gebäude im sogenannten Mieterstrommodell verbraucht.

Fernwärmeanschluss und Geothermie

Zusätzlich zur thermischen Sanierung der Gebäude werden bestehende Öl und Gasboiler durch Fernwärmeanschlüsse ersetzt. Bereits heute wird Münchens Fernwärmenetz zu einem Großteil durch tiefe Geothermie mit Wärme versorgt. Bis 2040 soll das Münchener Fernwärmenetz zudem zu 100% aus erneuerbaren Quellen versorgt werden, wodurch der Fernwärmeanschluss der Gebäude einen wesentlichen Schritt zur Dekarbonisierung des Quartiers beiträgt.

Mobilität und Sektorkopplung

Nicht nur die Energieversorgung der betreffenden Gebäude wird im Plusenergiequartier Harthof betrachtet. Auch der Bereich der Mobilität wird im Konzept miteinbezogen. Im Zuge der Umsetzung des Projektes werden „Mobility points“ zur geteilten Nutzung von Elektroautos, aber auch Lastenfahrrädern implementiert. Auch öffentliche Ladestationen werden zur Dekarbonisierung von Mobilität im Quartier beitragen. Die Umsetzung von Sektorkopplung in Form von Vehicle to grid ist in diesem Fall auf Grund fehlender rechtlicher Rahmenbedingungen nicht möglich.

Lyon Confluence

Im Rahmen des Horizon Europe Projektes ASCEND werden werden Maßnahmen zur Umsetzung von Plusenergiequartieren (auch Positive Energy Districts genannt) implementiert und getestet, sowie auf ihre Replizierbarkeit geprüft. Das Projekt implementiert und begleitet diese Maßnahmen im Rahmen von Demonstrationsquartieren in den beiden Leuchtturmstädten München und Lyon. Im Folgenden wird das Demonstrationsquartier „Lyon Confluence“ im Süden Lyons näher beschrieben. Abbildung 27 zeigt eine räumliche Darstellung der Bilanzgrenze für das Plusenergiequartier Lyon Confluence. Das Quartier umfasst 33 Hektar Fläche und bei Vollendung 190.000 m² Geschoßfläche. Die betrachteten Gebäude unterliegen mehrheitlich Wohnnutzung und liegen teilweise im Eigentum der Stadt, wobei im Quartier auch Dienstleistungen und gewerbliche Nutzungen zu finden sind. Im Zuge der Implementierung des Projektes werden 19.000 m² Geschoßfläche renoviert und 170.000 m² Geschoßfläche auf ehemaligem Industriegebiet neu errichtet.



Abbildung 28
Schematische Darstellung
der umfassten Gebäude in
der Energiebilanz von Lyon
Confluence

Die Neubauten im Plusenergiequartier werden überwiegend in Niedrigstenergiestandard errichtet und verfügen lokale Photovoltaikanlagen auf den Gebäudedächern, sowie den Fassaden. Durch die Kombination von höchsten Standards im Bereich Energieeffizienz, sowie optimaler Nutzung lokaler Erzeugungspotentiale (Photovoltaik) soll eine positive Energiebilanz erreicht werden. Die Wärmeversorgung des Quartiers erfolgt überwiegend über das städtische Fernwärmenetz, welches durch Biomasse versorgt wird.

Auch in Lyon werden im Bereich Mobilität Maßnahmen zur nachhaltigen Quartiersentwicklung gesetzt. Beispielsweise werden car und bike sharing Angebote implementiert und eine Innovative Logistik Lösungen getestet. Dies umfasst beispielsweise die Umfunktionierung von Parkflächen zur Nutzung als Logistik-Hubs.

