

Integriertes energetisches Quartierskonzept für das Quartier „Bodenseeinsel“ in Lindau

Berichtsfassung August 2026



Auftraggeber
Stadt Lindau: Bauamt, Klimaschutz



Auftragnehmer
energielenker projects GmbH

Gefördert durch: Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen – aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bun-
destages



Bundesministerium
für Wohnen, Stadtentwicklung
und Bauwesen



**STÄDTEBAU-
FÖRDERUNG**

von Bund, Ländern und
Gemeinden

Bayerisches Staatsministerium für
Wohnen, Bau und Verkehr



¹ Bildquelle: Andreas Weilguny / Unsplash



Auftraggeber

Koordination, Organisation
Stadt Lindau: Bauamt, Klimaschutz

Bregenzer Straße 8
88131 Lindau (B)
www.lindau.de

Ansprechpartner:
Danielle Eichler
Tel. 08382 / 918-618

Auftragnehmer

Projektbearbeitung
energielenker projects GmbH

Hüttruper Heide 90
48268 Greven
www.energielenker.de

Ansprechpartner:
Viktor Gering
Tel. +49 2571 588 66 117

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einführung und Aufgabenstellung.....	4
1.1	Politischer und planerischer Hintergrund	4
1.2	Herausforderung Insel Lindau	5
1.3	Ziel und Aufgabenstellung des Konzeptes	5
2	Rahmenbedingungen und Grundlagen.....	7
2.1	Lage und Abgrenzung des Quartiers	7
2.2	Übergeordnete Ziele, Rechtliche Grundlagen, Förderkulisse	9
3	Bestandsanalyse	13
3.1	Demografie und Altersstruktur.....	13
3.2	Wirtschaftsstruktur.....	15
3.3	Infrastruktur für die Daseinsvorsorge	16
3.4	Grün- und Freiflächen und öffentlicher Raum	18
3.5	Gebäudebestand, Sanierungszustand und Typologie	22
3.6	Klimawandelanpassung und stadtklimatische Ausgangslage.....	31
3.7	Verkehr und Mobilität.....	34
4	Energie- und THG-Bilanzen	36
4.1	Technische Infrastruktur.....	36
4.2	Verkehr	37
4.3	Wärme	39
4.4	Strom, elektrische Energie	45
4.5	Erneuerbare Energien	51
5	Zwischenfazit zum Ist-Zustand	52
5.1	Zusammenfassende Bewertung der Ausgangslage	52
5.2	Energie- und Treibhausgasbilanz des Quartiers	53
5.3	Stärken, Herausforderungen, Chancen und Risiken.....	55
5.4	Ableitung zentraler Handlungsfelder	57
6	Maßnahmen & Förderungen für Gebäude unter Denkmalschutz	58
6.1	Informative Grundlage	58

6.2	Projektbezogene Maßnahme: Beispielhafter iSFP	59
7	Potenzialanalyse: Regenerative Energien	61
7.1	Biogas & Biomethan	61
7.2	Wasserstoff	62
7.3	Biomasse	63
7.4	Abwasserwärme	64
7.5	Seewasser, Bodensee	64
7.6	Beispielhafte Seethermie-Projekte am Bodensee	66
7.7	Oberflächennahe Geothermie & Grundwasser	68
7.8	Luft-Wasser-Wärmepumpen	69
8	Wärmeversorgung im Quartier	71
8.1	Bedarf & Rahmenbedingungen	71
8.2	Dezentrale Wärmeerzeugung – Ausgangslage und Alternativen	75
8.3	Zentrale Wärmeerzeugung – Wärmenetze als Alternative	76
8.4	Ankerkunden im Wärmenetz	78
8.5	Rahmenbedingungen zur Bewertung	83
8.6	V1: Dezentrale Kessel mit Erdgas	84
8.7	V2: Dezentrale Kessel mit Biomethan	86
8.8	V3: Wärmenetz mit Erdgas	88
8.9	V4: Wärmenetz mit Biomethan	89
8.10	V5: Wärmenetz mit Seethermie	90
8.11	Bewertungsmethodik der Versorgungsvarianten	92
8.12	Wärmeerzeugung Zusammenfassung der Auslegung	93
8.13	Fördermöglichkeiten	94
8.14	Grundlagen der Wirtschaftlichkeit	95
8.15	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	96
8.16	Wirtschaftliche Optimierung: ISEK	101
8.17	Sensitivitätsanalyse	103
8.18	Emissionsanalyse	109
8.19	Bewertung der Ergebnisse	111

8.20	Ausblick 2055	112
8.21	Mögliche Projekterweiterung	114
9	Öffentlichkeitsarbeit	117
9.1	Zielsetzung, Konzeption	117
9.2	Durchgeführte Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit	118
9.3	Ergebnisse, Bedeutung für weiteres Vorgehen	119
10	Umsetzungskonzept: Maßnahmenkatalog	121
10.1	HF 1: Klimawandelanpassung und Digitalisierung	121
10.2	HF 2: Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung	124
10.3	HF 3: Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung	128
10.4	HF 4: Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung	130
11	Umsetzungskonzept: Controlling und Monitoring	132
11.1	Klimawandelanpassung und Digitalisierung	133
11.2	Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung	135
11.3	Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung	137
11.4	Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung	139
11.5	Organisation, Zuständigkeiten und Nutzung	141
12	Fazit und Zusammenfassung	142
13	Verzeichnisse	144
13.1	Abbildungsverzeichnis	144
13.2	Tabellenverzeichnis	147
13.3	Abkürzungsverzeichnis	148
14	Glossar	

1 Einführung und Aufgabenstellung

1.1 Politischer und planerischer Hintergrund

Mit dem Grundsatzbeschluss des Stadtrats der Stadt Lindau (Bodensee) vom Oktober 2021, bis spätestens 2035 Klimaneutralität anzustreben, hat sich die Stadt frühzeitig zu einem ambitionierten klimapolitischen Ziel bekannt. Zur fachlichen Unterlegung wurde 2022 das Klimaschutzkonzept Lindau 2035 erarbeitet, das insbesondere die Wärmeversorgung als zentralen Handlungsbereich identifiziert. Vor diesem Hintergrund beschloss der Stadtrat am 28.09.2022 die Erarbeitung eines integrierten energetischen Quartierskonzepts mit Schwerpunkt auf der historischen Insel Lindau.

Ein integriertes Quartierskonzept ermöglicht es, auf Quartiersebene passgenaue Lösungen für die örtlichen Rahmenbedingungen zu entwickeln und relevante Akteure frühzeitig einzubinden. Dadurch werden Transparenz und Akzeptanz gefördert sowie die Grundlage für die spätere Umsetzung konkreter Maßnahmen geschaffen. Das Konzept verbindet damit strategische Klimaschutzziele mit der praktischen Umsetzung vor Ort.

Die historische Insel steht vollständig unter Denkmalschutz und stellt damit besondere Anforderungen an energetische Maßnahmen sowie an die Klimawandelanpassung. Der Stadtrat hat sich daher bewusst dafür entschieden, gerade in diesem komplexen Bereich anzusetzen.

Die Finanzierung des Projekts konnte trotz erschwelter Rahmenbedingungen – insbesondere der Bundeshaushaltssperre sowie des Wegfalls einer Förderung aus dem KfW-Programm 432 – sichergestellt werden. Die Programmlinie „Klimawandel Innenstadt“ der Städtebauförderung bildete hierbei eine wesentliche Grundlage für den Projektstart.

Das Quartierskonzept betrachtet neben der Wärmeversorgung auch ausgewählte Aspekte der Klimawandelanpassung, bei denen der Denkmalschutz eine wesentliche Rolle spielt. Mobilitäts- und Verkehrsthemen werden in separaten Fachkonzepten vertieft und daher im vorliegenden Konzept nur randständig berücksichtigt.

Das Vorhaben fügt sich zudem in die aktuellen rechtlichen und fachlichen Rahmenbedingungen ein, insbesondere in die Anforderungen der kommunalen Wärmeplanung nach dem Wärmeplanungsgesetz. Das Konzept dient als strategischer Orientierungsrahmen bis zum Jahr 2035 und bildet die Grundlage für die schrittweise Entwicklung und Umsetzung konkreter Maßnahmen zur klimaneutralen und klimangepassten Entwicklung der Insel Lindau.

1.2 Herausforderung Insel Lindau

Die historische Insel Lindau stellt in mehrfacher Hinsicht einen Sonderfall innerhalb der kommunalen Energie- und Klimapolitik dar. Als vollständig denkmalgeschütztes Ensemble mit überwiegend historischer, teils jahrhundertealter Bausubstanz sind die Möglichkeiten klassischer energetischer Sanierungen stark eingeschränkt. Gleichzeitig weist die Insel eine außergewöhnlich hohe Nutzungsdichte, eine komplexe Nutzungsmischung sowie eine sehr hohe Besucherfrequenz als touristischer Anziehungspunkt auf.

Diese Rahmenbedingungen führen dazu, dass Maßnahmen auf Einzelgebäudeebene allein nicht ausreichen, um die ambitionierten Klimaziele der Stadt zu erreichen. Insbesondere im Bereich der Wärmeversorgung stoßen gebäudebezogene Lösungen aufgrund von Denkmalschutzauflagen, begrenzten Flächen und technischen Restriktionen an ihre Grenzen. Zugleich verschärfen enge Gassen, begrenzte Verkehrsflächen und vielfältige Nutzungskonflikte die Anforderungen an Planung, Bau und Betrieb neuer Infrastrukturen.

Hinzu kommen klimatische Herausforderungen, die sich auf der Insel aufgrund des hohen Versiegelungsgrades besonders deutlich manifestieren. Hitzeperioden, Starkregenereignisse und potenzielle Hochwasserrisiken wirken sich hier unmittelbarer auf Aufenthaltsqualität, Bausubstanz und Infrastruktur aus als in weniger dicht bebauten Stadtteilen. Die Notwendigkeit einer kombinierten Betrachtung von Klimaschutz und Klimaanpassung ist daher für die Insel Lindau besonders ausgeprägt.

Gleichzeitig verfügt die Insellage auch über spezifische Potenziale. Die Nähe zum Bodensee eröffnet Optionen zur Nutzung von Seethermie als erneuerbare Wärmequelle. Öffentliche Räume, Plätze und Uferbereiche bieten Ansatzpunkte für klimaangepasste Gestaltung, Kühlung und Regenwassermanagement. Nicht zuletzt ist die Insel Lindau als historisches, kulturelles und touristisches Zentrum von zentraler Bedeutung für die Identität und Attraktivität der Gesamtstadt – Maßnahmen müssen daher nicht nur technisch machbar, sondern auch städtebaulich verträglich, denkmalgerecht und gesellschaftlich akzeptiert sein. Das integrierte energetische Quartierskonzept trägt diesem besonderen Spannungsfeld Rechnung, indem es die Insel nicht isoliert, sondern im Kontext bestehender städtebaulicher, verkehrlicher, sozialer und klimatischer Strategien betrachtet und gezielt vertieft.

1.3 Ziel und Aufgabenstellung des Konzeptes

Die Stadt Lindau (Bodensee) beauftragte die energielenker projects GmbH mit der Erarbeitung eines integrierten energetischen Quartierskonzeptes für die Insel Lindau. Ziel des Konzeptes ist es, die energetische Transformation der Insel fachlich fundiert und abgestimmt auf die speziellen Rahmenbedingungen der denkmalgeschützten Bausubstanz vorzubereiten. Das Konzept dient als strategischer Orientierungsrahmen bis 2035 und liefert Entscheidungsgrundlagen für Politik, Verwaltung, Stadtwerke, Eigentümerinnen und Eigentümer sowie weitere Akteure.

Inhaltliche Schwerpunkte des Konzeptes sind:

- integrierte Wärme- und Stromversorgung auf Quartiersebene unter Gesichtspunkten des Klimaschutzes und der Energieeffizienz
- Untersuchungen für eine klimafreundliche Wärmeversorgung im Bestand, dezentrale und zentrale Versorgungssysteme sowie die Nutzung erneuerbarer Umweltwärme
- Maßnahmen zur Klimawandelanpassung unter besonderer Berücksichtigung denkmalpflegerischer Anforderungen
- Priorisierung von Maßnahmen nach technischer, rechtlicher, finanzieller und denkmalpflegerischer Umsetzbarkeit.

Mobilitäts- und Verkehrsthemen werden in laufenden separaten Fachkonzepten vertieft und daher im vorliegenden Konzept nur nachrangig behandelt.

Das integrierte energetische Quartierskonzept ist ausdrücklich kein abschließender Maßnahmenplan, sondern ein strategischer Orientierungsrahmen, der Handlungsoptionen aufzeigt, Chancen und Risiken transparent macht und eine schrittweise sowie förderfähige Umsetzung unterstützt. Es ergänzt bestehende Konzepte wie das Klimaschutzkonzept Lindau 2035 und das Insel-Entwicklungskonzept (IEK) und bildet die fachliche Grundlage für weiterführende Planungen, Förderanträge und politische Entscheidungen.

Methodik und Aufbau des Abschlussberichts

Der Bericht beschreibt zunächst das Untersuchungsgebiet sowie die wesentlichen Rahmenbedingungen, darunter politische Zielsetzungen, rechtliche Vorgaben und denkmalpflegerische Anforderungen. Darauf aufbauend werden die Energie- und Treibhausgasbilanz des Quartiers sowie die relevanten Energieverbrauchsstrukturen analysiert. Diese bilden die Grundlage für die Ermittlung von Einspar-, Effizienz- und Versorgungspotenzialen.

Auf Basis der Bestandsanalyse, Bilanzierung und Potenzialbewertung werden Handlungsoptionen entwickelt und priorisierte Maßnahmen abgeleitet. Darüber hinaus werden Umsetzungshemmnisse, Förder- und Finanzierungsansätze sowie Möglichkeiten zur begleitenden Öffentlichkeitsarbeit und Akteursbeteiligung betrachtet.

2 Rahmenbedingungen und Grundlagen

2.1 Lage und Abgrenzung des Quartiers

Räumliche Lage und Abgrenzung

Das Untersuchungsgebiet des integrierten energetischen Quartierskonzepts umfasst ausschließlich die Insel Lindau und ist damit klar vom Festland abgegrenzt. Das Quartier befindet sich auf der namensgebenden Insel Lindau im Bodensee (s. nachfolgende Abbildung). Die Kreisstadt Lindau (Bodensee) liegt am nordöstlichen Ufer des Bodensees im Regierungsbezirk Schwaben und fungiert als Schnittstelle zwischen Bayern, Baden-Württemberg, Österreich und der Schweiz.



Abbildung 1: Karte: Lindau & Lindau-Insel, Google Maps, bearbeitet

Die Insel ist lediglich an zwei Stellen mit dem nördlich gelegenen Festland verbunden: im östlichen Bereich über eine Straßenbrücke und im westlichen Bereich über einen Eisenbahndamm. Das Quartier „Insel“ umfasst die historische Altstadt mit einer Fläche von rund 62,3 ha und derzeit etwa 3.000 Einwohnerinnen und Einwohnern.

Die Abgrenzung auf das Inselgebiet erfolgt bewusst, da sich hier spezifische Rahmenbedingungen bündeln, die eine getrennte Betrachtung gegenüber anderen Stadtteilen erforderlich machen. Die Insel stellt einen eigenständigen, historisch gewachsenen Stadtteil mit besonderer städtebaulicher, funktionaler und energetischer Charakteristik dar.

Tabelle 1: Wesentliche Kennzahlen des Untersuchungsgebiets

Kenngröße	Wert / Beschreibung
Fläche	ca. 62,3 ha
Einwohner (dauerhaft)	ca. 3.000
Gebäudeanzahl	rd. 600
Energieversorger	Stadtwerke Lindau (B)
Anbindung an Festland	Straßenbrücke (Osten), Eisenbahndamm (Westen)
Siedlungstyp	Geschlossene historische Altstadt, dicht bebaut

Räumliche Struktur und Dichte

Die Insel Lindau weist eine kompakte räumliche Ausdehnung mit hoher baulicher Dichte auf. Aufgrund der Insellage sind die verfügbaren Flächen begrenzt; Erweiterungen des Siedlungsraums oder größere Neubauentwicklungen sind nicht zu erwarten. Diese räumliche Begrenzung führt zu einer vergleichsweise hohen Wärme- und Nutzungsdichte, was für energetische Fragestellungen – insbesondere im Hinblick auf quartiersbezogene Versorgungslösungen – von zentraler Bedeutung ist.

Nutzungsmix und Lastenprofile

Die Einwohnerzahl der Insel unterliegt im Jahresverlauf deutlichen Schwankungen. Neben der dauerhaft ansässigen Wohnbevölkerung prägen touristische Nutzungen, Zweit- und Ferienwohnungen sowie saisonale Belegungen das Quartier. Für die energetische Betrachtung ist daher weniger die statistische Einwohnerzahl als vielmehr die tatsächliche Nutzungsintensität der Gebäude relevant, die sich in variierenden Wärme- und Stromlasten widerspiegelt.

Kennzeichnend für das Quartier ist ein ausgeprägter Nutzungsmix. Wohnen, Einzelhandel, Gastronomie, Hotellerie, Dienstleistungen sowie kulturelle und öffentliche Nutzungen sind eng miteinander verflochten und häufig innerhalb einzelner Gebäude kombiniert. Diese funktionale Durchmischung führt zu unterschiedlichen zeitlichen Lastprofilen und stellt besondere Anforderungen an die Auslegung zukünftiger Energie- und Wärmeversorgungssysteme.

Städtebauliche Struktur und Denkmalschutz

Die städtebauliche Struktur der Insel ist historisch geprägt. Ein großer Teil des Gebäudebestands stammt aus vorindustriellen Baualtersklassen; der Anteil denkmalgeschützter Gebäude ist sehr hoch. Die Bebauung ist überwiegend geschlossen, mehrgeschossig und durch enge Straßenräume gekennzeichnet.

Diese Struktur prägt die energetischen Handlungsspielräume maßgeblich. Während gebäudeindividuelle Maßnahmen häufig eingeschränkt sind, ergeben sich zugleich günstige Voraussetzungen für quartiersbezogene Lösungen aufgrund der räumlichen Nähe, der kompakten Siedlungsstruktur und der hohen Nutzungsdichte.

2.2 Übergeordnete Ziele, Rechtliche Grundlagen, Förderkulisse

Das integrierte energetische Quartierskonzept (IEQK) für die Insel Lindau ist in einen mehrstufigen rechtlichen und förderpolitischen Rahmen eingebettet, der Vorgaben auf europäischer, nationaler und landesrechtlicher Ebene miteinander verknüpft. Dieses Kapitel fasst die wichtigsten Zielsetzungen, gesetzlichen Grundlagen und Förderinstrumente zusammen, die für die energetische Transformation und Klimaanpassung im Quartier relevant sind.

Europäische Ebene

Die europäische Klima- und Energiepolitik bildet den strategischen Rahmen für die Transformation des Gebäudesektors und der Wärmeversorgung. Mit dem European Green Deal verfolgt die Europäische Union das Ziel, bis 2050 Klimaneutralität zu erreichen. Die novellierte EU-Gebäuderichtlinie (Energy Performance of Buildings Directive – EPBD, Richtlinie (EU) 2024/1275) konkretisiert dieses Ziel für den Gebäudesektor und fordert den schrittweisen Aufbau eines emissionsfreien Gebäudebestands bis 2050. Die Vorgaben wirken mittelbar auf kommunale Planungen und bilden den Hintergrund für entsprechende nationale Gesetzgebungen.

Darüber hinaus bildet die EU-Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) die Grundlage für einen nachhaltigen Gewässerschutz. Für den Bodensee als grenzüberschreitendes Gewässer werden die wasserwirtschaftlichen Zielsetzungen im Rahmen der Internationalen Bodenseekonferenz (IBK) sowie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) abgestimmt und konkretisiert.

Ziel ist der Schutz des See-Ökosystems, der Trinkwasserressourcen sowie eine ökologisch verträgliche Nutzung des Gewässers. Für energetische Nutzungen des Bodensees, insbesondere für thermische Nutzungen im Rahmen von Seethermieprojekten, ergeben sich daraus besondere wasserrechtliche und ökologische Anforderungen.

Bundes- und Landesebene

Das übergeordnete Ziel der deutschen Klimapolitik ist die Treibhausgasneutralität bis 2045. Das Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG) definiert hierfür verbindliche Minderungsziele. Für das Quartierskonzept ergeben sich daraus insbesondere Anforderungen an die Dekarbonisierung der Wärmeversorgung und die Anpassung an die Folgen des Klimawandels.

Von besonderer Bedeutung für die Insel Lindau sind die gesetzlichen Rahmenbedingungen für den Wärmesektor sowie die Klimaanpassung.

Tabelle 2: Relevante gesetzliche Grundlagen

Gesetz	Kerninhalt	Relevanz für das Quartier
Wärmeplanungsge- setz (WPG)	Kommunale Wärmeplanung, kli- maneutrale Wärmeversorgung bis 2045	Zentrale Grundlage für die Entwick- lung zukünftiger Wärmeversorgungs- lösungen
Gebäudeenergiege- setz (GEG)	Anforderungen an Gebäude und Heizungsanlagen	Relevant für Sanierungen und Hei- zungsmodernisierungen
Bundes-Klimaschutz- gesetz (KSG)	Nationale Klimaschutzziele bis 2045	Strategischer Rahmen für alle Klima- schutzmaßnahmen
Bundes-Klimaanpas- sungsgesetz (KAnG)	Anpassung an Klimafolgen	Relevant für Hitzevorsorge, Starkre- genmanagement und Resilienzmaß- nahmen
Erneuerbare-Ener- gien-Gesetz (EEG)	Förderung erneuerbarer Stromer- zeugung	Relevanz für dezentrale Stromerzeu- gung im Quartier
Kraft-Wärme-Kopp- lungsgesetz (KWKG)	Förderung von KWK-Anlagen	Potenziell relevant für zukünftige Ver- sorgungskonzepte

Landesrecht Bayern

Auf Landesebene konkretisiert der Freistaat Bayern die bundesrechtlichen Vorgaben durch eigene Klimaschutzziele, Förderprogramme und Vollzugshinweise. Für die Insel Lindau ist insbesondere die enge Verzahnung von Klimaschutz, Klimaanpassung und Denkmalschutz von Bedeutung. Aufgrund des hohen Anteils denkmalgeschützter Gebäude und des geschützten Ensembles müssen energetische Maßnahmen regelmäßig mit den Anforderungen des Denkmalschutzes in Einklang gebracht werden. Die landesrechtlichen Rahmenbedingungen bilden damit eine wichtige Grundlage für die Entwicklung und Umsetzung geeigneter Maßnahmen im Quartier.

Klimaanpassung und Resilienz des Quartiers

Neben der Reduzierung von Treibhausgasemissionen gewinnt die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Die historische Insel Lindau ist aufgrund ihrer dichten Bebauung, des hohen Versiegelungsgrades sowie der begrenzten Freiflächen besonders von Hitzebelastungen, Starkregenereignissen und potenziellen Hochwasserereignissen betroffen. Das Quartierskonzept berücksichtigt daher neben Maßnahmen zur Energieeinsparung und klimaneutralen Wärmeversorgung auch Ansätze zur Stärkung der Klimaresilienz. Hierzu zählen insbesondere Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas, zur Reduzierung von Hitzeinseln, zur Regenwasserbewirtschaftung sowie zur klimaangepassten Gestaltung öffentlicher Räume unter Berücksichtigung denkmalpflegerischer Anforderungen.

Förderkulisse

Die Förderkulisse bildet eine zentrale Voraussetzung für die Umsetzbarkeit energetischer Maßnahmen im Quartier. Sie umfasst Förderprogramme auf Bundes- und Landesebene, die Investitionen in Energieeffizienz, erneuerbare Energien, Wärmeinfrastruktur sowie Maßnahmen der Klimaanpassung unterstützen. Aufgrund der besonderen Rahmenbedingungen der historischen Insel Lindau kommt der Förderfähigkeit von Maßnahmen eine besondere Bedeutung zu. Das Quartierskonzept ist daher so angelegt, dass es als fachliche Grundlage für weiterführende Machbarkeitsstudien, Förderanträge und politische Entscheidungen genutzt werden kann.

Tabelle 3: Wesentliche Förderprogramme

Förderprogramm	Träger	Relevanz
BEG	BAFA / KfW	Gebäudesanierung
BEG-EM	BAFA	Einzelmaßnahmen
BEW	BAFA	Wärmenetze, Machbarkeitsstudien
Heizungsförderung (KfW 458)	KfW	Heizungsmodernisierung
KfW 270	KfW	Erneuerbare Energien
Energieberatung (EBW/EBN)	BAFA	Fachplanung und Beratung
Städtebauförderung „Klimawandel Innenstadt“	Bund/Land Bayern	Quartiersentwicklung
Klimaschutz in Kommunen	Freistaat Bayern	Kommunale Klimaschutzmaßnahmen
Denkmalförderung Bayern	Freistaat Bayern	Denkmalgeschützte Gebäude

Das Quartierskonzept ist so angelegt, dass es als fachliche Grundlage für weiterführende Machbarkeitsstudien, Förderanträge und politische Entscheidungen genutzt werden kann.

Fazit

Die rechtlichen Vorgaben auf europäischer, nationaler und landesrechtlicher Ebene sowie die verfügbaren Förderprogramme schaffen einen verbindlichen Rahmen für die energetische Transformation der Insel Lindau. Das integrierte energetische Quartierskonzept übersetzt diese übergeordneten Zielsetzungen in eine quartiersspezifische Planungsperspektive und berücksichtigt dabei gleichermaßen die Anforderungen von Klimaschutz, Klimaanpassung, Denkmalschutz und Wärmeplanung.

3 Bestandsanalyse

Im Rahmen der Bestandsanalyse wurden zunächst vorhandene Aktivitäten und Konzepte mit Bezug auf die Themen Energie und Klimaschutz sowie bestehende Grundlagen zum Quartier „Insel Lindau“ (Inselentwicklungskonzept, Klimawandelstudie, Mobilitätsmasterplan, ...) ausgewertet. Des Weiteren erfolgte eine Analyse der Energieerzeugung und des Energieverbrauchs. Neben vorhandenen Dokumenten wurde zudem eine Eigentümerbefragung sowie eine Vor-Ort-Begehung durchgeführt, die wichtige Ergänzungen zu den vorhandenen Datengrundlagen liefern.

3.1 Demografie und Altersstruktur

Die Stadt Lindau (Bodensee) zählte im Jahr 2021 insgesamt 25.547 Einwohnerinnen und Einwohner. Nach der Bevölkerungsprognose des Bayerischen Landesamtes für Statistik wird die Einwohnerzahl bis zum Jahr 2039 um rund 1 % zurückgehen. Gleichzeitig folgt Lindau dem allgemeinen demografischen Trend einer alternden Gesellschaft. Während die Zahl älterer Menschen weiter zunimmt, stagniert beziehungsweise sinkt die Zahl jüngerer Altersgruppen.

Besonders die Lindauer Insel mit rund 3.000 Einwohnerinnen und Einwohnern weist eine überdurchschnittlich alte Bevölkerungsstruktur auf. Diese Entwicklung ist für das Quartier von besonderer Bedeutung, da sich demografische Veränderungen unmittelbar auf den Energiebedarf, die Anforderungen an Gebäude sowie die Klimaanpassung auswirken.

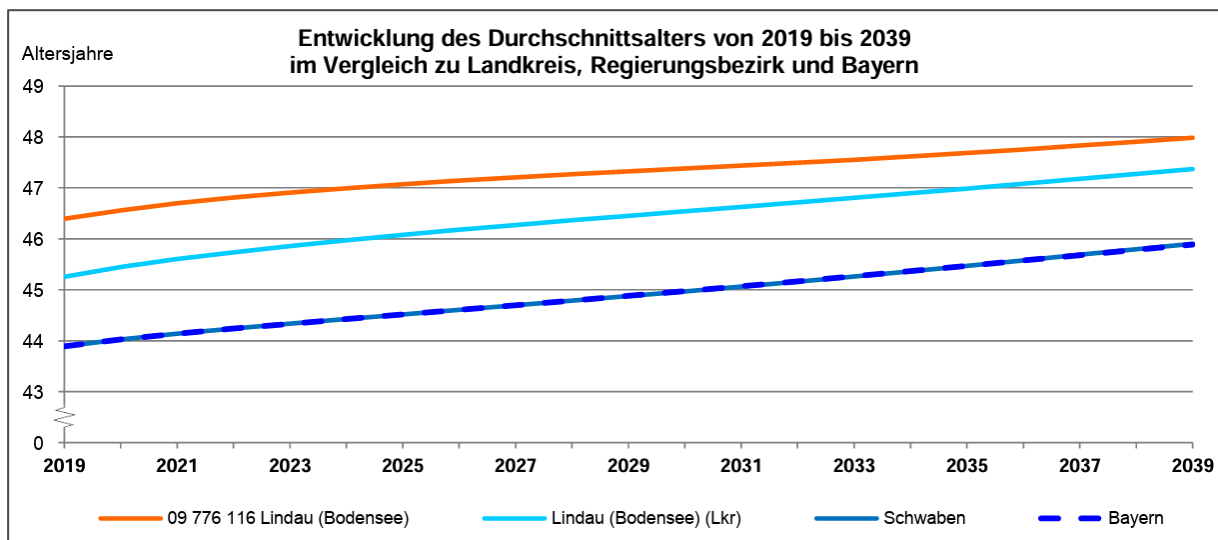


Abbildung 2: Entwicklung des Durchschnittsalters in Lindau (Bodensee) bis 2039, (Bayrisches Landesamt für Statistik, 2025)

Das durchschnittliche Alter der Bevölkerung in der Stadt Lindau steigt nach den Prognosen von 46,6 Jahren im Jahr 2021 auf 48,0 Jahre im Jahr 2039. Die Entwicklung des Durchschnittsalters ist in der voranstehenden Abbildung dargestellt. Die Altersstruktur zeigt einen überproportionalen Anteil an Menschen zwischen 50 und 60 Jahren. Diese Altersgruppe wird in den kommenden Jahren maßgeblich zum weiteren Anstieg des Durchschnittsalters beitragen. Gleichzeitig wird die Zahl junger Menschen voraussichtlich stagnieren, während die Zahl älterer Menschen weiter zunimmt.

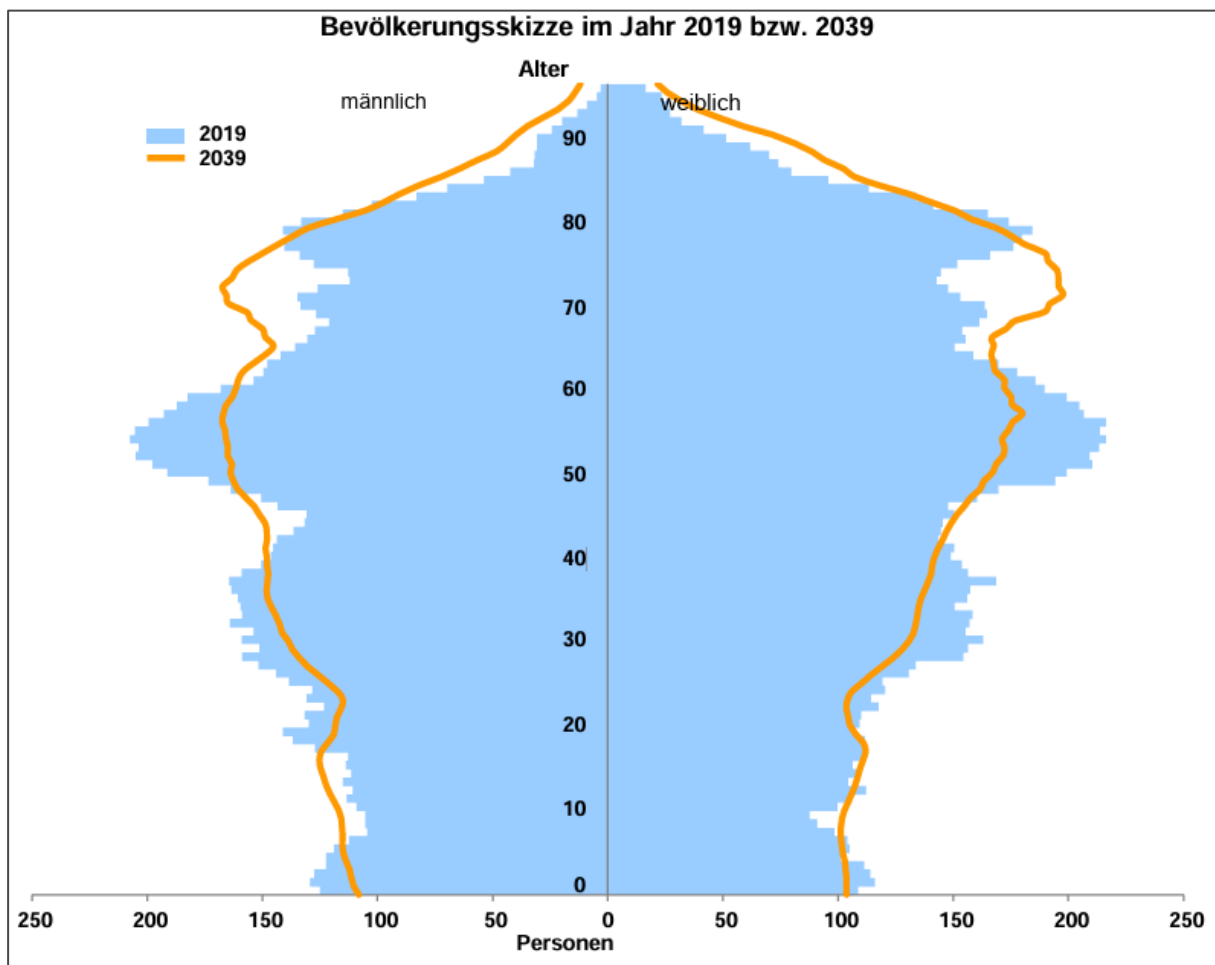


Abbildung 3: Altersverteilung Lindau (Bodensee) (Bayrisches Landesamt für Statistik, 2025)

Für das Quartier ergeben sich daraus mehrere Handlungsanforderungen. Ältere Bewohnerinnen und Bewohner haben besondere Anforderungen an Wohnkomfort, Barrierefreiheit, Wärmeversorgung und Hitzeschutz. Darüber hinaus gelten insbesondere Menschen ab 65 Jahren als vulnerable Bevölkerungsgruppe, die von sommerlicher Hitzebelastung überdurchschnittlich betroffen sein kann. Maßnahmen zur Klimawandelanpassung, insbesondere zur Reduzierung von Hitzeinseln und zur Verbesserung des Mikroklimas im öffentlichen Raum, gewinnen daher für die Insel Lindau zusätzlich an Bedeutung.

3.2 Wirtschaftsstruktur

Laut den Ergebnissen der Beschäftigungsstatistik der Statistik Kommunal aus dem Jahr 2022 ist die Wirtschaftsstruktur der Stadt Lindau (Bodensee) überwiegend durch das produzierende Gewerbe geprägt, da von den insgesamt 11.974 sozialversicherungspflichtig Beschäftigten im Stadtgebiet etwa 31 % in diesem Sektor tätig sind. Den zweitgrößten Anteil tragen die Bereiche Handel, Verkehr und Gastgewerbe sowie öffentliche und private Dienstleister mit jeweils rund 24 %. Unternehmensdienstleister sind mit einem Anteil von 20 % vertreten (vgl. nachfolgende Abbildung).

Gegenstand der Nachweisung	Sozialversicherungspflichtig beschäftigte Arbeitnehmer am 30. Juni ²⁾					
	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Beschäftigte am Arbeitsort	12 640	12 943	13 068	13 086	12 266	11 974
davon männlich	6 791	7 014	7 035	7 073	6 494	6 280
weiblich	5 849	5 929	6 033	6 013	5 772	5 694
darunter ¹⁾ Land- und Forstwirtschaft, Fischerei	46	42	55	49	64	64
Produzierendes Gewerbe	4 518	4 392	4 257	3 966	3 808	3 676
Handel, Verkehr, Gastgewerbe	3 134	3 228	3 271	3 228	2 988	2 921
Unternehmensdienstleister	2 313	2 585	2 747	3 049	2 602	2 406
Öffentliche und private Dienstleister	2 629	2 696	2 738	2 794	2 804	2 907
Beschäftigte am Wohnort	8 743	9 007	9 224	9 425	9 293	9 501

¹⁾ Klassifikation der Wirtschaftszweige, Ausgabe 2008 (WZ 2008).

²⁾ Bei den Ergebnissen des Jahres 2016 handelt es sich um revidierte Werte der Bundesagentur für Arbeit; 2020 – 2021 vorläufige Ergebnisse.

Abbildung 4: Sozialversicherungsbeschäftigte nach Beschäftigungssektor

Die Lindauer Insel mit ihrer historischen Altstadt ist der zentrale Tourismusstandort der Stadt. Der Tourismus prägt insbesondere das Quartier der Insel und profitiert von der einzigartigen Lage am Bodensee. Sowohl der Einzelhandel als auch das Gastgewerbe und die Hotellerie profitieren in hohem Maße von den touristischen Besucherströmen. Gleichzeitig bildet die Insel das wirtschaftliche, kulturelle und touristische Zentrum der Stadt Lindau.

Für das Quartier ergeben sich daraus besondere Anforderungen. Die hohe touristische Nutzung führt zu zusätzlichen Anforderungen an die Energieversorgung sowie an die Auslegung zukünftiger Wärmeversorgungssysteme, da saisonale Schwankungen bei Belegung und Energiebedarf berücksichtigt werden müssen. Gleichzeitig erfordert der hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude die Entwicklung denkmalverträglicher Sanierungs- und Versorgungslösungen, die sowohl den Anforderungen des Klimaschutzes als auch den Belangen des historischen Stadtbildes gerecht werden.

3.3 Infrastruktur für die Daseinsvorsorge

Bildungs- und Betreuungseinrichtungen für Kinder und Jugendliche

Die Inselstadt Lindau verfügt über ein vielfältiges Angebot an Bildungs- und Betreuungseinrichtungen, die über das gesamte Quartier verteilt liegen. Im zentralen Bereich befindet sich die Grundschule Lindau-Insel, welche den Kindern der Umgebung einen kurzen Schulweg ermöglicht. Ergänzend dazu bietet der Johanniter-Inselhort Lindau eine verlässliche Nachmittagsbetreuung sowie Unterstützung bei den Hausaufgaben.

Für die frühkindliche Bildung stehen auf der Insel mehrere Einrichtungen zur Verfügung. Der Maria-Ward-Kindergarten sowie der Evangelische Kindergarten St. Stephan liegen beide gut erreichbar innerhalb des Quartiers und decken gemeinsam einen großen Teil des Betreuungsbedarfs für Kinder im Vorschulalter ab.

Darüber hinaus befinden sich mit der Freien Schule Lindau und der Maria-Ward-Realschule zwei weiterführende beziehungsweise schulergänzende Bildungseinrichtungen auf der Insel. Ergänzt wird das Bildungsangebot durch die Paracelsus Heilpraktikerschule Lindau, die ein spezialisiertes Ausbildungsprogramm für Erwachsene bereithält und damit einen wichtigen Beitrag zur beruflichen Weiterbildung leistet.

Für junge Menschen und das gesellschaftliche Leben auf der Insel sind darüber hinaus die Stadtbücherei sowie das Jugendzentrum Xtra von besonderer Bedeutung. Beide Einrichtungen leisten einen wichtigen Beitrag zur Bildung, Freizeitgestaltung und sozialen Teilhabe unterschiedlicher Altersgruppen und stärken die Funktion der Insel als lebendiges Wohn- und Stadtquartier.

Auf der Insel befinden sich zudem weitere wichtige öffentliche Einrichtungen. Hierzu zählen ein Alten- und Pflegeheim, das Finanzamt Lindau sowie Dienststellen der Bundespolizei. Ergänzt wird das Angebot durch bedeutende kulturelle Einrichtungen wie das Stadttheater Lindau, das Zeughaus sowie das Stadtmuseum Cavazzen. Diese Einrichtungen prägen die Insel nicht nur als Wohnstandort, sondern auch als Verwaltungs-, Kultur- und Veranstaltungszentrum der Stadt Lindau.

Insgesamt ergibt sich damit eine hohe Konzentration an Bildungs-, Kultur-, Sozial- und Verwaltungseinrichtungen auf engem Raum. Weiterführende Schulen außerhalb des Quartiers sind über die gute ÖPNV-Anbindung der Stadt Lindau ebenfalls gut erreichbar, sodass Schülerinnen und Schüler problemlos auch Einrichtungen außerhalb des unmittelbaren Untersuchungsgebietes besuchen können

Einzelhandel und Dienstleistungen

Auf der Insel Lindau konzentriert sich ein großer Teil der städtischen Einzelhandels- und Dienstleistungsstruktur. Das Quartier „Insel“ weist dabei eine hohe Dichte an Geschäften, gastronomischen Angeboten und touristisch geprägten Dienstleistungsbetrieben auf. Die Altstadt rund um den Marktplatz,

den Reichsplatz und die Maximilianstraße bildet das historische und wirtschaftliche Zentrum des Quartiers. Entlang der zentralen Fußgängerzone befinden sich überwiegend Einzelhandelsbetriebe wie Boutiquen, Fachgeschäfte und Souvenirshops sowie zahlreiche Restaurants, Cafés und Hotels, die das Stadtbild prägen.

Lebensmittelmärkte für die Deckung des täglichen Bedarfs sind sowohl auf der Insel selbst – unter anderem im Bereich des Hinteren Inselgrabens – als auch auf dem nahegelegenen Festland im direkten Umfeld des Quartiers vorhanden. Dadurch kann die Nahversorgung der Bewohnerinnen und Bewohner im Quartier „Insel“ insgesamt als gesichert eingestuft werden.

Im östlichen Bereich der Insel, in der Nähe des Inselbahnhofs, befinden sich ergänzende Dienstleistungs- und Einzelhandelsangebote wie Drogeriewaren, Bäckereien, regionale Feinkostgeschäfte sowie kleinere Handwerks- und Servicebetriebe. Darüber hinaus sind entlang der wichtigsten Verbindungsachsen der Altstadt weitere Einrichtungen des täglichen Bedarfs wie Apotheken, Optiker und Buchhandlungen vorhanden. Südlich grenzt das Quartier an die Uferbereiche des Bodensees, wo zusätzliche gastronomische Angebote und touristische Dienstleistungen angesiedelt sind

Insgesamt stellt sich die Erreichbarkeit der Versorgung mit Gütern des kurz- und mittelfristigen Bedarfs auf der Insel Lindau als sehr gut dar. Die funktionale Durchmischung der Altstadt sowie die fußläufige Erreichbarkeit nahezu aller Versorgungsstandorte tragen wesentlich dazu bei, dass das Quartier über eine hohe Versorgungsqualität verfügt.

Die Lindauer Insel mit ihrer historischen Altstadt ist zugleich der zentrale Tourismusstandort der Stadt. Der Tourismus prägt insbesondere das Quartier der Insel und profitiert von der einzigartigen Lage am Bodensee. Sowohl der Einzelhandel als auch das Gastgewerbe und die Hotellerie profitieren stark von den touristischen Besucherströmen.

Für das Quartier ergeben sich daraus besondere Anforderungen. Die hohe touristische Nutzung führt zu zusätzlichen Anforderungen an die Energieversorgung und den Wärmebedarf, da saisonale Schwankungen bei Belegung und Nutzung berücksichtigt werden müssen. Gleichzeitig erfordert der hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude die Entwicklung denkmalverträglicher Sanierungs- und Versorgungslösungen.

3.4 Grün- und Freiflächen und öffentlicher Raum

Die historische Insel Lindau ist durch eine hohe bauliche Dichte und einen hohen Versiegelungsgrad geprägt. In sommerlichen Hitzeperioden entstehen dadurch lokale Hitzeinseln, in denen sich insbesondere die engen Straßen- und Gassenräume tagsüber stark erwärmen und nachts nur eingeschränkt abkühlen. Gleichzeitig sind Maßnahmen zur nachträglichen Entsiegelung oder großflächigen Begrünung im historischen Stadtkern aufgrund der dichten Bebauungsstruktur sowie denkmalpflegerischer Anforderungen nur eingeschränkt umsetzbar.

Im Rahmen der Gartenschau „Lindau 2021“ wurde durch die Neuordnung der Bahnhofsinfrastruktur die Verknüpfung zwischen Altstadt, Uferbereichen und dem westlichen Teil der Insel deutlich verbessert. Dabei wurden bisherige Verkehrs- und Stellplatzflächen teilweise in Grün-, Aufenthalts- und Freiraumflächen umgewandelt. Die Maßnahmen haben wesentlich zur Aufwertung des öffentlichen Raums und zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität beigetragen. Umso wichtiger sind die Uferzonen mit den angrenzenden Parks, historischen Schanzen und Uferwegen sowie die unmittelbare Beziehung zum Bodensee. Diese Bereiche übernehmen wichtige klimatische Funktionen für die Insel, tragen zur Durchlüftung und Kühlung bei und stellen zugleich zentrale Erholungsräume für Einwohnerinnen, Einwohner und Besucher dar.



Abbildung 5: Satellitenbild Insel Lindau (Google Maps, 2026)

Auf der Insel stehen nur wenige größere Grün- und Freiflächen zur Verfügung. Hierzu zählen insbesondere der Stadtgarten im Osten sowie der Luitpoldpark und die Westpromenade im Westen der Insel

(vgl. voranstehende Abbildung). Aufgrund ihrer hohen Bedeutung für Naherholung, Stadtbild, Tourismus und Denkmalschutz kommen diese Flächen für eine energetische Nutzung nur eingeschränkt in Betracht.

Gleichzeitig kommt dem Bodensee als potenzieller erneuerbarer Energiequelle eine besondere Bedeutung zu. Die thermische Nutzung des Sees unterliegt jedoch den wasserrechtlichen und ökologischen Anforderungen der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) sowie weiteren fachlichen Vorgaben. Bevorzugt werden dabei technisch kontrollierbare und zentral organisierte Anlagenkonzepte. Vor dem Hintergrund der historischen Bebauungsstruktur und der besonderen Schutzwürdigkeit des Altstadtensembles kommen potenzielle Infrastrukturstandorte insbesondere in den weniger sensiblen Randbereichen der Insel in Betracht. Hierzu zählen insbesondere Flächen im westlichen Inselbereich, die aufgrund ihrer Lage und Nutzung grundsätzlich günstigere Voraussetzungen für die Integration technischer Infrastruktur bieten als der dicht bebaute historische Stadtkern.

Nachfolgend sind einige Grün- und Freiflächen auf der Insel dargestellt.



Abbildung 6: Grünfläche, Bereich "Gerberschanze"



Abbildung 7: Wiese, Hintere Insel



Abbildung 8: Parkgarten mit Stern-Brunnen



Abbildung 9: Grünfläche, südlich Spielbank

Abbildung 10: Freifläche, südlich Spielbank



Abbildung 11: Grünfläche, Jugendprojekt, Yachthafen

3.5 Gebäudebestand, Sanierungszustand und Typologie

Die Analyse des Gebäudebestandes im Quartier „Quartier Insel“ erfolgte auf Grundlage von Vor-Ort-Begehungen, Auswertung und Analyse von Gebäudedaten und erhobenen Daten der Energieversorgung und Ergebnissen einer durchgeführten Eigentümerbefragung. Insgesamt gibt es im Quartier rund 570 Gebäude, von denen der überwiegende Teil dem Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) zuzuordnen ist.

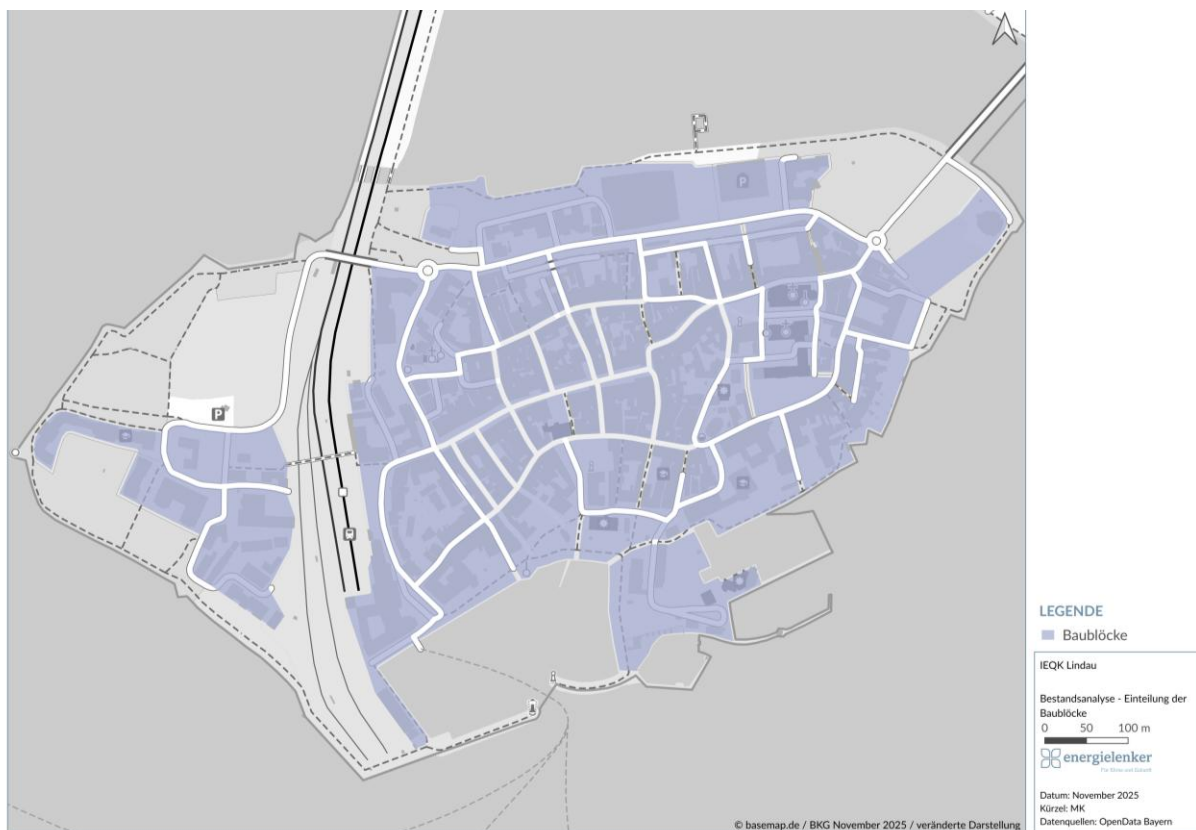


Abbildung 12: Einteilung des Untersuchungsgebietes in Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, 2025)

Im Rahmen des Quartierskonzeptes und der Begehungen wurde der Gebäudebestand gebäudescharf erfasst und anhand verschiedener Faktoren kategorisiert. Um infolgedessen eine differenzierte Analyse zu ermöglichen und den Datenschutz zu wahren, wurde das Quartier „Quartier Insel“ in 39 Baublöcke unterteilt. Die Bildung der Blöcke erfolgt anhand mehrerer Faktoren. So haben dabei der Gebäudetyp, die Nutzung, das Gebäudealter und die Eigentümerstruktur eine übergreifende Rolle gespielt. Die voranstehende Abbildung veranschaulicht die aufgeteilte Struktur.

Aus der Datenquelle OpenData Bayern geht hervor, dass der Großteil des Gebäudebestands zu Gewerbe-, Handel- und Dienstleistungszwecken genutzt wird. Lediglich in einigen Teilen (v. a. entlang der südlichen Inselpromenade) dominiert eine Mehrfamilienhaus-Bebauung.

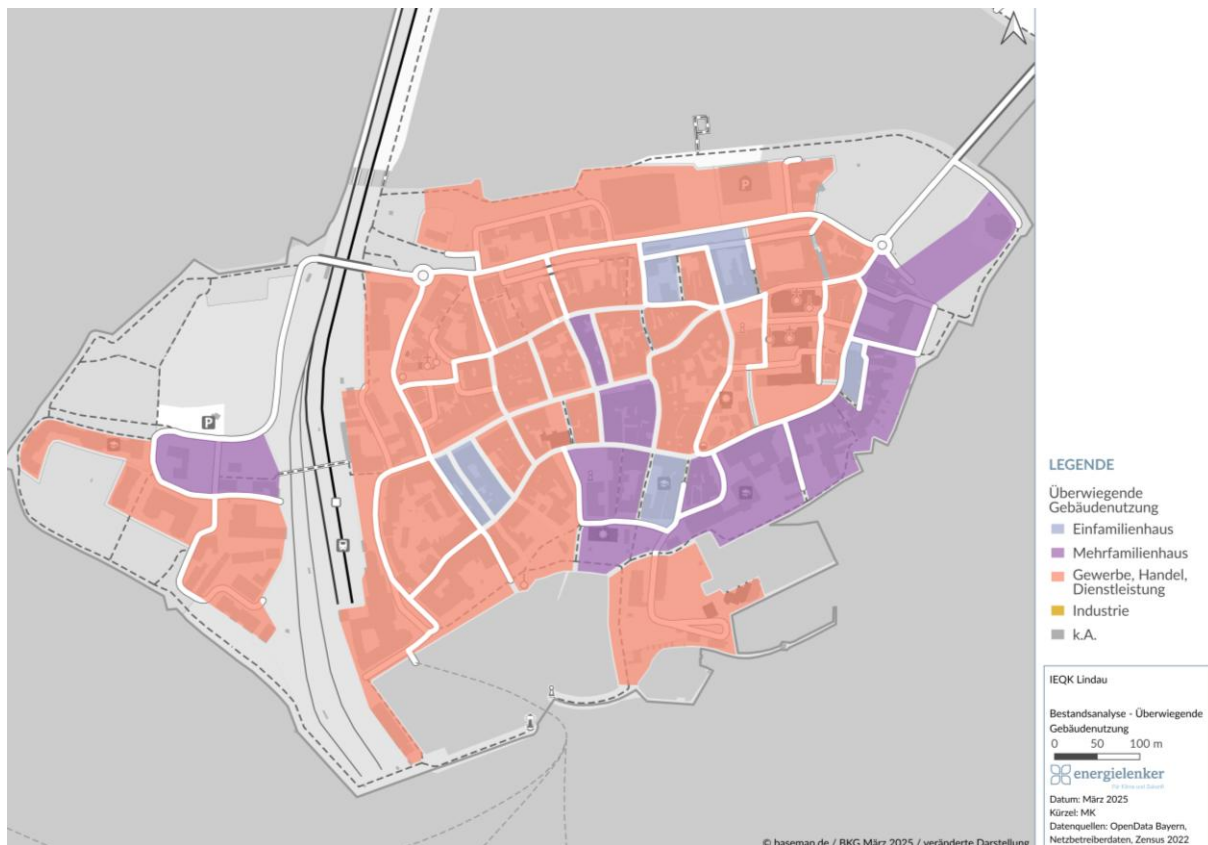


Abbildung 13: Überwiegende Nutzung der Gebäude innerhalb der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, nach OpenData Bayern)

Im Rahmen der Begehung, die zum Beginn des Projektes durchgeführt wurde, wurde jedoch festgestellt, dass ein signifikanter Anteil der Gebäude eine Wohn- und Mischnutzung aufweist. Auf Basis der in der Begehung gesammelten Daten sowie der Daten aus dem Inselentwicklungskonzept wurde eine separate Betrachtung der ersichtlichen Erdgeschossnutzung der Gebäude vorgenommen. Die Auswertung ist in nachfolgender Abbildung dargestellt. Dies verdeutlicht, dass eine Vielzahl an Gebäuden nicht ausschließlich dem Sektor GHD zuzuordnen ist, sondern eine Mischnutzung vorliegt. Die Ergebnisse der Begehung legen nahe, dass das Erdgeschoss in der Regel für Gewerbe-, Handels- und Dienstleistungszwecke genutzt wird, während die oberen Stockwerke wohnlich genutzt werden.

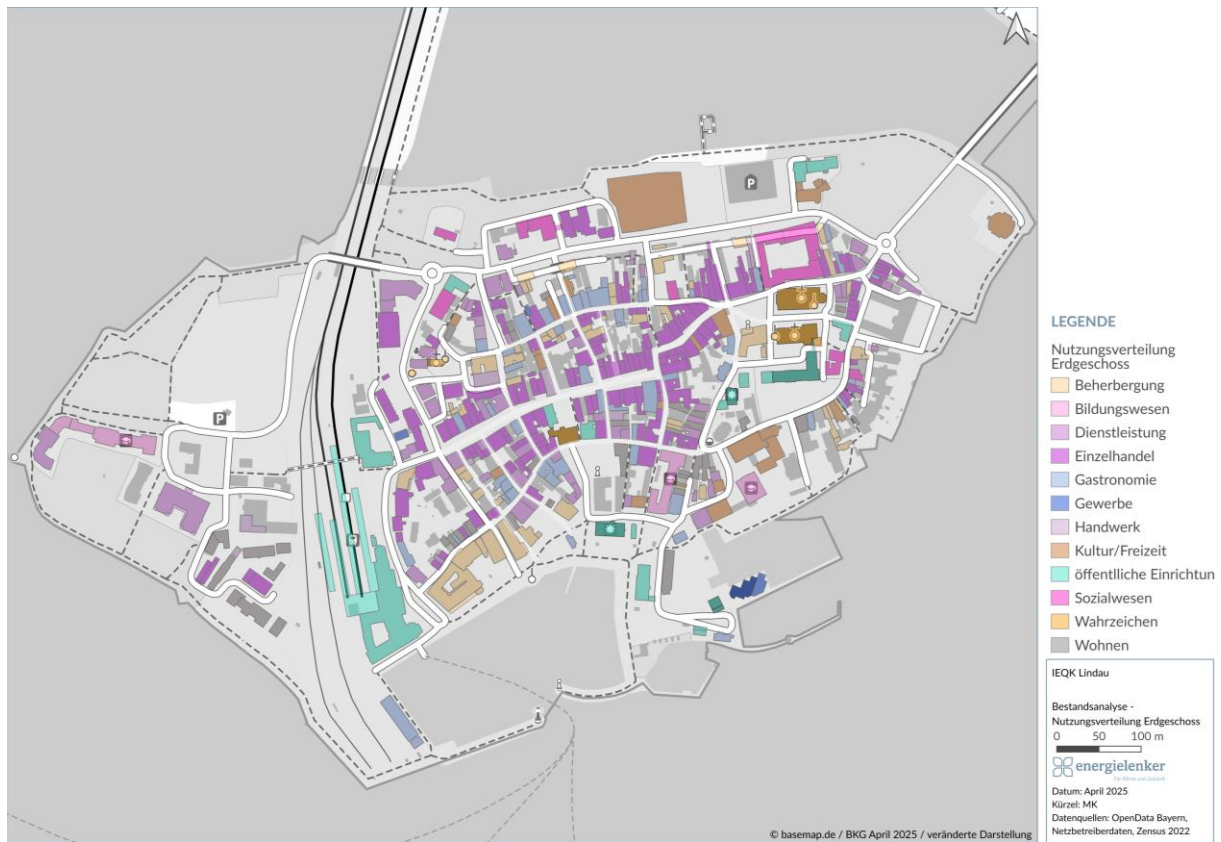


Abbildung 14: Nutzungsverteilung des Erdgeschosses der Gebäude innerhalb der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, nach ISEK und Begehung)

Die Gebäude im Quartier weisen unterschiedliche Altersklassen auf. Für eine erste Einschätzung wurden die Daten des Zensus 2022 herangezogen. Die nachfolgende Abbildung zeigt die unterschiedlichen Altersklassen in den Clustern des Zensus 2022.

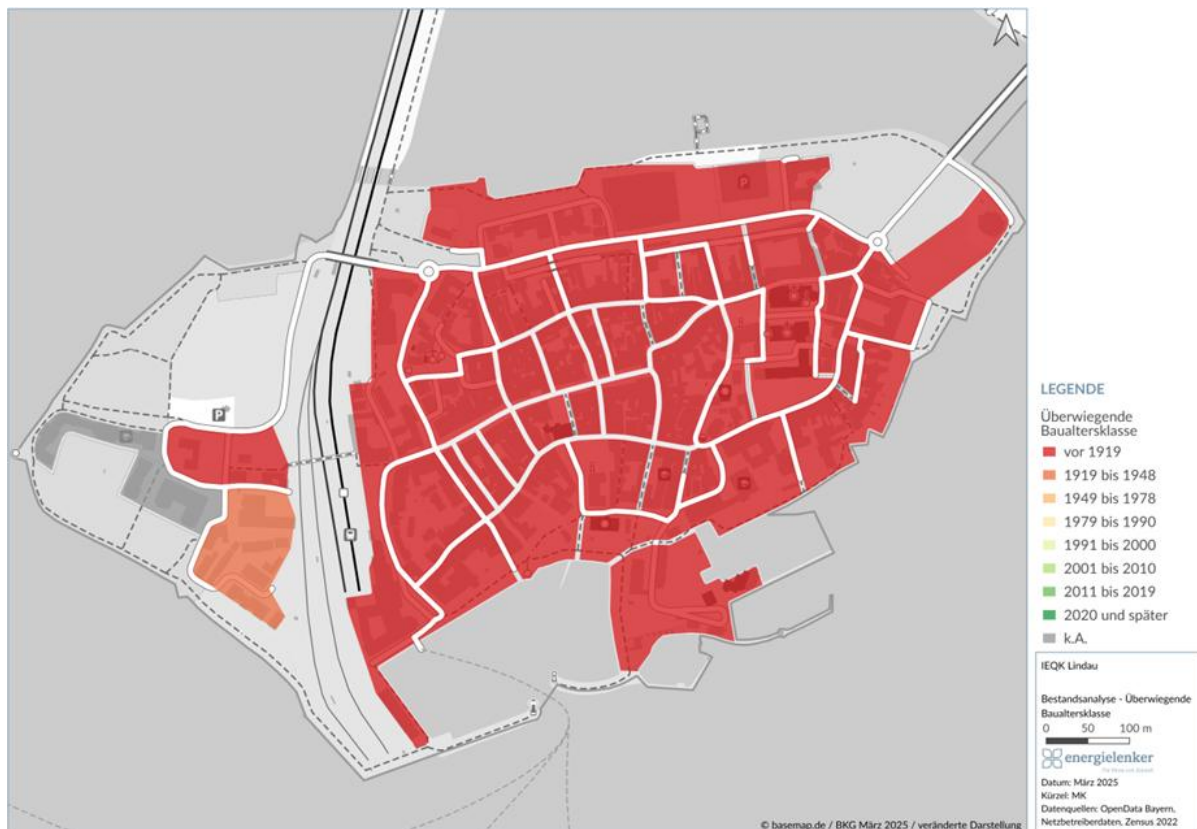


Abbildung 15: Baualtersklassen (Quelle: eigene Darstellung, nach Zensus 2022)

Es wird schnell erkenntlich, dass die Baualtersklassen des Zensus 2022 keine substanziellen Aussagen zulassen. Aufgrund der Tatsache, dass ein signifikanter Anteil der Bebauung auf der Insel vor 1919 errichtet wurde, was die älteste Kategorie der Baualtersklassen im Zensus darstellt, lassen sich keine aussagekräftigen Ergebnisse generieren.

Die beiden Gebäude im westlichen Bereich (in grau) zeigen u.a. die Luitpoldkaserne und die Bodenseeklinik. Die Luitpoldkaserne entstand aus der Zeit um 1900, und die das Gebäude der Bodenseeklinik entstand um ca. das Jahr 2000.

Zur detaillierten Analyse wurden in einem weiteren Schritt die Daten der Denkmalliste des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege ausgewertet. In dieser sind alle dokumentierten Daten der Baudenkmäler zusammengestellt. Auf Basis der vorliegenden Daten konnte ein Baujahr für die unter Denkmal-

schutz stehenden Gebäude ermittelt werden. Es sei darauf hingewiesen, dass es sich bei dem genannten Zeitraum nicht zwangsläufig um das Baujahr des Gebäudes handelt, sondern in einigen Fällen auch das Jahr eines Umbaus darstellen kann.

Die nachfolgende Abbildung zeigt die Einzeldenkmäler (Baudenkmäler) im Quartier „Insel Lindau“. Daraus geht hervor, dass 365 Baudenkmäler auf der Insel existieren. In nachfolgender Abbildung werden die Tendenzen der vorherrschenden Baualtersklasse auf Baublockebene dargestellt. Die Darstellung bezieht sich jedoch nicht auf den gesamten Gebäudebestand, sondern lediglich auf die denkmalgeschützten Gebäude.

Die dargestellte Abbildung zeigt die im Quartier erfassten Einzelbaudenkmäler. Darüber hinaus ist die „Insel Lindau im Bodensee“ als Gesamtanlage ein ausgewiesenes Ensemble und damit ebenfalls ein Baudenkmal im Sinne des Art. 1 BayDSchG. Aufgrund der besonderen landschafts- und ortsbildprägenden Wirkung des Ensembles sind bei der Beurteilung erscheinungsbildverändernder Maßnahmen stets nicht nur Einzelobjekte, sondern das historische Gesamtbild der Insel zu berücksichtigen

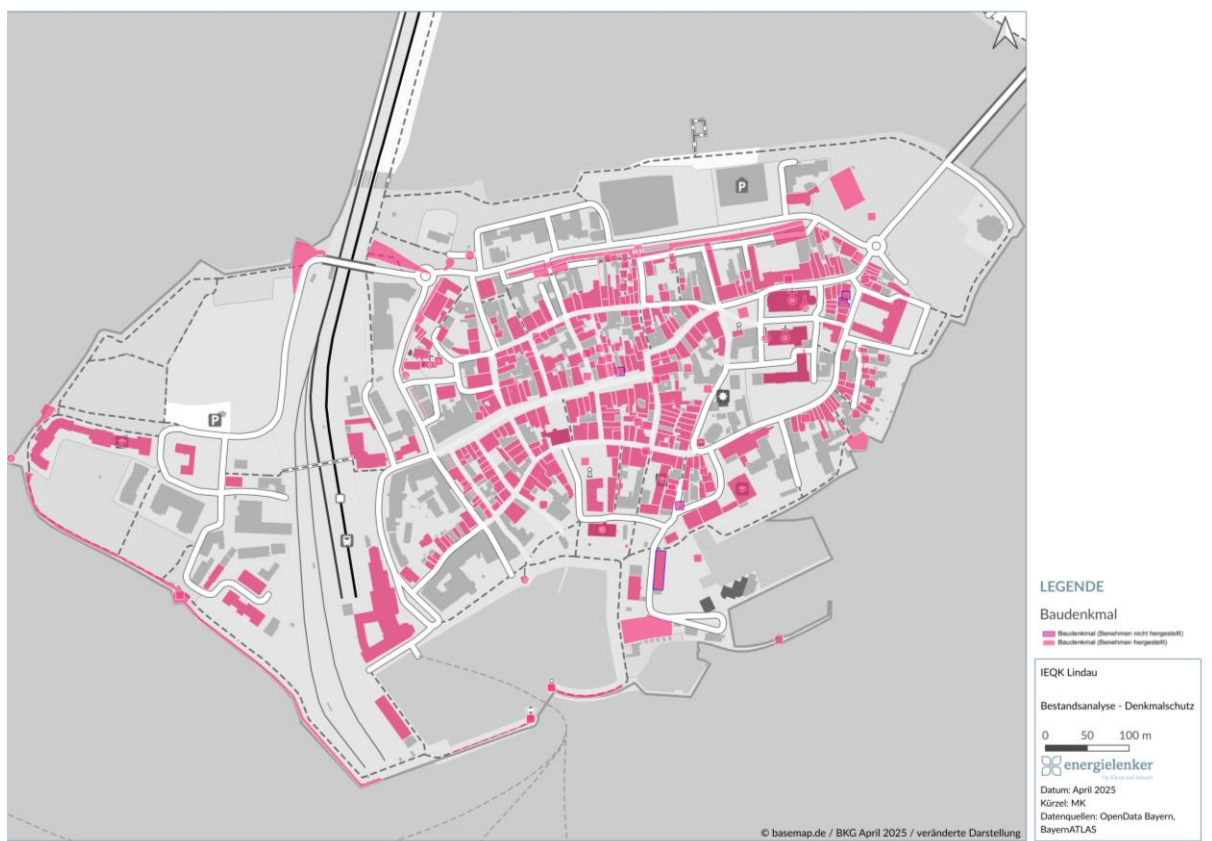


Abbildung 16: Baudenkmäler (Quelle: eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege)

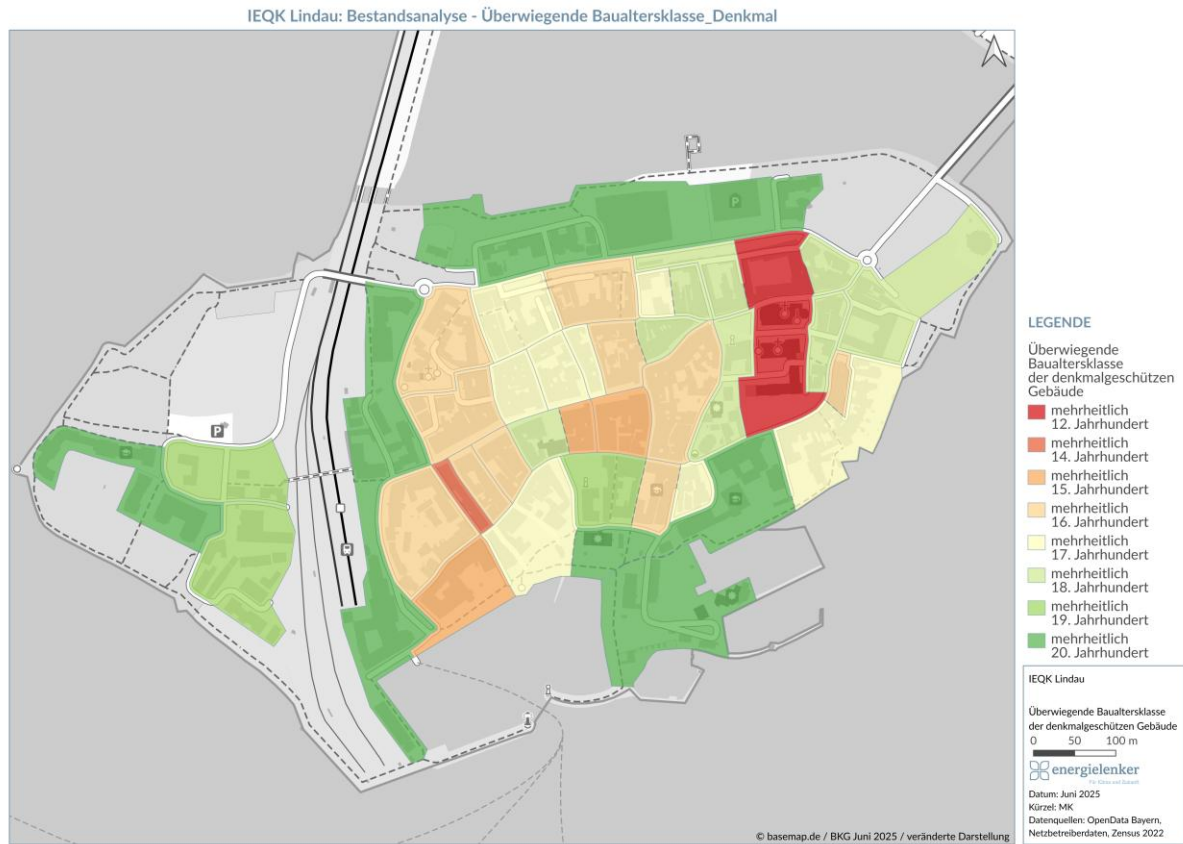


Abbildung 17: Baualtersklassen (Quelle: eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege)

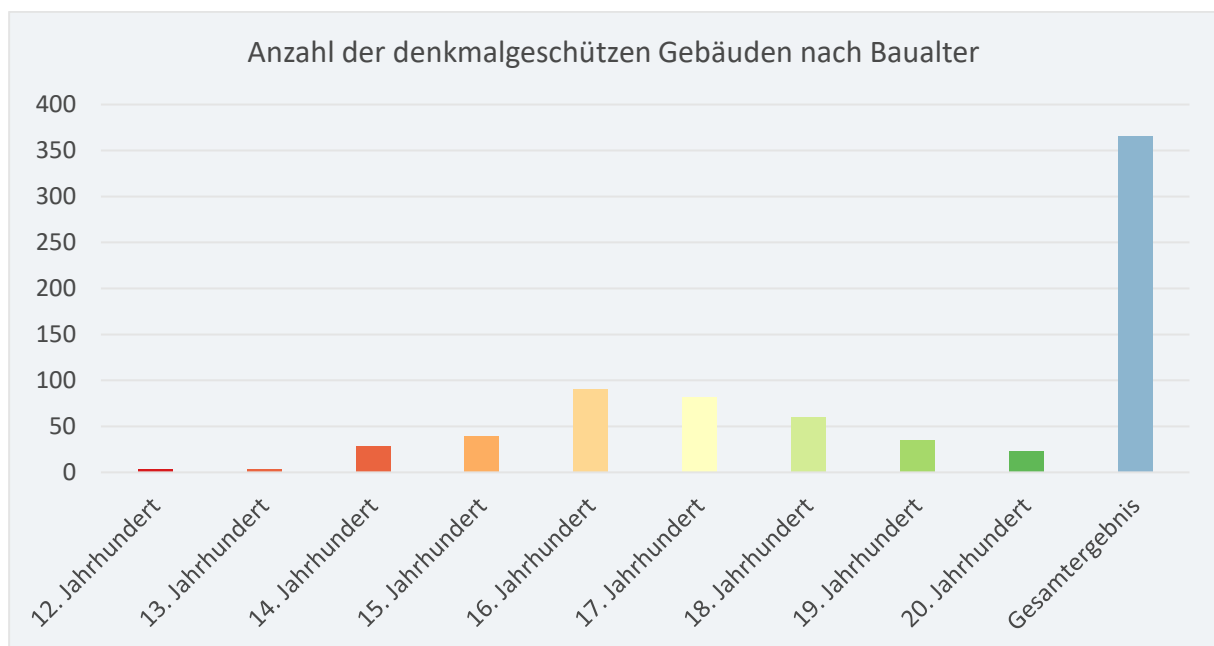


Abbildung 18: Anzahl der denkmalgeschützten Gebäude nach Baualter (eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege)

Für die denkmalgeschützten Gebäude wurden neun Baualtersklassen identifiziert. Die Abbildung zeigt eine deutliche Tendenz zur vorherrschenden Baualtersklasse aus dem 16. Jahrhundert. Der überwiegende Anteil davon befindet sich im dicht bebauten Inselzentrum.

Vor allem auf den Arealen westlich der Bahnlinie und entlang der Inselpromenade befinden sich viele denkmalgeschützte Gebäude aus dem 19. und 20. Jahrhundert.

Im Vergleich zu heutigen Standards verfügen diese Gebäude über eine deutlich geringere Dämmung und energetische Qualität. Dementsprechend ist ihr Wärmeverbrauch höher. Es besteht selbstverständlich die Möglichkeit, Teile des Gebäudes zu sanieren und somit eine Wertsteigerung sowie auch eine energetische Aufwertung des Objektes vorzunehmen. Inwieweit diese Aspekte in den Gebäuden im Quartier realisiert werden können, hängt jedoch stark von den denkmalfachlichen Anforderungen an die konkreten Umbaumaßnahmen und Umgestaltungen ab. Es ist dementsprechend jeweils eine individuelle denkmalschutzgerechte Energieberatung anzudenken.

Neben der Erhebung des Gebäudenbestandes aus den verschiedenen öffentlich zugänglichen Quellen, wie bspw. OpenData Bayern, und der Begehung, wurde im Rahmen des Konzeptes auch eine Bürgerumfrage durchgeführt (vgl. nachfolgende Kapitel). Inhalte dieser Umfrage waren unter anderem städtebauliche und energietechnische Gegebenheiten, um den Gebäudebestand und die Bestandsanalyse noch detaillierter herauszuarbeiten.

Insgesamt wurden 121 Datensätze erfasst, von denen 73 Fragebögen als "abgeschlossen" markiert sind. Die Auswertung gründet sich primär auf diese 73 vollständig bearbeiteten Fälle. Für einzelne Fragen werden jeweils nur die tatsächlich beantworteten Fälle berücksichtigt. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung werden nachfolgend einige signifikante Resultate hinsichtlich der Gebäudestruktur präsentiert, die auf der Umfrage basieren. Gemäß den Angaben der Teilnehmenden wohnten 34 Prozent von ihnen als Mieter auf der Insel. 33 Prozent der Befragten gaben an, im Besitz einer Immobilie zu sein, in der sie wohnen, während 21 Prozent angaben, eine Immobilie zu besitzen, aber nicht in dieser zu wohnen. Übrige Anteile entfallen auf Sonstige Angaben.

Unter den Gebäuden, für die eine Angabe vorliegt, sind rund 70 % als denkmalgeschützt gekennzeichnet. Dies bestätigt den sehr hohen Anteil historischer Bausubstanz auf der Insel und gleichzeitig die Restriktionen, die sich daraus für energetische Maßnahmen ergeben. Die zuvor beschriebene Nutzungsstruktur wird durch die Umfrage auch bestätigt. Aus der Umfrage geht hervor, dass der überwiegende Anteil wohn- bzw. mischnutzungsorientiert (Wohnen, Wohn- und Geschäftshäuser, vereinzelt Schulen und Hotels) ist. Die große Mehrheit gibt an, dass ihr Gebäude vollbelegt ist (75 %). Nur ein kleiner Teil berichtet von teilweisem Leerstand (13 %) oder saisonaler Nutzung.

Die Auswertung der Umfrage zeigt, dass die Mehrheit der Gebäude zweiseitig angebaut ist (61 %), gefolgt von freistehenden (17 %) und einseitig angebauten Gebäuden (16 %). Dies weist auf eine dichte, historisch gewachsene Blockrand- und Zeilenstruktur hin. Die übliche Geschossigkeit liegt bei drei bis

vier Vollgeschossen (45 bzw. 36 %), zwei-geschossige Bauten sowie höhere Gebäude mit fünf und mehr Geschossen treten deutlich seltener auf (2 bzw. 10 %). Die Angaben zum Baualter sind heterogen und meist frei formuliert (Jahrhunderte, Beschreibungen wie „sehr alt“ oder konkrete Jahreszahlen vom 14. bis zum 20. Jahrhundert). Insgesamt verweist der Großteil der Nennungen auf vorindustrielle bzw. vor 1900 errichtete Gebäude, während nur einzelne Objekte in den letzten Jahrzehnten neu gebaut oder grundlegend saniert wurden. Damit dominieren historische Massivbauten mit überwiegend in Holz ausgeführten Dachkonstruktionen, überwiegend als Holzdecken ausgebildeten obersten Geschossdecken (teilweise als Betondecken) sowie massiven Außenwänden aus Mauerwerk, teilweise in Fachwerkausführung.

In Bezug auf Wärmeschutz und Dämmstandard zeigt sich ein heterogenes, insgesamt jedoch deutlich verbesserungsfähiges Bild. Die aktuelle Erhebung aus der Umfrage ergab, dass rund 67 % der Dachgeschosse ausgebaut sind, wobei der Großteil davon beheizt wird (98 %). Etwa zwei Drittel der Dächer sind gedämmt, wobei die Dämmstärke in der Regel zwischen 10 und 20 cm liegt. Allerdings sind konkrete Angaben hierzu häufig nicht verfügbar. Die vorliegende Analyse ergibt, dass die oberste Geschossdecke zu 62 Prozent in Holzbauweise ausgeführt ist. Es konnte festgestellt werden, dass etwa 65 % der untersuchten Decken eine Dämmung aufweisen, während rund 35 % keine Dämmung besitzen. Die vorliegenden Angaben zeigen eine ähnliche Verteilung der Dämmstärken von in der Regel 10 bis 20 cm. Demgegenüber sind die Außenwände mehrheitlich ungedämmt. Eine Analyse der Daten ergibt, dass rund 69 % der Befragten eine Außendämmung verneinen, während lediglich etwa 31 % über gedämmte Außenwände verfügen. Die zuvor angeführten Dämmstärken sind als moderat einzustufen und liegen in der Regel bei circa 10 bis 15 cm. Es konnte festgestellt werden, dass rund 54 % der untersuchten Gebäude über ein Kellergeschoss verfügen. In der überwiegenden Mehrheit von 90 % dieser Fälle ist das Kellergeschoss jedoch unbeheizt. Die unterste Geschossdecke weist in der überwiegenden Anzahl von rund 58 % keine Dämmung auf, während lediglich etwa 42 % als gedämmt angegeben werden. Die Analyse ergibt, dass sich der Wärmeschutz insgesamt nur teilweise verbessert hat. Insbesondere im Bereich Dach und oberste Geschossdecke wurden Fortschritte verzeichnet, wohingegen bei Außenwänden und untersten Geschossdecken häufig noch der Altzustand vorliegt. In Anbetracht des signifikanten Anteils an denkmalgeschützter Bausubstanz sind in diesem Kontext sowohl technische als auch rechtlich-gestalterische Restriktionen (denkmalfachliche Anforderungen) zu berücksichtigen.

Im Bereich der Sanierungsmaßnahmen zeigt die Auswertung der offenen Angaben, dass bei einem relevanten Teil der Gebäude bereits energetisch wirksame Eingriffe vorgenommen wurden. Genannt werden insbesondere der Austausch von Fenstern, Dachsanierungen unter Einbezug von Dämmmaßnahmen, Fassadensanierungen bis hin zu Außendämmungen sowie die Erneuerung der Heiztechnik, etwa durch den Einbau neuer Gasthermen oder die Modernisierung bestehender Anlagen. In einzelnen Fällen wurden zudem umfassende Komplett- oder Generalsanierungen durchgeführt. Dem gegenüber steht eine kleinere Gruppe von Eigentümerinnen und Eigentümern, die angibt, bislang keine beziehungsweise keine weiteren Sanierungsmaßnahmen umgesetzt zu haben. Hinsichtlich zukünftiger Maßnahmen werden vor allem zusätzliche Dach- und Fassadendämmungen, weitere Fenstertauschaktionen und Heizungsmodernisierungen genannt. Gleichzeitig findet sich jedoch eine nennenswerte Zahl von Rückmeldungen, in denen ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass aktuell keine weiteren Maßnahmen geplant sind. In den Freitexten werden als zentrale Hemmnisse wiederholt hohe Investitionskosten, bauliche Zwänge – etwa begrenzte Geschosshöhen oder fehlende Flächen für technische Anlagen – sowie konfligierende Anforderungen des Denkmalschutzes hervorgehoben.

Bezüglich Energieberatung und Informationsbedarf zeigt sich ein deutliches Spannungsfeld zwischen bisheriger Nutzung und grundsätzlichem Interesse. Nur ein sehr kleiner Anteil der Befragten, etwa drei Prozent, berichtet, bereits eine Energieberatung in Anspruch genommen zu haben, während knapp acht Prozent dies für die Zukunft planen. Rund 90 % geben an, bislang keine Energieberatung genutzt zu haben. Zugleich zeigt fast die Hälfte der Teilnehmenden ein generelles Interesse an einer Beratung zum eigenen Gebäude, während die andere Hälfte derzeit keinen Beratungsbedarf sieht. In den offenen Antworten werden eine Reihe spezifischer Themen als besonders relevant benannt. Dazu zählen Fragen zu Wärmepumpen und deren Kombination mit Photovoltaikanlagen, die Möglichkeiten und Grenzen von PV-Anlagen auf denkmalgeschützten Gebäuden sowie die zukünftige Wärmeversorgung auf der Insel, insbesondere mit Blick auf Zeitplan und Ausgestaltung eines möglichen Wärmenetzes. Darüber hinaus besteht Informationsbedarf hinsichtlich der sinnvollen Reihenfolge und Priorisierung von Sanierungsmaßnahmen (beispielsweise zunächst Gebäudehülle oder zunächst Heizungsanlage), zu Kosten, Förderprogrammen und Wirtschaftlichkeit sowie zu Geothermie, Mieterstrommodellen, Elektromobilität – insbesondere für Mieterinnen und Mieter – und der zugehörigen Ladeinfrastruktur.

Die stark ortsbildprägende Bausubstanz im Quartier ergibt sich aus dem hohen Anteil erhaltenswerter und denkmalgeschützter Gebäude und wirkt sich insgesamt sehr positiv auf das historische Stadtbild aus. Das charakteristische Ortsbild der Insel Lindau (Bodensee) stellt damit eine zentrale räumliche und identitätsstiftende Qualität des Quartiers dar, die im Rahmen des integrierten Quartierskonzeptes eine besondere Rolle einnimmt. Zugleich geht diese hohe baukulturelle Bedeutung mit erheblichen Restriktionen für energetische Modernisierungen einher. Ein Großteil der Gebäude weist nach heutigen Maßstäben nur unzureichende Dämmstandards auf, während aufgrund denkmalpflegerischer Vorgaben, begrenzter baulicher Strukturen und begrenzter Flächen für Anlagentechnik nicht alle konventionellen Sanierungsoptionen zur Verfügung stehen.

Für die weitere Bearbeitung des integrierten Quartierskonzeptes ergibt sich daraus, dass der Erhalt der historischen Gebäude und ihrer prägenden Bausubstanz sowie die energetische Transformation nicht als Gegensätze, sondern als miteinander zu vermittelnde Ziele verstanden werden müssen. Erforderlich sind daher denkmalverträgliche Lösungsansätze – etwa in Form quartiersbezogener Wärmekonzepte, angepasster Dämmstrategien und individueller Energieberatungen –, die den besonderen Anforderungen der historischen Bausubstanz und des Ensembles gerecht werden und zugleich substanzielle Beiträge zur Minderung des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen leisten. Denkmalverträglich bedeutet dabei, dass Maßnahmen zwar nicht immer material- oder denkmalgerecht im engeren Sinne sein können (z. B. Photovoltaikanlagen), jedoch so ausgeführt werden, dass Beeinträchtigungen des historischen Erscheinungsbildes minimiert und mit den Zielen des Denkmalschutzes vereinbar sind. Das Quartier „Insel“ bietet damit zugleich eine hohe Vorbildwirkung für den Umgang mit historischer Bausubstanz in der Wärmeversorgung und der integrierten Stadtentwicklung.

3.6 Klimawandelanpassung und stadtklimatische Ausgangslage

Hitze und Klimawandel

Der Klimawandel zeigt sich weltweit, europaweit und in Deutschland zunehmend deutlich. Das Jahr 2024 war nach Auswertungen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und des Copernicus-Dienstes das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die durchschnittliche Temperatur in Deutschland lag bei rund 10,9 °C und damit etwa 2,7 °C über dem Referenzwert der Periode 1961 bis 1990. Gleichzeitig wurde erstmals eine globale Mitteltemperatur von mehr als 1,5 °C über dem vorindustriellen Niveau erreicht.

Auch Lindau bleibt von dieser Entwicklung nicht verschont. Seit 1991 sind die Höchsttemperaturen in Lindau um etwa 2,8 °C gestiegen. Gemäß der Lindauer Klimawandelstudie kann die Anzahl der Hitzetage (Tagesmaximum ≥ 30 °C) von wenigen Tagen um 1970 bis zum Jahr 2030 auf etwa 10 bis 15 Tage pro Jahr ansteigen. Gleichzeitig nimmt die Anzahl der Tropennächte (Temperatur > 20 °C) zu.

Hitze stellt für die Bevölkerung eine zunehmende gesundheitliche Herausforderung dar. Bereits Temperaturen oberhalb von 30 °C erhöhen das Risiko hitzebedingter Erkrankungen und Todesfälle. Besonders betroffen sind ältere Menschen ab 65 Jahren, Pflegebedürftige, Personen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Säuglinge und Kleinkinder sowie im Freien arbeitende Personen. Hitzewellen zählen inzwischen zu den Naturgefahren mit den höchsten gesundheitlichen Auswirkungen in Deutschland.



Abbildung 19: Versiegelte Flächen, Hitze-Hotspots aus dem Insel- Entwicklungskonzept, S.58

Besondere Bedeutung der Insel Lindau

Für die Insel Lindau ergibt sich daraus eine besondere Herausforderung für die Gesundheit der Bevölkerung, die soziale Infrastruktur, das Stadtklima sowie den Umgang mit dem denkmalgeschützten Stadtkern. Die Insel ist ein touristischer Schwerpunkt der Stadt und weist insbesondere in den Sommermonaten eine hohe Nutzungsintensität und Aufenthaltsdichte in den engen Straßen- und Gassenräumen auf.

Besonders die Insel benötigt daher maßgeschneiderte und denkmalverträgliche Lösungen, die sowohl den hohen Besucherandrang als auch die historische Bausubstanz berücksichtigen. Hohe Temperaturen können den menschlichen Organismus erheblich belasten und zu hitzeassoziierten Erkrankungen wie Hitzekrämpfen, Hitzeerschöpfung, Hitzekollaps oder im Extremfall zu einem Hitzschlag führen.

Zusätzlich verstärken die hohe bauliche Dichte, der hohe Versiegelungsgrad sowie die begrenzten Möglichkeiten einer nachträglichen Begrünung oder Entsiegelung die klimatischen Belastungen auf der Insel. Gleichzeitig übernehmen die Uferbereiche des Bodensees, die angrenzenden Parkanlagen sowie die offenen Freiräume wichtige Funktionen für die lokale Kühlung und die Aufenthaltsqualität.

Als planerische Grundlage für die Bewertung der stadtklimatischen Situation dienen vorhandene Fachgutachten und thematische Karten, insbesondere die Lokalklima- und Luftqualitätskarte aus dem Landschaftsplan der Stadt Lindau.

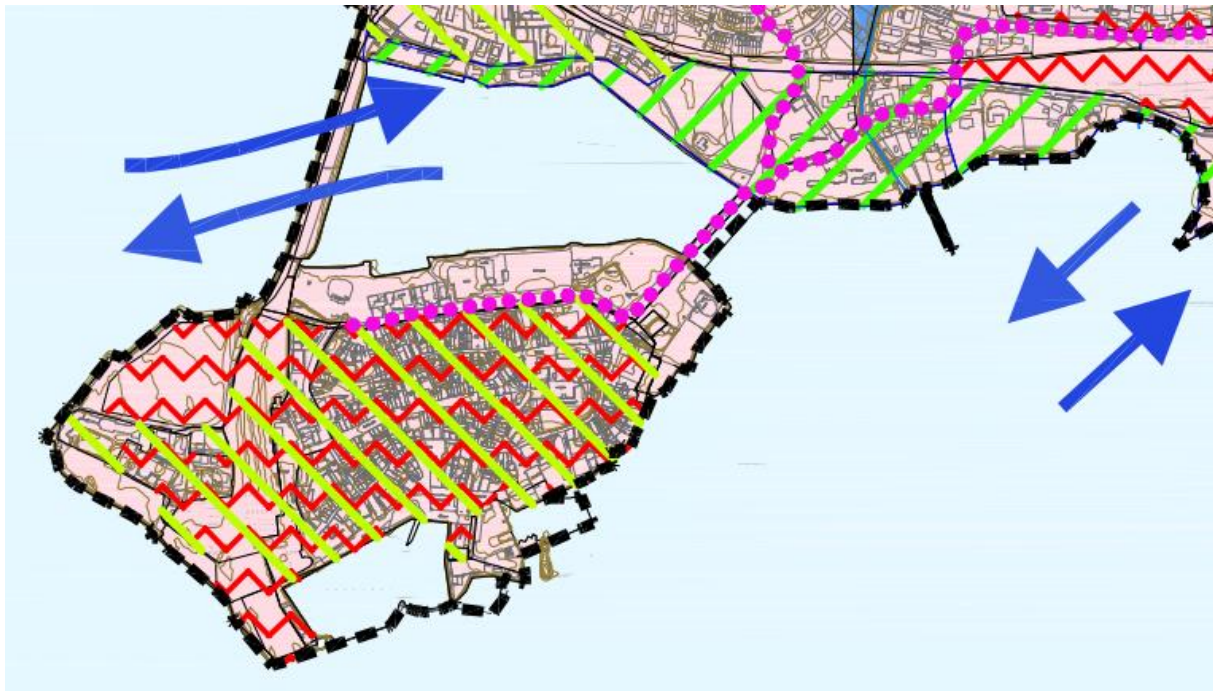


Abbildung 20: Ausschnitt: Lokalklima- und Luftqualitätskarte der Insel Lindau²

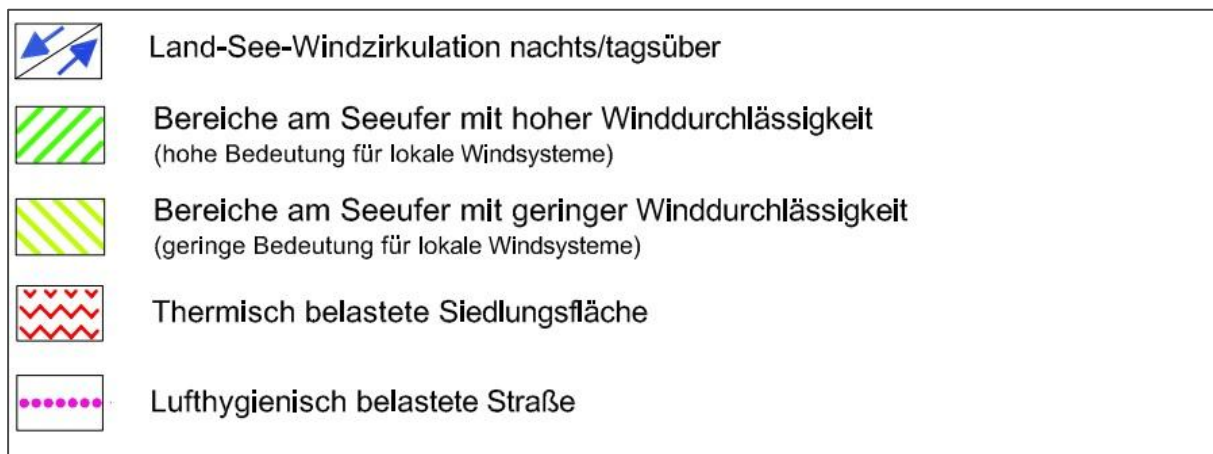


Abbildung 21: Legende zur Karte „Lokalklima- und Luftqualitätskarte der Insel Lindau“

Bedeutung für das integrierte energetische Quartierskonzept

Die Anpassung an die Folgen des Klimawandels stellt neben der Reduzierung von Treibhausgasemissionen einen zentralen Baustein einer nachhaltigen Quartiersentwicklung dar. Das integrierte energetische Quartierskonzept betrachtet daher neben der Transformation der Wärmeversorgung auch Maßnahmen zur Klimawandelanpassung. Hierzu zählen insbesondere Ansätze zur Verbesserung des

² https://www.stadtlindau.de/media/custom/2412_2092_1.PDF?1412670221

Mikroklimas, zur Reduzierung sommerlicher Hitzebelastungen, zur Stärkung klimaaktiver Freiräume sowie zur klimaangepassten Gestaltung des öffentlichen Raums unter Berücksichtigung der denkmalpflegerischen Anforderungen.

Für die Insel Lindau besteht die besondere Herausforderung darin, Maßnahmen des Klimaschutzes, der Klimawandelanpassung und des Denkmalschutzes miteinander in Einklang zu bringen und daraus langfristig tragfähige Lösungen für Bewohnerinnen und Bewohner, Gewerbe, Tourismus und öffentliche Einrichtungen abzuleiten.

3.7 Verkehr und Mobilität

Der Zugang zum Quartier erfolgt Nordosten mit dem Auto oder dem Bus über die Chelles-Allee Brücke und im Nordwesten mit dem Zug über den Bahndamm. Beide Verbindungen sind auch für Fuß und Radfahrer erschlossen. Die Hauptverkehrsachsen im Quartier stellen die Zwanziger-, Zeppelin- und Maximilianstraße dar, die das Gebiet von Norden umschließen. Der Innenstadtkern ist größtenteils verkehrsberuhigt.

Das Mobilitätsverhalten der Anwohner und Touristen ist neben der Gebäudesanierung ein weiterer klimarelevanter Faktor im Quartier. Dabei spielt die Attraktivität des Angebotes der unterschiedlichen Verkehrsarten (MIV, ÖPNV und Rad- und Fußverkehr) eine wesentliche Rolle das Mobilitätsverhalten zu beeinflussen. Nicht zuletzt ist die Vernetzung und Erreichbarkeit des Quartiers ein wichtiger Entscheidungsfaktor für einen zukünftigen Wohn- und Einzelhandelsstandort.

Für den motorisierten Individualverkehr ist die Stadt Lindau (Bodensee) über die B 12 an die A 81 angebunden. Die B 31 verläuft als weitere wichtige Verkehrsader im Norden des Gebietes.

Die Stadt Lindau (Bodensee) ein Mobilitätskonzept erarbeiten lassen. Dementsprechend dient das Kapitel allein zur Übersicht der verkehrlichen Situation im Quartier.

ÖPNV

Die Stadt Lindau (Bodensee) verfügt über drei Bahnstationen „Lindau-Insel“, „Lindau-Reutin“ und „Aeschach“. Die Haltestelle „Insel-Lindau“ liegt im westlichen Teil des Quartiers und ist mit einer S-Bahn und einer Vielzahl an Regionalzügen an den Schienenpersonennahverkehr angebunden.

Zudem fahren mehrere Buslinien durch das Stadtgebiet, die sowohl die Stadtteile untereinander als auch das Stadtgebiet mit den umliegenden Gemeinden verbinden.

Der öffentliche Personennahverkehr stellt eine wichtige Säule der Erreichbarkeit des Quartiers dar. Die Insel wird insbesondere durch die Stadtbuslinien 2 und 5 bedient. Darüber hinaus bestehen weitere

regionale Busverbindungen mit Anbindung an die Insel sowie an die umliegenden Stadtteile und Gemeinden.

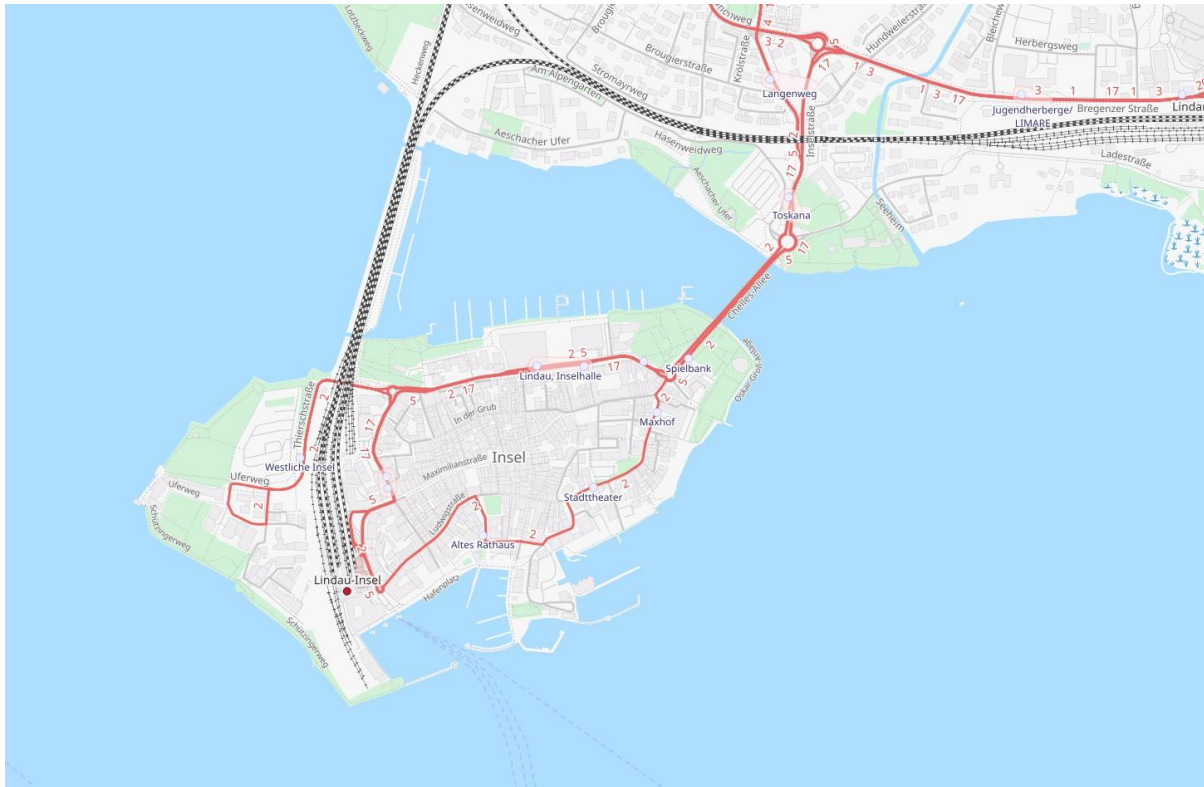


Abbildung 22: Haltestellen- und Buslinienübersicht im Quartier (Open Street Map, 2025)

Diese Buslinien verbinden u. a. den Stadtbereich mit den beiden Bahnhöfen im Stadtgebiet. Der Zugverkehr steht von 4:11 bis 0:22 Uhr zur Verfügung. Busse fahren von 5:24 bis 22:24 Uhr.

E-Mobilität im Quartier

Im Quartier sind aktuell 14 von den Stadtwerken Lindau installierte Ladesäulen mit einer Ladeleistung von 22 kW für PKWs oder sonstige Elektrofahrzeuge vorhanden. Möglichkeiten der E-Mobilität beinhalten neben E-PKWs auch E-Bikes. Gerade für E-Bikes oder Pedelecs sind Möglichkeiten der Ladung und aufgrund der erhöhten Anschaffungskosten Möglichkeiten der sicheren Unterbringung zu betrachten.

Für die zukünftige Planung im Quartier, bietet aufbauend auf der bestehenden Infrastruktur im Bereich E-Mobilität weiterhin reichlich Potenzial für einen weiteren Ausbau.

4 Energie- und THG-Bilanzen

4.1 Technische Infrastruktur

Strom-, Fernwärme- und Gasversorgung

Grundversorger in der Stadt Lindau (Bodensee) sind die Stadtwerke Lindau (Bodensee), die ebenfalls die Versorgungsnetze betreiben. Ihnen unterliegt die Wasser-, Strom- und Gasversorgung des Untersuchungsgebiets.

Erdgas als Energieträger ist innerhalb des Quartiers am weitesten verbreitet und hat einen Anteil von rund 84 %. Der zweit größte Anteil mit 16 % wird aktuell durch den Einsatz von nicht leitungsgebundenen Energieträgern (Heizöl, Biomasse-Anlagen, etc.) gestellt. Ergänzend dazu kommen lediglich 0,4 % Umweltwärme und 0,1 % Heizstrom.

Anlagentechnik

Für das Quartier in Lindau (Bodensee) liegen keine Schornsteinfegerdaten zur Bestimmung des Alters und der Leistung der installierten Heizkessel vor. Der Anlagenbestand muss daher anhand anderer Anhaltspunkte definiert werden. Eine grundsätzliche Orientierung wurde bereits in vorherigen Kapiteln unter Zuhilfenahme des Gebäudealters und der Eigentümerstruktur vorgenommen. Ein weiterer Anhaltspunkt sind Einschränkungen, die sich aus Aspekten des Denkmalschutzes ergeben und insbesondere im Kern der historischen Innenstadt relevant sind. Vor diesem Hintergrund ist im Quartier davon auszugehen, dass überwiegend konventionelle Kesseltechnologie verwendet wird. Der Tausch von Heizungsanlagen geht oftmals mit dem Austausch der Abgasanlage in Edelstahl oder Kunststoff einher und ist prinzipiell von außen erkennbar; aufgrund der dichten Bebauung können hieraus jedoch keine systematischen Aussagen abgeleitet werden. In Verbindung mit den hohen Baualtersklassen im Quartier und den in der Regel unterschiedlichen Modernisierungsintervallen der jeweiligen Gebäudeeigentümerinnen und -eigentümer ist es insgesamt schwierig, eine qualifizierte, statistisch belastbare Aussage zur bestehenden Anlagentechnik und der damit einhergehenden Effizienz zu treffen.

Um diese Lücke zumindest näherungsweise zu schließen, können die im Rahmen der Bürger*innenbefragung erhobenen Angaben zur Heizungs- und Anlagentechnik herangezogen werden. Bei den befragten Gebäuden überwiegen deutlich leitungsgebundene Heizsysteme: Rund 70 % der Nennungen entfallen auf Zentralheizungen, etwa 25 % auf Etagenheizungen, während nur vereinzelt Gebäude überwiegend über Nachtspeicheröfen oder Gas- und Elektro-Einzelöfen beheizt werden. Hinsichtlich der eingesetzten Energieträger zeigt sich eine klare Dominanz von Gasheizungen, da nahezu alle Antwortenden Erdgas bzw. Gas als primären Energieträger nennen. Nur in Einzelfällen wird auf elektrisch betriebene Nachtspeicherheizungen oder kombinierte Systeme (z. B. Öl- und Gasfeuerung, Kombinationen aus Festbrennstoff Holz, Gas und Elektro, Gasheizung mit ergänzender Solarthermie oder Gas-

BHKW) verwiesen. Photovoltaik- und Solarthermieanlagen sind nur in geringem Umfang verbreitet, so dass der überwiegende Teil der Gebäude keine eigene erneuerbare Strom- oder Wärmegegewinnung nutzt. Die eingeschränkt vorliegenden Baujahrsangaben deuten darauf hin, dass zwar ein Teil der Wärmeerzeuger in den letzten Jahren erneuert wurde, ein relevanter Anteil jedoch weiterhin auf Anlagen aus den 1990er- oder frühen 2000er-Jahren beruht und damit aus energetischer und technischer Sicht als überaltert einzustufen ist. Insgesamt ermöglicht die Bürgerbefragung somit zumindest eine qualitative Einschätzung der dominierenden Anlagentechnik und ihrer ungefähren Altersstruktur, auch wenn eine vollumfänglich belastbare Quantifizierung mangels technischer Detaildaten nicht möglich ist.

4.2 Verkehr

Für den Verkehrssektor liegen auf Ebene des Quartiers „Insel Lindau“ keine quartiersscharfen Messdaten zu Verkehrsaufkommen, Fahrleistungen, Modal Split oder energiebezogenen Verbräuchen vor. Eine direkte, kleinräumige Bilanzierung der verkehrsbedingten Energieverbräuche und Treibhausgasemissionen ist daher nicht möglich. Um dennoch eine belastbare Größenordnung für das Quartier abzuleiten, wird auf die gesamtstädtische Energie- und Treibhausgasbilanz der Stadt Lindau aus dem Jahr 2019³, erstellt 2021, zurückgegriffen. Diese wurde nach der kommunalen Bilanzierungsmethodik BSKO erstellt und umfasst auch den Endenergieverbrauch sowie die Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors.

Im Jahr 2019 lag der gesamte Endenergieverbrauch der Stadt Lindau bei 769.611 MWh/a. Davon entfielen gemäß gesamtstädtischer Bilanz 205.742 MWh/a auf den Verkehrssektor. Der Verkehr hatte damit einen Anteil von rund 27 % am gesamtstädtischen Endenergieverbrauch. Die Stadt Lindau zählte im selben Bilanzjahr 25.512 Einwohnerinnen und Einwohner.

Da für das Quartier keine eigenständigen Verkehrsdaten vorliegen, wird der gesamtstädtische Verkehrsverbrauch hilfsweise über den Bevölkerungsanteil auf die Insel Lindau heruntergebrochen. Dieses Vorgehen stellt bei fehlenden kleinräumigen Mobilitätsdaten eine pragmatische Abschätzung dar. Für die Insel Lindau wird dabei eine Einwohnerzahl von rund 3.000 Personen zugrunde gelegt. Daraus ergibt sich ein Anteil des Quartiers an der gesamtstädtischen Bevölkerung von rund 11,8 %. Damit ergibt sich für das Quartier „Insel Lindau“ ein abgeschätzter Endenergieverbrauch des Verkehrssektors von rund 24.200 MWh/a.

Für die Ableitung der verkehrsbedingten Treibhausgasemissionen kann ebenfalls auf die gesamtstädtische Bilanz zurückgegriffen werden. Dort werden für den Verkehrssektor im Jahr 2019 spezifische Treibhausgasemissionen von 2,5 t CO₂-Äquivalenten pro Einwohner und Jahr ausgewiesen. Bezogen auf rund 3.000 Einwohnerinnen und Einwohner im Quartier ergibt sich daraus eine rechnerische Verkehrs-THG-Bilanz von rund 7.500 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr.

³ https://www.stadtlindau.de/media/custom/2715_5418_1.PDF?1674135282

Alternativ lässt sich die Größenordnung auch über die in der gesamtstädtischen Bilanz ausgewiesenen verkehrsbezogenen Energieträger abschätzen. Für das Jahr 2019 werden dort Treibhausgasemissionen von 21.257 t CO₂e für Benzin, 41.051 t CO₂e für Diesel, 811 t CO₂e für Biodiesel und 537 t CO₂e für Biobenzin ausgewiesen. Zusammen ergibt dies rund 63.656 t CO₂e für kraftstoffbezogene Verkehrsemissionen im Stadtgebiet. Bezogen auf den Bevölkerungsanteil der Insel von rund 11,8 % ergibt sich eine Quartiersgröße von etwa 7.486 t CO₂e/a. Diese liegt nahezu identisch zur Pro-Kopf-Ableitung.

Für die weitere Bilanzierung wird daher ein gerundeter Wert von rund 7.500 t CO₂-Äquivalenten pro Jahr für den Verkehrssektor der Insel Lindau angesetzt.

Tabelle 4: Abgeleitete Verkehrs- und THG-Bilanz für das Quartier

Kenngröße	Stadt Lindau 2019	Ansatz Quartier Insel Lindau	Ergebnis Quartier
Einwohnerzahl [EW]	25.512	3.000	11,8 % Bevölkerungsanteil
Endenergieverbrauch gesamt	769.611 MWh/a	—	—
Endenergieverbrauch Verkehr	205.742 MWh/a	proportional nach Bevölkerungsanteil	ca. 24.200 MWh/a
Spez. THG-Emissionen Verkehr	2,5 t CO ₂ e/EW*a	3.000 EW	ca. 7.500 t CO ₂ e/a
Anteil Verkehr an gesamtstädtischem Endenergieverbrauch	ca. 27 %	übertragen auf Quartiersebene	orientierende Abschätzung

Die dargestellte Bilanz ist als Näherungswert zu verstehen. Sie bildet nicht das tatsächlich auf der Insel verursachte Verkehrsaufkommen ab, sondern überträgt den gesamtstädtischen Durchschnitt auf das Quartier. Insbesondere die touristische Bedeutung der Insel, saisonale Besucherströme, Pendlerverkehre, Lieferverkehre sowie Verlagerungseffekte durch Parken außerhalb der Insel können dadurch nur eingeschränkt abgebildet werden. Für das Quartier ist daher davon auszugehen, dass die tatsächlichen verkehrsbedingten Emissionen je nach Bilanzierungslogik abweichen können.

Die Abschätzung ist dennoch geeignet, um die Größenordnung des Verkehrssektors im Rahmen des integrierten energetischen Quartierskonzepts einzuordnen. Sie zeigt, dass der Verkehr auch auf Quartiersebene einen relevanten Beitrag zur Energie- und Treibhausgasbilanz leistet. Gleichzeitig bleibt die Wärmeversorgung aufgrund der quartiersscharf ermittelten Gebäudedaten und des hohen fossilen Anteils der zentrale Ansatzpunkt des vorliegenden Konzeptes. Der Verkehrssektor wird daher im IEQK

insbesondere qualitativ und ergänzend betrachtet; vertiefende Maßnahmen zur Mobilität werden in separaten Fachkonzepten der Stadt Lindau behandelt.

4.3 Wärme

Die Energiebilanzierung des Gebäudebestandes im Quartier in Lindau (Bodensee) basiert auf realen, witterungsbereinigten Verbrauchswerten der Jahre 2023 und 2024, die die Verbrauchsmengen der leistungsgebundenen Energieträger berücksichtigt. Verbräuche der nicht-leitungsungebundenen Energieträger wurden aufgrund fehlender Schornsteinfegerdaten hochgerechnet bzw. qualitativ geschätzt. Zu nicht-leitungsgebundenen Energieträgern im Sinne dieser Betrachtung zählen Heizöl, Kohle und Holz. Die ermittelten Energieverbrauchswerte dieser Energieträger basieren auf den gemittelten spezifischen Wärmebedarfen ($\text{kWh/m}^2\cdot\text{a}$), welche den Gebäuden nach Nutzungsart und Baualtersklasse zugewiesen werden und über die Gebäudenutzfläche hochgerechnet wurden.

Zur primärenergetischen Bewertung wurden die Primärenergiefaktoren des zum Bilanzierungszeitpunkt gültigen Technologie Katalogs der KEA herangezogen. Die CO_2 -Emissionsfaktoren in g CO_2 pro kWh sind ebenfalls diesem entnommen. Bei diesen Emissionsfaktoren wurden die Vorketten und eventuelle Netzverluste durch den Gesetzgeber nicht berücksichtigt. Da es sich um CO_2 -Äquivalent-Faktoren handelt, also Emissionsfaktoren, die Kohlenstoffdioxid-Äquivalente bewerten, wurden die Wirkungen weiterer Treibhausgase neben Kohlenstoffdioxid (CO_2), wie z. B. Methan und Stickoxide, in CO_2 -Äquivalente umgerechnet und mit in den Faktoren einbezogen. Beispielsweise entspricht 1 kg Methan etwa 21 kg CO_2 -Äquivalent. Deshalb sind die verwendeten CO_2 -Emissionsfaktoren immer etwas höher als reine CO_2 -Faktoren, da die Auswirkungen weiterer Treibhausgase mit bilanziert werden (im Folgenden vereinfacht nur mit CO_2 bezeichnet).

Für das Quartier „Insel Lindau“ ergibt sich ein Endenergieverbrauch von 30.763 MWh/a, was einem Primärenergieverbrauch von 33.724 MWh/a und CO_2 -Emissionen von 14.850 t/a entspricht. Die Verteilung der End- und Primärenergienmengen sowie CO_2 -Emissionen auf die einzelnen Energieträger und unterteilt in die Aufteilung „EFH“, „MFH“, „GHD“, „Industrie“ und „k. A.“ ist den folgenden Abbildungen und Tabellen zu entnehmen.

Tabelle 5: Primärenergie- und Emissionsfaktoren der Energieträger (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Techno-logie Katalog der KEA)

Energieträger	Primärenergiefaktor	CO ₂ -Emissionsfaktor [g/kWh]
Strom	1,8	478
Heizöl	1,1	318
Erdgas	1,1	247
Fernwärme	1,1	261
Holz	0,2	22
Heizstrom	1,8	478
Umweltwärme	0,0	150
Sonnenkollektoren	0,0	25
Biogase	0,5	110
Abfall	0,0	27
Flüssiggas	1,1	276
Pflanzenöl	0,5	26
Kohle	1,2	438

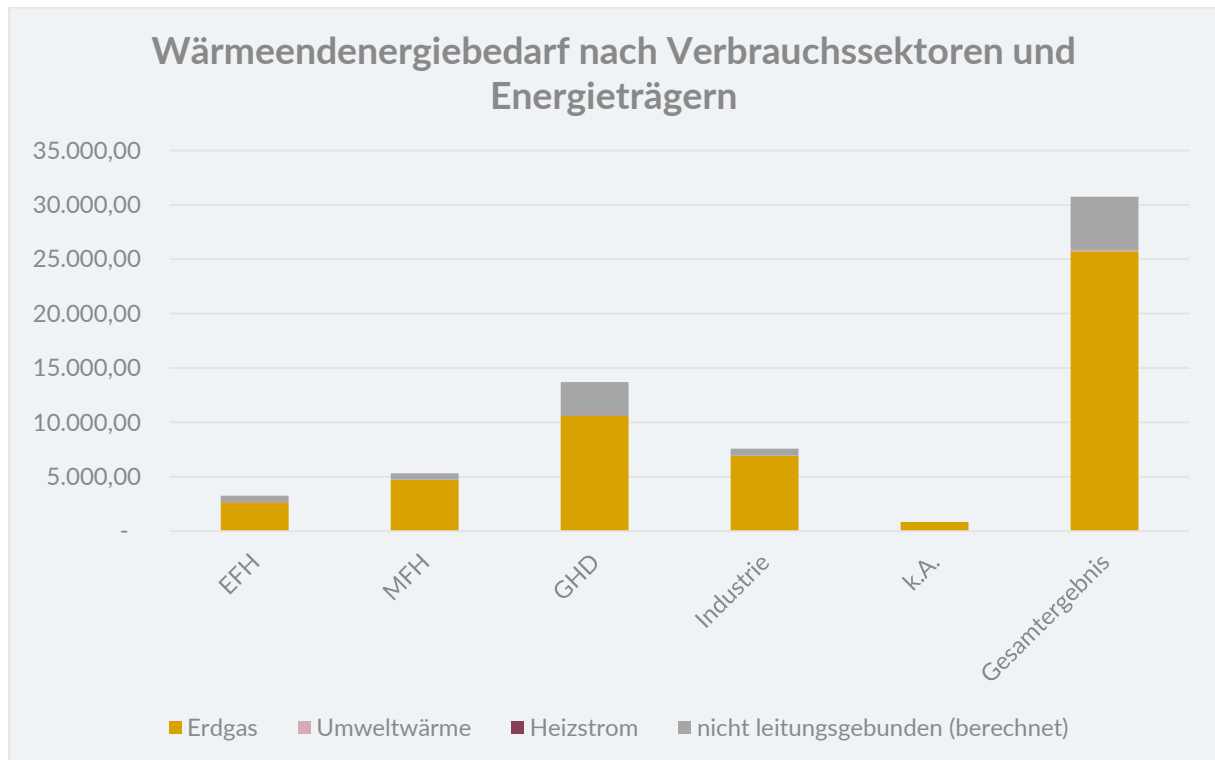


Abbildung 23: Endenergieverbrauch der Gebäude nach Energieträgern und Verbrauchssektoren (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

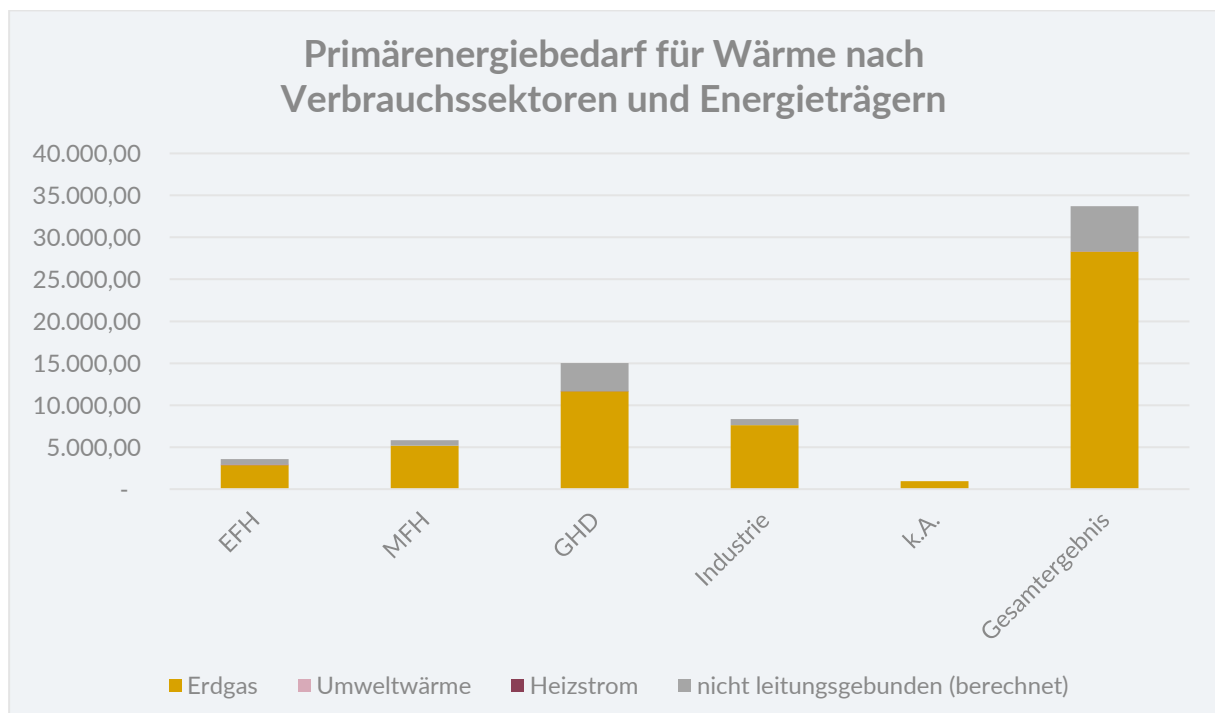


Abbildung 24: Primärenergieverbrauch der Gebäude nach Energieträgern (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)

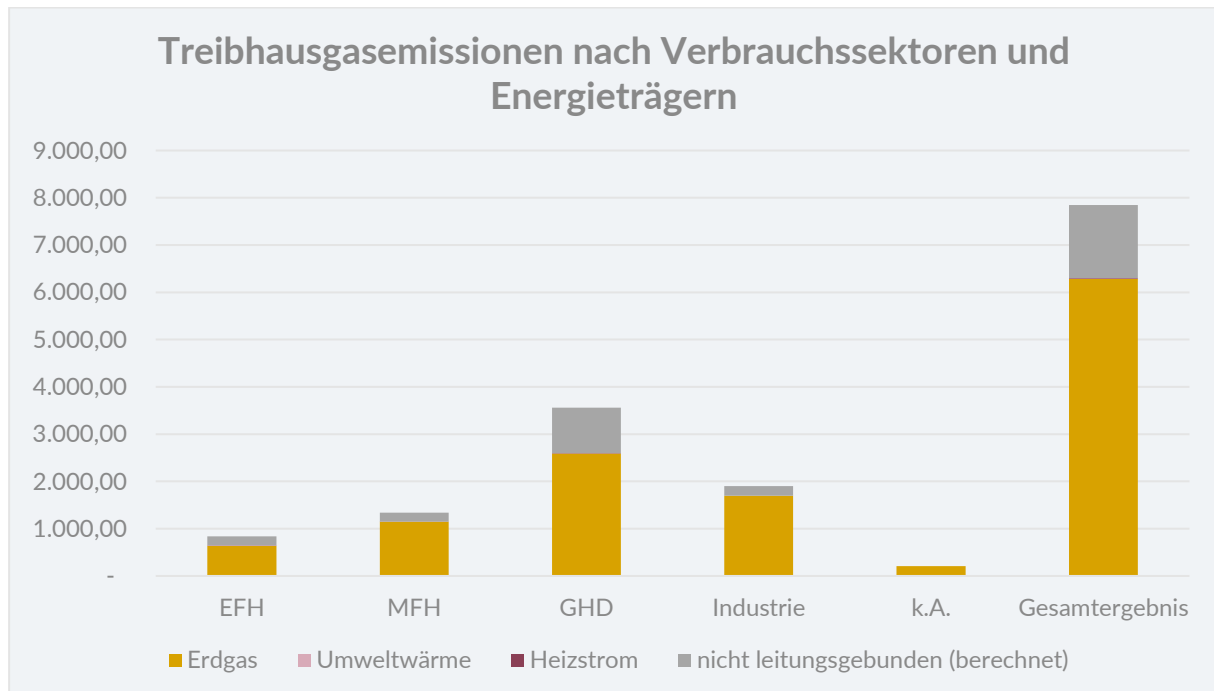


Abbildung 25: THG-Emissionen der Gebäude nach Energieträgern (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung).

Deutlich wird, dass Erdgas mit einem Anteil von 84 % den größten Teil des Endenergieverbrauchs für Wärme ausmacht. Nur ein marginaler Anteil von 0,4 Prozent wird bereits durch klimaneutrale Wärmepumpen gedeckt. Dies spiegelt sich auch in den Treibhausgasemissionen und dem Primärenergiebedarf wider.

Die folgenden Tabellen zeigen die einzelnen energieträgerbezogenen Verbräuche und Emissionen im Gebäudebestand.

Tabelle 6: Endenergieverbrauch nach Energieträgern

Energieträger	Endenergieverbrauch [MWh/a]			
	EFH	MFH	Wirtschaft (GHD & Industrie)	k. A.
Erdgas	2.608	4.700	17.544	861
Umweltwärme	28	34	62	-
Heizstrom	28	-	4	-
Nicht-leitungs-gebunden	614	588	3.691	-
Summe	3.278	5.323	21.301	861

Tabelle 7: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern

Energieträger	Primärenergieverbrauch [MWh/a]			
	EFH	MFH	Wirtschaft (GHD & Industrie)	k. A.
Erdgas	2.869	5.170	19.298	948
Umweltwärme	-	-	-	-
Heizstrom	50	-	7	-
Nicht-leitungs-gebunden	676	647	4.060	-
Summe	3.594	5.817	23.365	948

Tabelle 8: THG-Emissionen nach Energieträgern

Energieträger	CO ₂ -Emissionen [t/a]			
	EFH	MFH	Wirtschaft (GHD & Industrie)	k. A.
Erdgas	637	1.148	4.286	210
Umweltwärme	2	3	5	-
Heizstrom	7	-	1	-
Nicht-leitungs- gebunden	194	186	1.166	-
Summe	841	1.337	5.457	210

Deutlich wird, dass Erdgas (84 %) und nicht-leitungsgebundene Energieträger (16 %) die größten Anteile am Energieverbrauch einnehmen. Diese Tendenz stellt sich auch bei den CO₂-Emissionen dar. Dabei hat der Erdgasverbrauch einen Anteil von 80 % und die nicht-leitungsgebundenen Energieträger verursachen anteilige Emissionen in Höhe von 20 %.

4.4 Strom, elektrische Energie

Ausgangslage und Bedeutung der Stromversorgung im Quartierskontext

Die Stromversorgung spielt im Rahmen integrierter energetischer Quartierskonzepte eine zentrale Rolle. Im Zuge der fortschreitenden Sektorkopplung – insbesondere durch den verstärkten Einsatz elektrisch betriebener Wärmeerzeuger (z. B. Wärmepumpen), Elektromobilität sowie dezentraler Stromerzeugungsanlagen – gewinnt die Qualität der Strombereitstellung zunehmend an Bedeutung für die gesamtökologische Bewertung eines Quartiers. Neben der Höhe des Stromverbrauchs ist insbesondere die Herkunft des bezogenen Stroms maßgeblich für die resultierenden Treibhausgas-Emissionen.

Klimabilanz der Stromversorgung

Für das Quartier Lindau-Insel wird die Stromversorgung überwiegend über die Stadtwerke Lindau (B) GmbH & Co. KG sichergestellt, die zugleich als kommunaler Energieversorger eine besondere Rolle im lokalen Klimaschutz einnehmen. Die Bewertung der Treibhausgasbilanz der Stromversorgung ist daher eine wesentliche Grundlage für die Bilanzierung des Status quo sowie für die Ableitung zukünftiger Transformationspfade.

Stromkennzeichnung und rechtlicher Rahmen

In Deutschland sind Stromlieferanten gemäß § 42 Energiewirtschaftsgesetz (EnWG)⁴ verpflichtet, ihre Stromlieferungen transparent hinsichtlich des eingesetzten Energieträgermixes sowie der daraus resultierenden Umweltauswirkungen auszuweisen. Diese sogenannte Stromkennzeichnung muss jährlich veröffentlicht werden und enthält unter anderem Angaben zu: den Anteilen erneuerbarer und fossiler Energieträger, den spezifischen Kohlendioxid-Emissionen des gelieferten Stroms, sowie zum angefallenen radioaktiven Abfall.

Die Stromkennzeichnung⁵ basiert auf dem europäischen System der Herkunftsnachweise, welches sicherstellt, dass Strom aus erneuerbaren Energien eindeutig bilanziell zugeordnet und nicht doppelt vermarktet wird. Herkunftsnachweise werden für jede erzeugte Megawattstunde erneuerbaren Stroms ausgestellt, gehandelt und beim Endverbrauch entwertet. Für ausländische Herkunftsnachweise – etwa aus Österreich – gelten innerhalb der Europäischen Union harmonisierte Anerkennungsregeln, sofern diese aus anerkannten Registern stammen.

⁴ Umwelt Bundesamt: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/hintergrundwissen-oekestrom-stromkennzeichen>

⁵ E-control Österreich: <https://www.e-control.at/konsumenten/stromkennzeichnung-herkunftsnachweis>

Stromversorgung durch die Stadtwerke Lindau

Die Stadtwerke Lindau geben in ihrer offiziellen Stromkennzeichnung an, dass die an Haushalts-, Gewerbe- und Sondervertragskunden gelieferten Strommengen zu 100 % aus erneuerbaren Energien stammen. Konkret wird der Strom vollständig aus Wasserkraftanlagen in Vorarlberg (Österreich) bezogen. Die verwendeten Herkunftsnachweise weisen eine eindeutige regionale Zuordnung auf und stammen vollständig aus österreichischer Wasserkraft. Auf der Website der Stadtwerke Lindau wird dies explizit wie folgt dargestellt: „100 % Ökostrom aus Wasserkraft aus Vorarlberg“; zugleich werden die daraus resultierenden Umweltauswirkungen mit 0 g CO₂/kWh sowie ohne Anfall von radioaktivem Abfall angegeben⁶. Die Stromlieferung erfolgt in enger Verbindung mit dem Vorarlberger Energieversorger illwerke vkw AG⁷, der als zentraler Erzeuger, Vermarkter und Herkunftsnachweisführer von Wasserkraftstrom aus Vorarlberg auftritt. Die illwerke vkw verfügt über einen nahezu vollständig auf erneuerbaren Energien basierenden Erzeugungspark, der insbesondere durch Speicher- und Laufwasserkraftwerke geprägt ist.

Annahme im Quartierskonzept

Für das integrierte energetische Quartierskonzept Lindau-Insel kann die Annahme eines treibhausgasneutralen Strombezugs getroffen werden. Diese Annahme beruht nicht auf einer pauschalen Vereinfachung, sondern auf der konkreten und belegbaren Stromkennzeichnung des lokalen Energieversorgers.

Die Annahme wird wie folgt begründet:

1. Produktbezogene Stromkennzeichnung:

Die Stadtwerke Lindau weisen für ihre Stromlieferungen einen erneuerbaren Anteil von 100 % aus Wasserkraft aus, mit bilanziellen CO₂-Emissionen von 0 g/kWh.

2. Nachvollziehbare Herkunftsnachweise:

Die eingesetzten Herkunftsnachweise stammen aus dem anerkannten österreichischen Herkunftsnachweisregister und werden im Rahmen der Stromlieferung ordnungsgemäß entwertet. Das System stellt sicher, dass keine Doppelvermarktung stattfindet und der erneuerbare Charakter der Stromlieferung bilanziell korrekt abgebildet wird.

3. Regionale Erzeugungsstruktur:

Vorarlberg weist im europäischen Vergleich einen außergewöhnlich hohen Anteil an erneuerbarer Stromerzeugung auf, der nahezu vollständig durch Wasserkraft gedeckt wird. Die illwerke vkw als Lieferant verfolgen seit Jahrzehnten eine konsequent regenerative Erzeugungsstrategie.

⁶ Stadtwerke Lindau: <https://www.sw-lindau.de/de/privatkunden/strom/stromkennzeichnung/>

⁷ illwerke AG: <https://www.illwerkevkw.at/>

Vor diesem Hintergrund ist es fachlich zulässig und sachgerecht, den im Quartier Lindau-Insel bezogenen Netzstrom in der energetischen und treibhausgasbezogenen Bewertung mit einem Emissionsfaktor von 0 g CO₂e/kWh anzusetzen.

Abgrenzung zur kommunalen THG-Bilanzierung

Es ist darauf hinzuweisen, dass in kommunalen Treibhausgasbilanzen – etwa nach der Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO) – häufig der bundesdurchschnittliche Strommix als Emissionsfaktor angesetzt wird, um eine Vergleichbarkeit zwischen Kommunen zu gewährleisten. Dieser methodische Ansatz dient der statistischen Einheitlichkeit, bildet jedoch nicht zwingend die reale Versorgungssituation einzelner Quartiere oder Stromprodukte ab.

Für projektbezogene Quartierskonzepte, Machbarkeitsstudien und die Bewertung konkreter Versorgungsvarianten (z. B. Wärmepumpeneinsatz, Power-to-Heat, Elektromobilität) ist hingegen der tatsächlich bezogene Strommix maßgeblich. In diesem Kontext ist die Annahme eines CO₂-neutralen Strombezugs für das Quartier Lindau-Insel sowohl methodisch anerkannt als auch inhaltlich belastbar.

Bedeutung für die weitere Konzeptentwicklung

Die Annahme eines treibhausgasneutralen Strombezugs beeinflusst maßgeblich die Bewertung zukünftiger Maßnahmen im Quartier Lindau-Insel. Insbesondere elektrische Endenergieanwendungen – wie Wärmepumpensysteme, elektrische Speichertechnologien oder Ladeinfrastruktur für Elektromobilität – können unter diesen Rahmenbedingungen mit sehr geringen oder bilanziell null Treibhausgasemissionen bewertet werden. Damit schafft die bestehende Stromversorgung eine günstige Ausgangslage für die weitere Dekarbonisierung des Quartiers und unterstützt die langfristigen Klimaschutzziele der Stadt Lindau sowie des Freistaats Bayern.

Abschätzung des Stromverbrauchs im Quartier

Für das Quartier „Insel Lindau“ liegen Stromverbrauchsdaten der Stadtwerke Lindau für das Jahr 2024 vor. Demnach beträgt der jährliche Netzstromverbrauch auf der Insel rund 13,79 GWh/a bzw. 13.790 MWh/a. Damit entfallen rund 12 % des Stromverbrauchs im Netzgebiet der Stadt Lindau auf die Insel.

Der Stromverbrauch der Insel umfasst dabei sowohl private Haushalte als auch gewerbliche, touristische und öffentliche Nutzungen. Aufgrund der hohen Bedeutung von Einzelhandel, Gastronomie, Hotellerie sowie kulturellen und öffentlichen Einrichtungen liegt die Stromnachfrage im Quartier trotz der vergleichsweise geringen Einwohnerzahl auf einem hohen Niveau.

Die vorliegenden Verbrauchsdaten bestätigen zugleich die Größenordnung der zuvor anhand gesamtstädtischer Kennwerte abgeleiteten Abschätzung des Strombedarfs. Für die weitere Bilanzierung und Bewertung wird daher ein jährlicher Stromverbrauch von rund 13.790 MWh/a angesetzt.

Aufgrund der Stromversorgung der Stadt Lindau mit Strom aus 100 % Wasserkraft werden für den Stromverbrauch des Quartiers in der vorliegenden Bilanzierung keine direkten Treibhausgasemissionen angesetzt. Energetisch stellt der Stromsektor zwar einen relevanten Verbrauchsbereich dar, für die Treibhausgasbilanz ergibt sich daraus jedoch kein wesentlicher Emissionsbeitrag.

CO₂-Emissionen: Deutscher Strommix

Der CO₂-Faktor misst die Menge an CO₂-Äquivalenten, die bei der Produktion von elektrischer Energie entsteht, und wird in Gramm CO₂ pro erzeugte Kilowattstunde (gCO₂/kWh) gemessen. Um den zukünftigen CO₂-Faktor des deutschen Strommixes abzuschätzen, wurde der aktuelle Wert als Grundlage genommen. Das Ziel der Bundesrepublik Deutschland ist es, bis zum Jahr 2045 die Stromerzeugung vollständig auf erneuerbare Energien umzustellen und den CO₂-Faktor auf 0 g/kWh zu senken. Ausgehend vom aktuellen Wert und diesem Zielwert wurde eine mögliche Entwicklung des CO₂-Faktors angenommen.

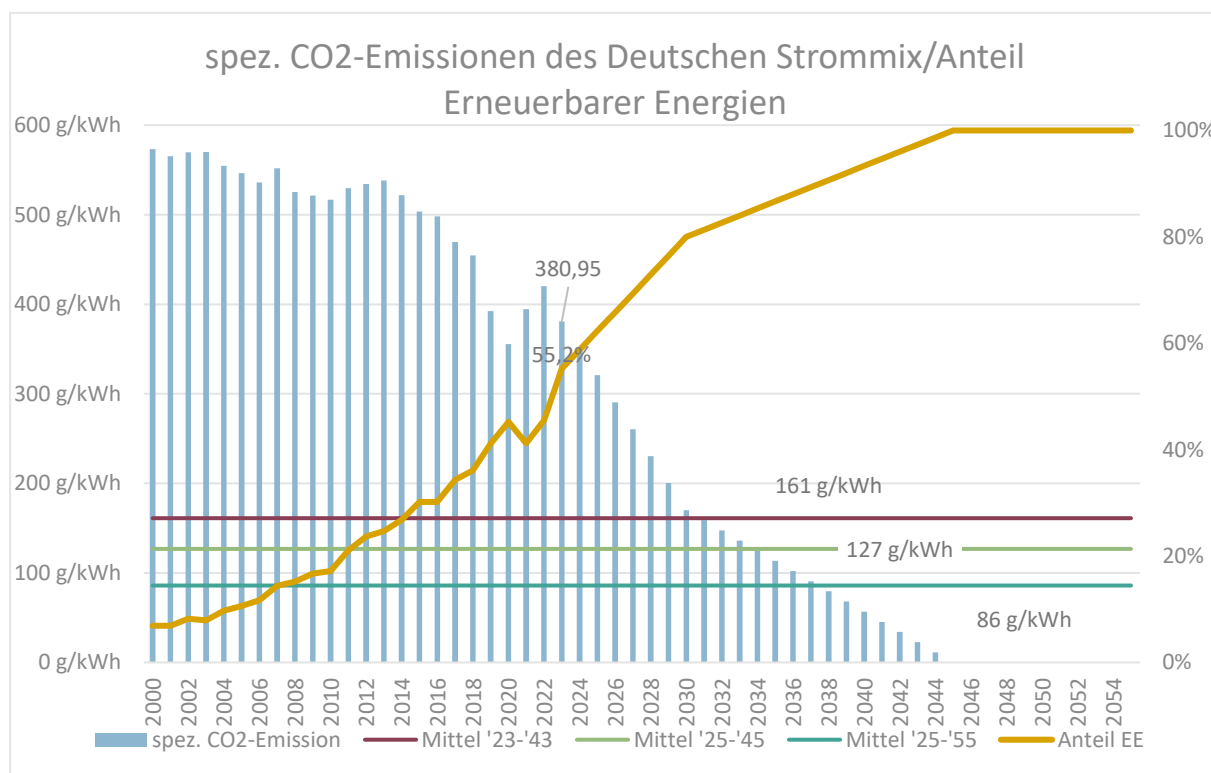


Abbildung 26 Prognose CO₂-Emmisionen im deutschen Strommix 2025 bis 2055

Aus den Zahlen der voranstehenden Grafik lässt sich der Mittelwert von 86 g/kWh für die nächsten Jahre ableiten. Die Nutzung von deutschem Strom wäre also ab dem Jahr 2045 klimaneutral.

Annahmen zur Strompreisentwicklung

Für die wirtschaftliche Bewertung der im Quartier Lindau-Insel betrachteten Versorgungsvarianten wird im weiteren Verlauf des Berichts eine Annahme zur langfristigen Entwicklung der Strompreise getroffen. Diese Annahme wird an dieser Stelle vorab erläutert, zusammengeführt und in den regionalen sowie rechtlichen Kontext eingeordnet.

Grundsätzlich unterliegen Strompreise einer Vielzahl externer Einflussfaktoren, darunter Brennstoffpreise, regulatorische Rahmenbedingungen, Netzentgelte sowie die Struktur der Stromerzeugung. Für die Modellierung der Wirtschaftlichkeit wird daher mit langfristigen Mittelwerten gearbeitet, die eine robuste und vergleichbare Bewertung über den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren ermöglichen.

Ein zentraler Vorteil des Standorts Lindau-Insel ergibt sich aus der Rolle der Stadtwerke Lindau als Großabnehmer elektrischer Energie. Im Gegensatz zu klassischen Haushalts- oder Kleingewerbekunden beschaffen die Stadtwerke Strom in deutlich größeren Mengen und auf Basis individueller Beschaffungs- und Lieferverträge. Diese Großabnehmerstruktur führt regelmäßig zu geringeren spezifischen Strompreisen als bei Endkundertarifen, da Beschaffung, Risikomanagement und Vertragslaufzeiten gezielt optimiert werden können.

Diese Perspektive gewinnt zusätzlich an Bedeutung, da im Rahmen der untersuchten Versorgungsvarianten ein deutlich steigender Strombedarf zu erwarten ist, etwa durch den Einsatz von Großwärmepumpen im Megawatt-Bereich. Für den weiteren Verlauf der Untersuchung wird daher angenommen, dass die Stadtwerke Lindau als zentraler Akteur in der Lage sind, auch zukünftig größere Strommengen wirtschaftlich zu beschaffen und langfristig abzusichern.

Aus energiewirtschaftlicher Sicht wird zudem davon ausgegangen, dass der Vorarlberger Energieversorger illwerke vkw grundsätzlich bereit und fähig ist, bei steigendem Strombedarf zusätzliche Liefermengen für den Standort Lindau bereitzustellen. Die illwerke vkw verfügt über einen hohen Anteil steuerbarer Wasserkraft- und Speicherkraftwerke, die insbesondere für die Versorgung größerer, kontinuierlicher Lasten geeignet sind. Damit bestehen günstige Voraussetzungen für die Belieferung stromintensiver Anwendungen wie Großwärmepumpen auch bei deutlich erhöhtem Lastniveau.

Im rechtlichen Kontext ist zu berücksichtigen, dass Deutschland derzeit an einer einheitlichen Strom-Gebotszone⁸ (Deutschland/Luxemburg) festhält. Diese Gebotszone bewirkt einen bundeseinheitlichen Börsenstrompreis im Großhandel, wie er an der Strombörse ermittelt wird. Dieser Großhandelspreis ist jedoch nicht mit dem Endkundenstrompreis gleichzusetzen.

Für Endkunden – einschließlich kommunaler Versorger und ihrer Sondervertragskunden – besteht keine rechtliche Verpflichtung, einen deutschlandweit einheitlichen Strompreis anzusetzen. Endkundenpreise

⁸ Stromgebotszonen, Bundeswirtschaftsministerium: <https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2025/12/20251215-erhalt-der-einheitlichen-stromgebotszone.html>

setzen sich vielmehr aus mehreren Komponenten zusammen, darunter Beschaffungskosten, Netzentgelte, Konzessionsabgaben sowie staatlich veranlasste Preisbestandteile. Insbesondere Netzentgelte und Konzessionsabgaben weisen regionale Unterschiede auf und führen bereits systembedingt zu unterschiedlichen Strompreisen innerhalb Deutschlands.

Vor diesem Hintergrund ist es sachgerecht, im Quartierskonzept Lindau-Insel nicht auf bundesdurchschnittliche Haushaltsstrompreise abzustellen, sondern auf eine standortspezifische Betrachtung aus Sicht der Stadtwerke Lindau als Großabnehmer. Die Kombination aus großvolumiger Strombeschaffung, der Nähe zu einem stark erneuerbar geprägten Erzeugungsraum in Vorarlberg sowie der Option wachsender Abnahmemengen durch zentrale elektrische Wärmeerzeuger stellt eine im bundesweiten Vergleich strukturell günstige Ausgangslage dar.

Die in nachfolgenden Kapiteln angesetzte Annahme langfristig moderater bzw. tendenziell sinkender Strompreise ist somit für den Standort Lindau-Insel nicht nur eine allgemeine Prognoseannahme, sondern spiegelt die konkrete energiewirtschaftliche und rechtliche Situation wider.

4.5 Erneuerbare Energien

Die Erfassung installierter PV- und Solarthermieranlagen kann im Rahmen von Vor-Ort-Begehungen sowie Luftbildanalysen erfolgen. Die Aussagekraft dieser Analysen ist jedoch begrenzt. Die Anzahl der erneuerbaren Erzeugungsanlagen im Quartiersgebiet kann den Umfrageergebnissen der Bürger*innenumfrage entnommen werden (vgl. Tabelle). Gemäß den Angaben verfügen drei der Teilnehmenden über eine PV-Anlage, während sieben Teilnehmende eine solarthermische Anlage besitzen. Es liegen keine Leistungsdaten vor.

Tabelle 9: Erneuerbare-Energie-Anlagen im Quartier „Insel Lindau“

Energieträger		Anzahl	Datengrundlage / Quelle
Strom	Photovoltaik	3 Anlagen	Umfrageergebnisse
	Holzheizungen	Keine Angaben vorhanden	
Wärme	Umweltwärme	4 Wärmepumpen	EVU-Daten
	Solarthermie	7 Anlagen	Umfrageergebnisse

Die Auflagen aus der Gestaltungssatzung sowie dem Denkmal- und Ensembleschutz führen im historischen Stadtkern der Insel Lindau zu erheblichen Einschränkungen für die Nutzung von Solarthermie- und Photovoltaikanlagen.⁹ Gleichwohl sind im Quartier vereinzelte Solarenergieanlagen vorhanden, sowohl vom öffentlichen Raum aus wahrnehmbar (z. B. Schmiedgasse 16, Gerberschanze 10) als auch weniger bzw. nicht einsehbar auf Dach- oder Balkonflächen (u. a. Bismarckplatz 1 und 2, In der Hofstatt, Schneeberggasse). Diese Anlagen wurden teils mit denkmalrechtlicher Erlaubnis, teils ohne Genehmigung errichtet. Insgesamt zeigt sich jedoch, dass der Ausbau von Solarenergie im historischen Ensemble stark begrenzt ist und nur in Einzelfällen denkmalverträglich umgesetzt werden kann.

⁹ Quelle: Stadt Lindau (Bodensee): Baugestaltungssatzung der Stadt Lindau (Bodensee) – Insel, in Kraft seit 01.07.2011, § 9 (Anlagen zur Nutzung der Sonnenenergie).
URL: https://www.stadtlindau.de/media/custom/2412_1695_1.PDF?1403085352

5 Zwischenfazit zum Ist-Zustand

5.1 Zusammenfassende Bewertung der Ausgangslage

Die Bestandsanalyse zeigt, dass die Insel Lindau innerhalb des Stadtgebiets besondere Anforderungen an die energetische Transformation und die Klimawandelanpassung stellt. Als historisch gewachsenes und vollständig denkmalgeschütztes Ensemble vereint das Quartier eine hohe bauliche Dichte, eine intensive Nutzungsmischung sowie eine zentrale Bedeutung für Wohnen, Tourismus, Kultur, Handel und öffentliche Einrichtungen.

Gleichzeitig bestehen erhebliche Herausforderungen für die Erreichung der Klimaschutzziele. Die Wärmeversorgung wird weiterhin überwiegend durch fossile Energieträger gedeckt, während die Möglichkeiten klassischer energetischer Sanierungsmaßnahmen aufgrund der denkmalgeschützten Bausubstanz häufig eingeschränkt sind. Die hohe Wärmedichte und die kompakte Siedlungsstruktur schaffen jedoch grundsätzlich günstige Voraussetzungen für quartiersbezogene Versorgungsansätze.

Neben dem Klimaschutz gewinnt die Anpassung an die Folgen des Klimawandels zunehmend an Bedeutung. Die hohe Versiegelung, die begrenzten Freiflächen sowie die zunehmende Belastung durch Hitzeperioden und Tropennächte erfordern zusätzliche Maßnahmen zur Stärkung der Klimaresilienz. Gleichzeitig stellen die Uferbereiche, Grünanlagen und Freiräume wichtige klimaökologische Ausgleichsräume dar.

Die Analyse verdeutlicht, dass die zukünftige Entwicklung der Insel nicht allein über Maßnahmen an Einzelgebäuden erfolgen kann. Vielmehr sind integrierte und quartiersbezogene Lösungsansätze erforderlich, welche die Belange von Klimaschutz, Klimawandelanpassung, Denkmalschutz und Stadtentwicklung gleichermaßen berücksichtigen.

5.2 Energie- und Treibhausgasbilanz des Quartiers

Die Bilanzierung zeigt, dass insbesondere die Wärmeversorgung und der Verkehrssektor die größten Beiträge zum Energieverbrauch und zu den Treibhausgasemissionen des Quartiers leisten. Der Stromsektor verursacht aufgrund der lokalen Stromversorgung aus 100 % Wasserkraft bilanziell keine Treibhausgasemissionen. Die nachfolgende Übersicht fasst die wesentlichen Ergebnisse zusammen.

Tabelle 10: Energieverbrauch und THG-Emissionen Quartier

Sektor	Endenergieverbrauch [MWh/a]	THG-Emissionen [t CO ₂ e/a]
Wärme	30.763	14.850
Verkehr*	ca. 24.200	ca. 7.500
Strom**	ca. 13.790	0
Gesamt	ca. 68.753	ca. 22.350

* Verkehrssektor als Abschätzung auf Basis der gesamtstädtischen Energie- und THG-Bilanz sowie des Bevölkerungsanteils des Quartiers.

** Stromverbrauch als Abschätzung auf Basis des spezifischen Stromverbrauchs der Stadt Lindau und des Bevölkerungsanteils des Quartiers. Die bilanziellen CO₂-Emissionen werden aufgrund der Stromversorgung aus 100 % Wasserkraft mit 0 t CO₂e angesetzt.

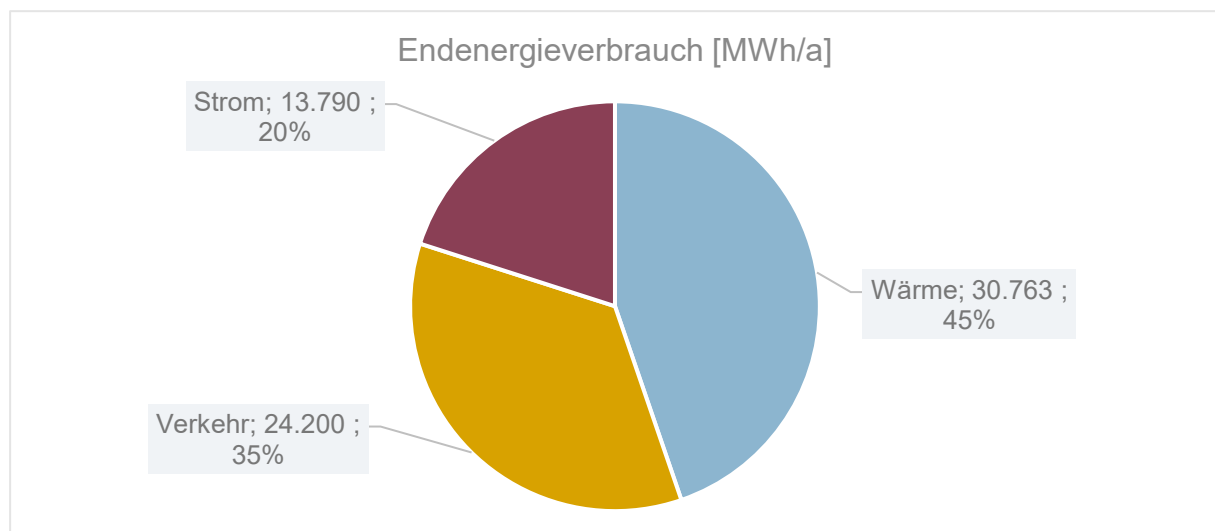


Abbildung 27: Endenergieverbrauch Insel-Lindau

Die zusammenfassende Energie- und Treibhausgasbilanz zeigt, dass das Quartier „Insel Lindau“ einen jährlichen Endenergieverbrauch von rund 68.750 MWh/a aufweist. Davon entfällt der größte Einzelanteil auf die Wärmeversorgung mit rund 30.763 MWh/a, gefolgt vom Verkehrssektor mit einer abgeschätzten Größenordnung von rund 24.200 MWh/a. Der Stromverbrauch der Insel kann auf Grundlage der vorliegenden Netzverbrauchsdaten der Stadtwerke Lindau für das Jahr 2024 nun mit rund 13.790 MWh/a angesetzt werden.

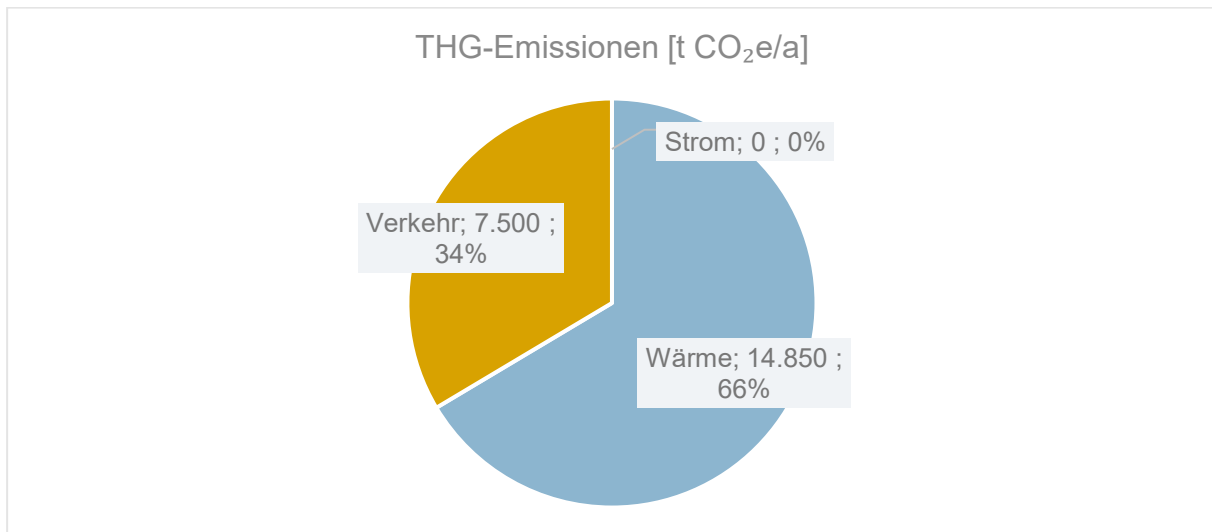


Abbildung 28: Treibhausgas-Emissionen Insel-Lindau

Bei den Treibhausgasemissionen dominiert weiterhin eindeutig der Wärmesektor. Für die Wärmeversorgung werden rund 14.850 t CO₂e/a bilanziert. Der Verkehrssektor wird auf Basis der gesamtstädtischen THG-Bilanz und des Bevölkerungsanteils der Insel mit rund 7.500 t CO₂e/a abgeschätzt. Der Stromsektor wird trotz eines relevanten Endenergieverbrauchs bilanziell mit 0 t CO₂e/a angesetzt, da die Stromversorgung in Lindau gemäß der vorliegenden Bilanzierung mit Strom aus 100 % Wasserkraft berücksichtigt wird.

Damit ergeben sich für das Quartier insgesamt rund 22.350 t CO₂e/a. Die Bilanz verdeutlicht, dass die zentrale Klimaschutzwirkung im Quartier vor allem über die Transformation der Wärmeversorgung und ergänzend über eine Reduzierung verkehrsbedingter Emissionen erreicht werden kann. Der Stromsektor bleibt energetisch relevant, verursacht in der gewählten Bilanzierungslogik jedoch keine direkten bilanziellen Treibhausgasemissionen.

5.3 Stärken, Herausforderungen, Chancen und Risiken

Stärken und Potenziale

- Historisch gewachsenes und identitätsstiftendes Quartier mit hoher städtebaulicher und touristischer Bedeutung.
- Hohe Nutzungsdichte und kompakte Quartiersstruktur mit günstigen Voraussetzungen für quartiersbezogene Wärmeversorgungs-lösungen.
- Hohe funktionale Durchmischung aus Wohnen, Gastronomie, Einzelhandel, Hotellerie, Kultur und Verwaltung.
- Gute Nahversorgung sowie kurze Wege innerhalb des Quartiers.
- Sehr gute Erreichbarkeit durch Bahn, Bus, Rad- und Fußverkehr.
- Vorhandene kommunale Klimaschutzziele und politische Unterstützung für die energetische Transformation.
- Potenzial zur Nutzung erneuerbarer Umweltwärme, insbesondere durch den Bodensee.
- Hohe Vorbildwirkung für die Verbindung von Klimaschutz und Denkmalschutz in historischen Quartieren.

Herausforderungen

- Sehr hoher Anteil fossiler Energieträger in der Wärmeversorgung.
- Hohe Treibhausgasemissionen im Wärme- und Verkehrssektor.
- Denkmalrechtliche Anforderungen schränken klassische Einzelgebäudelösungen teilweise ein.
- Begrenzte Flächen für Energieinfrastruktur, Anlagentechnik und Freiflächennutzungen.
- Dichte Bebauungsstruktur erschwert bauliche Eingriffe und Baustellenlogistik.
- Alternde Bevölkerung mit steigenden Anforderungen an Wohnkomfort, Barrierefreiheit und Hitzeschutz.
- Hohe touristische Nutzungsintensität mit saisonalen Lastschwankungen.

Chancen

- Entwicklung quartiersbezogener und zentraler Wärmeversorgungskonzepte.
- Nutzung lokaler erneuerbarer Energiequellen zur schrittweisen Dekarbonisierung der Wärmeversorgung.
- Verbesserung der Energieeffizienz durch denkmalverträgliche Sanierungsmaßnahmen.
- Verknüpfung von Klimaschutz und Klimawandelanpassung.
- Ausbau von Beratungs-, Informations- und Beteiligungsangeboten für Eigentümerinnen und Eigentümer.
- Nutzung vorhandener Förderprogramme für Wärmeversorgung, Klimaschutz und Klimaanpassung.

Risiken und Zielkonflikte

- Zielkonflikte zwischen Klimaschutz, Denkmalschutz und städtebaulichen Anforderungen.
- Hoher Abstimmungs- und Beteiligungsbedarf aufgrund vielfältiger Eigentümer- und Nutzungsstrukturen.
- Wirtschaftliche Unsicherheiten bei Investitionen in Infrastruktur und Gebäudesanierungen.
- Begrenzte Verfügbarkeit geeigneter Flächen für technische Anlagen.
- Zunehmende Hitzebelastung und weitere Auswirkungen des Klimawandels auf Bevölkerung, Gebäude und öffentliche Räume.

5.4 Ableitung zentraler Handlungsfelder

Aus der Bestandsanalyse und den Energie- bzw. Treibhausgasbilanzen lassen sich folgende übergeordnete Handlungsfelder ableiten:

1. Transformation der Wärmeversorgung und Reduzierung fossiler Energieträger.
2. Denkmalverträgliche energetische Sanierung des Gebäudebestands.
3. Nutzung lokaler erneuerbarer Energiepotenziale.
4. Klimawandelanpassung und Verbesserung der Klimaresilienz.
5. Aktivierung, Information und Einbindung relevanter Akteure.
6. Integration von Klimaschutz, Denkmalschutz und Stadtentwicklung.

Die folgenden Kapitel vertiefen diese Handlungsfelder und untersuchen geeignete Versorgungsoptionen, Potenziale und Maßnahmen für die zukünftige Entwicklung der Insel Lindau.

6 Maßnahmen & Förderungen für Gebäude unter Denkmalschutz

6.1 Informative Grundlage

Die Ausgangslage deutet auf ein hohes Energie- und CO₂ Einsparpotenzial hin. Die durchgeführte Potenzialanalyse greift diese Ausgangslage auf und identifiziert sowie bewertet Optionen zur Energie- und Emissionsminderung. Der Fokus liegt dabei auf der Untersuchung klimafreundlicher Wärmeversorgungs-lösungen für den denkmalgeschützten Bestand der Insel Lindau.

Zieldefinition und Methodik

Deutschland verfolgt das Ziel, bis 2030 mindestens 80 % erneuerbare Energien am Bruttostromverbrauch zu erreichen. Gleichzeitig sollen die Treibhausgasemissionen bis 2030 um 65 % und bis 2040 um 88 % gegenüber 1990 sinken; spätestens 2045 soll Klimaneutralität erreicht werden. Im Gebäudesektor ist eine Reduktion des Primärenergiebedarfs um 80 % bis 2050 vorgesehen.

Die Betrachtungen im Rahmen des Quartierskonzeptes orientieren sich am politischen Ziel der Stadt Lindau, bis 2035 klimaneutral zu werden. Vor diesem Hintergrund werden – auf Basis der Bestandsanalyse – geeignete klimafreundliche Wärmeversorgungs-lösungen untersucht und bewertet.

Denkmalschutz und Ausgangslage

Denkmalgeschützte Gebäude sind in der Regel mit erhöhtem Instandhaltungs- und Sanierungsaufwand verbunden. Maßgeblich ist nicht das Alter eines Gebäudes, sondern seine denkmalfachliche Bedeutung nach Art. 1 BayDSchG (historisch, künstlerisch, städtebaulich, wissenschaftlich oder volkscultisch). Bauliche Veränderungen sind gemäß Art. 6 BayDSchG erlaubnispflichtig; dies gilt insbesondere für erscheinungsbildwirksame Maßnahmen innerhalb eines geschützten Ensembles.

Die Insel Lindau ist als Ensemble „Insel Lindau im Bodensee“ aufgrund ihrer besonderen orts- und landschaftsbildprägenden Wirkung geschützt. Zuständige Untere Denkmalschutzbehörde ist die Stadt Lindau (Bodensee); das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) ist fachlich zu beteiligen. Eine frühzeitige Beratung und Abstimmung ist Voraussetzung für genehmigungsfähige und denkmalverträgliche Lösungen.

Gestaltungssatzung / lokale Vorgaben

Ergänzend zum Denkmalschutz gelten auf der Insel Lindau örtliche Gestaltungsvorgaben, die insbesondere Ensemblewirkung und Dachlandschaften sichern. Sie regeln Lage, Ausführung und Sichtbarkeit technischer Anlagen.

Der Einsatz erneuerbarer Energien an Baudenkmalen ist grundsätzlich möglich, sofern er denkmalverträglich erfolgt. Wärmepumpen, Photovoltaik oder PVT-Systeme können eingesetzt werden, wenn Anordnung, Materialität und Sichtbarkeit mit dem Orts- und Stadtbild vereinbar sind. Empfohlen werden eine frühzeitige konzeptionelle Abstimmung, unauffällige Einbauorte sowie eine Leitungsführung und Detailausbildung mit Rücksicht auf Substanzerhalt und Gestaltung.

Förderung und Finanzierung

Für die Finanzierung energetischer und substanzsichernder Maßnahmen an Baudenkmalen stehen Bundes-, Landes- und Stiftungsmittel sowie steuerliche Vergünstigungen zur Verfügung. Auf Bundesebene ist insbesondere die Bundesförderung für effiziente Gebäude (BEG) relevant. Sie unterstützt sowohl Effizienzhaussanierungen als auch Einzelmaßnahmen; für Baudenkmale gelten erleichterte technische Mindestanforderungen im Standard Effizienzhaus Denkmal. Die Förderung erfolgt in der Regel über die KfW (Kredite mit Tilgungszuschuss) sowie ergänzend über das BAFA für Einzelmaßnahmen.

Ergänzend kann das Bayerische Landesamt für Denkmalpflege (BLfD) Zuschüsse für denkmalpflegerischen Mehraufwand gewähren. Gefördert wird der Kostenanteil, der ausschließlich durch denkmalrechtliche Anforderungen entsteht; ein Rechtsanspruch besteht nicht. Weitere Fördermöglichkeiten ergeben sich über die Deutsche Stiftung Denkmalschutz sowie über steuerliche Vergünstigungen nach § 7i EStG (vermietete Objekte) bzw. § 10f EStG (selbstgenutzte Baudenkmale).

Umsetzung

Für die praktische Umsetzung in Lindau empfiehlt sich ein klar strukturierter Ablauf: Zunächst erfolgen Beratung und denkmalrechtliche Abstimmung, anschließend die fördertechnische Planung (KfW/BAFA, ggf. BLfD Zuschüsse) sowie die Prüfung ergänzender Stiftungs- und Steuerinstrumente. Technische Maßnahmen mit erneuerbaren Energien sind frühzeitig mit den örtlichen Gestaltungsvorgaben abzugleichen und so auszuführen, dass Substanzerhalt, Ensemblewirkung und Stadtbild gewahrt bleiben. Auf diese Weise entsteht eine belastbare, finanzierbare und rechtssichere Grundlage für die energetische Weiterentwicklung des denkmalgeschützten Bestands auf der Insel Lindau.

6.2 Projektbezogene Maßnahme: Beispielhafter iSFP

Im Rahmen des integrierten energetischen Quartierskonzepts (IEQK) für die Insel Lindau wurde ergänzend zu den konzeptionellen und quartiersbezogenen Analysen eine projektbezogene Einzelmaßnahme umgesetzt: die Erstellung eines individuellen Sanierungsfahrplans (iSFP) für ein ausgewähltes Wohngebäude auf der Insel. Diese Maßnahme dient der anschaulichen Verknüpfung der strategischen Quartiersbetrachtung mit der konkreten Umsetzung auf Gebäudeebene.

Der iSFP wurde im Rahmen eines projektbegleitenden Gewinnspiels ausgelobt und kostenfrei zur Verfügung gestellt. Ziel war es, Eigentümerinnen und Eigentümer aktiv in den Prozess einzubinden und

zugleich ein praxisnahes Beispiel für eine typische Gebäudesituation auf der Insel Lindau zu erarbeiten. Den Zuschlag erhielt die Familie Grötler für ihr Gebäude in der Ludwigstraße auf der Insel Lindau.

Das ausgewählte Gebäude stellt einen für die Insel Lindau sehr typischen Gebäudetyp dar: ein historisch geprägtes, innerstädtisches Wohngebäude mit denkmalrelevanten Rahmenbedingungen, begrenzten baulichen Spielräumen und gleichzeitigem Modernisierungsbedarf. Damit eignet sich das Objekt in besonderer Weise als Referenzbeispiel für vergleichbare Gebäude im Quartier.

Die Erstellung des individuellen Sanierungsfahrplans erfolgte nach den geltenden methodischen Vorgaben und umfasste eine Vor-Ort-Begehung des Gebäudes sowie eine ausführliche Beratung der Eigentümer durch die energielenker projects GmbH. Im Rahmen der Begehung wurden der bauliche Zustand, die Gebäudehülle, die vorhandene Anlagentechnik sowie nutzungsbedingte Besonderheiten systematisch erfasst. Ergänzend wurden denkmalpflegerische Rahmenbedingungen berücksichtigt und in die Bewertung einbezogen.

Auf dieser Grundlage wurde ein aufeinander abgestimmter Sanierungsfahrplan entwickelt, der mögliche energetische Maßnahmen schrittweise darstellt. Der iSFP zeigt sowohl kurzfristig umsetzbare Maßnahmen als auch langfristige Entwicklungspfade auf und bewertet diese hinsichtlich Energieeinsparung, CO₂-Minderung und Umsetzbarkeit. Besonderes Augenmerk lag dabei auf der Vereinbarkeit energetischer Verbesserungen mit den Anforderungen des Denkmalschutzes sowie auf realistischen, wirtschaftlich darstellbaren Maßnahmenfolgen.

Der iSFP für das Gebäude Ludwigstraße verdeutlicht exemplarisch, dass auch bei denkmalgeschützten oder historisch wertvollen Gebäuden energetische Verbesserungen möglich sind, sofern diese individuell, schrittweise und unter Berücksichtigung der spezifischen Rahmenbedingungen geplant werden. Gleichzeitig wird deutlich, dass gebäudespezifische Lösungen allein nicht ausreichen, um die Klimaschutzziele auf Quartiersebene zu erreichen, sondern in ein übergeordnetes Versorgungskonzept eingebettet werden müssen.

Im Kontext des IEQK übernimmt der beispielhafte iSFP daher eine doppelte Funktion: Zum einen bietet er den beteiligten Eigentümern eine konkrete Entscheidungs- und Orientierungshilfe für zukünftige Investitionen am eigenen Gebäude. Zum anderen dient er als anschauliches Kommunikations- und Demonstrationsinstrument für andere Eigentümerinnen und Eigentümer im Quartier. Er macht die abstrakten Ziele des Quartierskonzepts greifbar und zeigt, wie sich diese auf Gebäudeebene konkret niederschlagen können.

Die Unterlagen zum individuellen Sanierungsfahrplan werden dokumentiert und können für weiterführende Informations- und Beratungsangebote genutzt werden. Perspektivisch kann der beispielhafte iSFP als Grundlage dienen, um weitere Eigentümerinnen und Eigentümer zur Inanspruchnahme von Energieberatungen und zur schrittweisen Umsetzung energetischer Maßnahmen zu motivieren.

Insgesamt zeigt die projektbezogene Maßnahme, wie sich strategische Quartiersziele und individuelle Gebäudeperspektiven sinnvoll miteinander verknüpfen lassen. Der beispielhafte iSFP unterstreicht die Bedeutung individueller Beratung als Ergänzung zu quartiersbezogenen Lösungen und stärkt damit die Umsetzbarkeit und Akzeptanz des integrierten energetischen Quartierskonzepts für die Insel Lindau.

7 Potenzialanalyse: Regenerative Energien

Um die Handlungsspielräume für die zukünftige Minderung von Treibhausgasemissionen zu ermitteln und zu bewerten, welche Klimaschutzziele bis zum Jahr 2035 erreicht werden können, werden im Folgenden sowohl Potenziale zur erneuerbaren Wärme- und Stromerzeugung als auch Energieeffizienzpotenziale untersucht. Hierzu werden die lokal und regional verfügbaren erneuerbaren Energiequellen systematisch hinsichtlich ihrer Verfügbarkeit, technischen Nutzbarkeit und ihrer möglichen Rolle innerhalb eines zukünftigen Energieversorgungssystems bewertet. Ziel ist es, eine fundierte Grundlage für die Auswahl und Kombination geeigneter Maßnahmen und regenerativer Erzeugungspfade zu schaffen sowie die wesentlichen Beiträge zur Dekarbonisierung des Quartiers zu identifizieren.

7.1 Biogas & Biomethan

Biomethan ist aufbereitetes Biogas in Erdgasqualität und kann ohne Umstellung über das bestehende Erdgasnetz sowie in vorhandenen Gas-Kesseln und BHKW genutzt werden. Biogas (roh) ist davon zu unterscheiden und nicht netzfähig. Erst die Aufbereitung (Entschwefelung, Trocknung, CO₂-Abtrennung) macht daraus Biomethan. Für die Insel Lindau bedeutet das: bestehende Infrastruktur bleibt nutzbar, die Wärmebereitstellung kann kurzfristig mit Biomethan statt Erdgas erfolgen.

Biomethan reduziert die Treibhausgasemissionen gegenüber fossilem Erdgas signifikant; der exakte Emissionsfaktor ist projekt- und substratspezifisch (RED-basierte Lebenszyklusbilanz). Ein pauschaler Null-Wert ist nicht unbedingt gegeben. Bei nachhaltigen Reststoffpfaden sind sehr niedrige bzw. bilanziell nahe-Null Werte möglich, die vor Maßnahmenbeginn durch zertifizierte THG-Nachweise zu belegen sind. Lokal entstehen, wie bei Erdgas, NO_x und sehr geringe Staubemissionen. In diesem Projekt wird das Biomethan als klimaneutral angenommen.

Laut GEG gilt: „Bei der Ermittlung der Emissionsfaktoren [...] sind die Vorkettenemissionen der einzelnen Energieträger und die Netzverluste zu berücksichtigen. Zur Berücksichtigung der Vorkettenemissionen kann ein pauschaler Aufschlag von 20 Prozent, mindestens aber von 40 Gramm Kohlendioxid-Äquivalent pro Kilowattstunde, auf den ohne Berücksichtigung der Vorkettenemissionen bestimmten Emissionsfaktor angewendet werden“ Somit wird folglich dem Biomethan der Faktor von 40 g/kWh zugewiesen.

Aufgrund erwarteter Nachfragezuwächse (Wärmemarkt, Industrie, Quotenmärkte) bei limitiert skalierbarer Erzeugung ist die Langfrist-Verfügbarkeit in Deutschland/EU unsicher, und Preisniveaus können, je nach Marktlage und Zertifikatswert, über Erdgas liegen.

CO₂-Bepreisung / regulatorischer Kostentreiber: Hier ist wichtig zu unterscheiden zwischen (a) Berichtspflicht und (b) tatsächlicher Kostenbelastung:

- (a) Berichtspflicht: Nach Darstellung der DEHSt gelten Berichts- und Abgabepflichten grundsätzlich für Emissionen aus in Verkehr gebrachten Brennstoffen; ab 2023 sind dabei auch biogene Brennstoffe im Scope, sofern sie unter Anlage 1 fallen. [dehst.de]¹⁰, [BEHG-Gesetz...]¹¹
- (b) Kostenbelastung: In der Praxis werden biogene Brennstoffe (Biogas/Biomethan) im nationalen Emissionshandel häufig mit einem Emissionsfaktor von 0 angesetzt bzw. nicht mit zusätzlichen CO₂-Kosten belastet, sodass sie gerade gegenüber fossilem Erdgas kostenmäßig begünstigt sein können (bei Erfüllung der jeweiligen Voraussetzungen/Nachweisführung). Das wird z. B. auch in FAQ-Darstellungen von Energieversorgern erläutert [esb]¹²

Konsequenz: fossiles Erdgas trägt sicher den CO₂-Preis, Biomethan kann (bei Nachweis/Einordnung) deutlich geringer oder 0 bepreist sein, bleibt aber nachweis- und regelwerksabhängig.

Fazit: Der Energieträger ist technisch geeignet für dezentrale Kessel und zentrale Wärmeerzeuger (Kessel/BHKW) und kann das geforderte Vorlauftemperaturniveau abdecken. Für die Insel Lindau bestehen keine relevanten lokalen Potenziale zur Erzeugung von Biogas oder Biomethan. Eine Nutzung wäre daher ausschließlich überregional durch aufbereitetes Biomethan und bestehende Gasinfrastrukturen möglich. Biomethan wird im Rahmen dieses Konzeptes deshalb nicht als primäre Versorgungsoption bewertet. Ausschlaggebend hierfür sind insbesondere die begrenzte Verfügbarkeit nachhaltiger Biomethanmengen, die Nutzungskonkurrenz mit anderen Anwendungsbereichen sowie die langfristig erforderliche Dekarbonisierung der Erdgasinfrastruktur. Biomethan kann jedoch als ergänzende Lösung für Spitzenlasten oder besondere Anwendungsfälle berücksichtigt werden.

7.2 Wasserstoff

Mit der Veröffentlichung der Nationalen Wasserstoffstrategie der Bundesregierung im Jahr 2020 wurde die Grundlage für den Aufbau einer Wasserstoffwirtschaft in Deutschland geschaffen. Der größte Nutzen von Wasserstoff wird künftig insbesondere in der Industrie sowie in schwer elektrifizierbaren Bereichen des Verkehrssektors gesehen. Für die Wärmeversorgung wird Wasserstoff dagegen überwiegend

¹⁰ https://www.dehst.de/DE/Themen/nEHS/nEHS-Waerme-Verkehr/Anwendungsbereich-Emissionsermittlung-2023-2030/anwendungsbereich-emissionsermittlung-2023-2030_node.html

¹¹ <https://www.gesetze-im-internet.de/behg/BJNR272800019.html>

¹² <https://www.esb.de/behg>

als nachrangige Option bewertet, da mit Wärmepumpen, Umweltwärme und Wärmenetzen bereits energieeffiziente und klimafreundliche Alternativen verfügbar sind.

Wasserstoff ist ein Energieträger, der sowohl regenerativ und klimaneutral als auch konventionell erzeugt werden kann. Sein Beitrag zu den Klimaschutzzielen hängt daher maßgeblich von der Art der Erzeugung ab. Bei der Nutzung entstehen vor Ort keine CO₂-, Feinstaub- oder vergleichbaren Luftschadstoffemissionen.

Die Verfügbarkeit von grünem Wasserstoff ist kurz- bis mittelfristig jedoch begrenzt. Gleichzeitig bestehen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich der zukünftigen Preisentwicklung. Zwar schreitet der Aufbau des nationalen Wasserstoff-Kernnetzes voran, die hierfür erforderliche Infrastruktur befindet sich jedoch noch am Beginn ihrer Entwicklung. Für die Insel Lindau bestehen aktuell weder gesicherte Perspektiven für eine Wasserstoffversorgung noch geeignete Verteilstrukturen. Aufgrund des vorhandenen Niederdruck-Gasnetzes ist derzeit kein potenzielles Wasserstoffverteilnetz vorhanden.

Eine lokale Erzeugung von Wasserstoff wird aufgrund des begrenzten Potenzials erneuerbarer Stromerzeugung auf der Insel sowie der hohen Investitions- und Betriebskosten ausgeschlossen. Vor dem Hintergrund der begrenzten Verfügbarkeit, der unsicheren wirtschaftlichen Rahmenbedingungen, der fehlenden Infrastruktur sowie der vorhandenen Alternativen wird Wasserstoff für die Wärmeversorgung der Insel Lindau nicht als vorrangige Versorgungsoption betrachtet und in den weiteren Betrachtungen nicht vertieft untersucht.

7.3 Biomasse

Biomasse kann grundsätzlich einen Beitrag zur erneuerbaren Wärmeversorgung leisten. Als Energieträger bietet sie die Möglichkeit, durch Vergasung oder Verbrennung hohe Temperaturen bereitzustellen und kann aufgrund ihrer guten Lager- und Transportfähigkeit flexibel überregional und saisonal genutzt werden. Gleichzeitig sind die verfügbaren Biomassepotenziale begrenzt und unterliegen Nutzungskonkurrenzen, insbesondere mit der stofflichen Verwendung von Holz beispielsweise in der Bau-, Zellstoff- oder Möbelindustrie. Vor dem Hintergrund von Naturschutz und Ressourceneffizienz kommen daher vorrangig Waldrestholz aus nachhaltiger Forstwirtschaft sowie holzartige Rest- und Abfallstoffe für die energetische Nutzung in Betracht.

Zur Ermittlung des Potenzials für das Quartier wurde untersucht, in welchem Umfang regionale Biomassepotenziale für eine Wärmeversorgung der Insel Lindau bereitgestellt werden könnten. Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit nachhaltiger Biomasse sowie der hohen Transport-, Lager- und Flächenanforderungen wird Biomasse jedoch nicht als vorrangige Versorgungsoption für die Transformation der Wärmeversorgung bewertet.

7.4 Abwasserwärme

Abwasserwärmerückgewinnung (AWRG) oder Abwasserwärmenutzung (AWN) ist die Wärmerückgewinnung der im Abwasser enthaltenen Abwärme. Das größte Potenzial zur Gewinnung von Abwasserwärme gibt es dort, wo die Verdichtung von Menschen und Industrie am höchsten ist. Abwasserwärme ist eine erneuerbare Wärmequelle und trägt damit grundsätzlich zu den Klimaschutzzielen der Stadt bei. Eine bilanziell vollständig klimaneutrale Wärmeversorgung hängt jedoch von der Herkunft der Abwärme ab – stammt sie aus fossilen Prozessen, bleibt ein indirekter CO₂-Fußabdruck bestehen. Da Abwärme selbst kein zusätzlicher Brennstoff ist, entstehen am Ort der Nutzung keine zusätzlichen Emissionen. Umwelteinwirkungen ergeben sich lediglich aus dem vorgelagerten Prozessen aus den die Abwärme resultiert. Die Verfügbarkeit hängt grundsätzlich von der Quelle der Abwärme ab, auch wenn diese mittels Speicher in gewissem Maße positiv beeinflusst werden kann. Die Zukunftsfähigkeit ist gegeben, da Abwärme als unvermeidbarer Energiefluss entsteht und damit einen intrinsisch erneuerbaren Charakter besitzt. Im Quartier konnte jedoch keine geeignete Abwärmequelle identifiziert werden. Lediglich Abwärme in Form von Abwasserwärme liegt im Quartier vor. Erfahrungsgemäß wird das Abwasser einer großen Anzahl an Gebäuden benötigt, um die Wärmeenergie zur Deckung des Wärmebedarfs eines einzigen Gebäudes entziehen zu können. Das Wärmepotenzial im Abwasser im Quartier ist folglich zu gering, um einen nennenswerten Beitrag zu leisten. Das Temperaturniveau liegt zumeist zwischen 5 und 15 °C, sodass eine Temperaturerhöhung durch weiteren Energieeinsatz notwendig und keine direkte Nutzung möglich wäre. Aufgrund des als gering eingeschätzten Wärmepotenzials im Vergleich zum Gesamtwärmebedarf wird die Abwasserwärme nicht in den nachfolgenden Variantenvergleich aufgenommen.

7.5 Seewasser, Bodensee

Seewasser stellt eine erneuerbare Umweltwärmequelle dar und kann damit grundsätzlich einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung der Klimaschutzziele der Stadt leisten. Eine bilanziell klimaneutrale Wärmeversorgung ist dabei jedoch maßgeblich vom eingesetzten Strommix für den Betrieb der Wärmepumpen abhängig. Nur bei Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energien kann der Betrieb rechnerisch als klimaneutral bewertet werden. Umwelteinwirkungen ergeben sich primär aus baulichen und betrieblichen Eingriffen in das Gewässer, insbesondere im Hinblick auf den Schutz des Ökosystems, den lokalen Temperaturhaushalt sowie mögliche hydrologische Veränderungen im Nahbereich der Entnahme- und Rückgabestellen.

Die grundsätzliche Verfügbarkeit der Wärmequelle ist gegeben. Größere Seen wie der Bodensee weisen ganzjährig vergleichsweise konstante Temperaturverhältnisse in tieferen Wasserschichten auf, typischerweise im Bereich von etwa +6 °C, sodass zeitlich keine wesentlichen Nutzungseinschränkungen zu erwarten sind. Die Zukunftsfähigkeit der Wärmequelle wird als hoch eingeschätzt, da Seewasser als dauerhaft verfügbare Umweltwärmequelle gilt und bereits in vergleichbaren Projekten erfolgreich ge-

nutzt wird. Die technische Erschließung erfordert jedoch Entnahme- und Rückführleitungen sowie entsprechende wasserbauliche Anlagen, die unter Berücksichtigung ökologischer Belange sorgfältig geplant und ausgeführt werden müssen. In jedem Fall sind wasserrechtliche Genehmigungen erforderlich.

Am Bodensee sind darüber hinaus besondere Rahmenbedingungen zu beachten. Aufgrund der länderübergreifenden Bedeutung des Sees gelten erhöhte Anforderungen an den Gewässerschutz. Maßgeblich ist hierbei unter anderem die Bodensee-Richtlinie der Internationalen Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB), die den Schutz der Wasserqualität, der Ökosysteme sowie den nachhaltigen Umgang mit Nutzungen des Sees zum Ziel hat. Projekte zur Seewassernutzung erfordern daher eine enge Abstimmung mit den zuständigen Wasser- und Umweltbehörden sowie gegebenenfalls weiteren Fachstellen auf Landes- und regionaler Ebene.

Erfahrungsgemäß sind die Genehmigungsprozesse am Bodensee durch eine hohe Komplexität und einen erhöhten Abstimmungsbedarf gekennzeichnet. Neben klassischen wasserrechtlichen Verfahren haben sich frühzeitige Dialogformate, beispielsweise in Form von „Runden Tischen“, als sinnvoll erwiesen. In diesen Austauschformaten können betroffene und beteiligte Akteure – etwa Behörden, Umweltsachstellen, Seeigentümer, Anrainergemeinden, Betreiber bestehender Infrastrukturen sowie weitere Stakeholder – frühzeitig eingebunden werden. Dies trägt zur Transparenz des Vorhabens bei, reduziert Planungsrisiken und kann die Genehmigungsfähigkeit insgesamt verbessern.

Die Verteilung der aus dem Seewasser gewonnenen Energie kann über Wärmeleitungen zu einer zentralen Übergabestation an Land erfolgen. Dort wird die Wärme mittels Wärmetauscher vom Seewasser getrennt. In Abhängigkeit vom Konzept kann die Temperatur anschließend entweder durch zentrale Wärmepumpen auf ein höheres Niveau angehoben und in ein Wärmenetz eingespeist werden oder direkt auf niedrigem Temperaturniveau als Wärmequelle für dezentrale Wärmepumpen in den Gebäuden dienen. Der erforderliche Platzbedarf für Entnahme- und Rückführbauwerke sowie für die Wärmetauscher- und Pumpentechnik an Land wird im Untersuchungsgebiet als grundsätzlich darstellbar eingeschätzt. Das für die Wärmeversorgung benötigte Temperaturniveau kann mittels Wärmepumpentechnik zuverlässig erreicht werden.

Im Zusammenhang mit einer möglichen Förderung nach der Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW) sind zudem die Eigentums- und Betreiberstrukturen frühzeitig zu berücksichtigen. Nach den aktuellen Förderbedingungen ist der Antragsteller in der Regel sowohl Bauherr als auch Betreiber der geförderten Erzeugungsanlagen und Netzinfrastrukturen. Darüber hinaus besteht eine Zweckbindungs- und Betreiberpflicht über den Förderzeitraum, der derzeit typischerweise einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren umfasst. Diese Anforderungen sind bei der Ausgestaltung der Projektstruktur, insbesondere bei Beteiligungs- und Betreibermodellen, frühzeitig einzuplanen.

Auf Basis dieser ersten Erkenntnisse wird die Wärmequelle Seewasser Bodensee als grundsätzlich geeignet bewertet und in die weitere Variantenausarbeitung im Rahmen der Potenzialanalyse übernommen.

7.6 Beispielhafte Seethermie-Projekte am Bodensee

Entlang des Bodensees bestehen bereits zahlreiche realisierte sowie konkret geplante Projekte zur thermischen Nutzung von Seewasser. Diese Referenzen zeigen, dass Seethermie unter Einhaltung der bodenseespezifischen Umwelt- und Genehmigungsanforderungen technisch machbar, ökologisch verträglich und auch in historisch sensiblen Stadtbereichen umsetzbar ist.

Bregenz

Bregenz (AT) verfügt über eine der derzeit fortschrittlichsten Umsetzungen am Bodensee. Die Stadtwerke Bregenz betreiben seit 2025 eine Seewassernutzungs- und Anergieanlage zur Wärme- und Kälteversorgung des neuen Hallenbads sowie des Festspielhauses. In der ersten Ausbaustufe werden jährlich rund 3.300 MWh Wärme und 1.330 MWh Kälte bereitgestellt. Das System umfasst etwa 1.500 m Seeleitungen für Entnahme und Rückführung sowie rund 300 m landseitige Verteilleitungen. Die Seewasserentnahme erfolgt in Tiefen von rund 25–40 m, die Rückführung tiefer geschichtet. Untersuchungen des Landes Vorarlberg bestätigten bei Einhaltung der IGKB-Vorgaben keine relevanten ökologischen oder trinkwasserrelevanten Auswirkungen. Die Integration der Anlagen in den hochsensiblen Ufer- und Veranstaltungsbereich belegt die städtebauliche Verträglichkeit der Technologie. [Stadtwerke Bregenz]¹³ [igkb.org]¹⁴

Konstanz

Auf deutscher Seite nimmt Konstanz eine zentrale Rolle ein und ist mittlerweile als Schwerpunktstandort der Seethermie am Bodensee zu bewerten. Neben dem etablierten Einsatz von Seewasser zur Kühlung an der Universität Konstanz wird die Nutzung systematisch auf die kommunale Wärmeversorgung ausgeweitet. Besonders hervorzuheben ist der Wärmeverbund Bodensee-Therme, der überwiegend auf Umweltwärme aus dem Bodensee setzt. Die Wärmegewinnung erfolgt über Seewasserentnahme in etwa 20–40 m Tiefe, kombiniert mit Großwärmepumpen, Pufferspeichern sowie ergänzender Photovoltaik zur Eigenstromnutzung. Der Wärmeverbund soll im Endausbau einen jährlichen Wärmebedarf von rund 14–15 GWh decken; Ankercunden sind unter anderem die Bodensee-Therme, Kliniken Schmieder und weitere größere Einrichtungen im Umfeld. [Stadtwerke Konstanz]¹⁵, [konstanz.de]¹⁶

¹³ https://www.stadtwerke-bregenz.at/fileadmin/user_upload/user_upload/Dokumente/Regenerative_Energien/Interview_Original_Mit_Bodensee-wasser_die_Energiewende_schaffen.pdf

¹⁴ <https://www.igkb.org/daten-karten/thermische-nutzung-von-bodenseewasser>

¹⁵ <https://www.stadtwerke-konstanz.de/bauen-wohnen/aktuelles/waermeverbund-bodensee-therme/>

¹⁶ <https://www.konstanz.de/service/presse/pressemitteilungen/waermeverbund+therme>

Charakteristisch für Konstanz ist die abschnittsweise Entwicklung mehrerer Wärmeverbünde, jeweils mit separaten Machbarkeitsstudien pro Versorgungsgebiet. Nach Angaben der Stadtwerke und Projektpartner liegen die Kosten solcher Studien typischerweise im Bereich von ca. 50.000–100.000 € je Abschnitt, abhängig von Netzausdehnung, Genehmigungstiefe und Variantenuntersuchung. Auf dieser Grundlage werden projektbezogene Projektgesellschaften gegründet (z. B. „Wärmeversorgung Bodensee-Therme GmbH“), häufig in Kooperation zwischen kommunalen Stadtwerken und erfahrenen Energiedienstleistern. [Stadtwerke Konstanz]¹⁷, [konstanz.de]¹⁸

Für die Wirtschaftlichkeit spielen in Konstanz gezielt ermittelte Anschlussquoten eine zentrale Rolle. In innerstädtischen Bereichen – einschließlich altstadtnaher Quartiere – wurden in Untersuchungen Anschlussquoten von rund 80–90 % als realistisch eingeschätzt, sofern frühzeitige Eigentümeransprache und attraktive Anschlussmodelle umgesetzt werden. In weniger dicht bebauten Gebieten (z. B. periphere Wohnlagen) werden Anschlussquoten von etwa 60 % angenommen. Für stark lastkonzentrierte Areale mit Ankerkunden – wie im Umfeld der Bodensee-Therme – werden Quoten von etwa 75 % angesetzt, was insbesondere für die Absicherung der Grundlast entscheidend ist. [swr.de]¹⁹, [schwaebische.de]²⁰

Schweiz

Einen hohen Übertragungswert für Lindau besitzen außerdem Schweizer Referenzen, da diese häufig in historisch gewachsenen Stadtstrukturen umgesetzt werden. Schaffhausen verfügt über eine national bedeutende denkmalgeschützte Altstadt mit vergleichbaren Anforderungen an Stadtbild, Archäologie und Bauabwicklung wie Lindau. Zwar wird dort primär Grund- und Flusswasser (Rhein) genutzt, jedoch im Rahmen mehrerer innerstädtischer Wärmeverbünde, darunter der Wärmeverbund Altstadt Nord. Planung und Umsetzung erfolgen abschnittsweise, unter intensiver Begleitung der Denkmalpflege und mit hoher Anschlussdichte im historischen Bestand. Die Projekte zeigen, dass zentrale Wärmenetze mit Umweltwärme auch in sensiblen Altstadtbereichen technisch und genehmigungsrechtlich darstellbar sind. [stadt-schaffhausen.ch]²¹, [sh.ch]²²

Weitere Projekte, etwa in Rorschach (SG) oder geplante Vorhaben in Meersburg, Überlingen und weiteren Bodensee Gemeinden, unterstreichen die breite Anwendbarkeit der Technologie. Gleichzeitig zei-

¹⁷ <https://www.stadtwerke-konstanz.de/bauen-wohnen/aktuelles/waermeverbund-bodensee-therme/>

¹⁸ <https://www.konstanz.de/service/presse/pressemitteilungen/waermeverbund+therme>

¹⁹ <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/seethermie-konstanz-spatenstich-teilorte-waermenetz-100.html>

²⁰ <https://www.schwaebische.de/regional/bodensee/friedrichshafen/alle-wollen-mit-wasser-aus-dem-bodensee-heizen-kann-das-funktionieren-2526179>

²¹ <https://www.stadt-schaffhausen.ch/laufendeprojekte/61967>

²² <https://sh.ch/CMS/Webseite/Kanton-Schaffhausen/Beh-rde/Verwaltung/Baudepartement/Amt-f-r-Denkmalpflege-und-Arch-ologie/Denkmalpflege-Schaffhausen-3606-DE.html>

gen zurückgestellte Projekte – etwa in Romanshorn – dass die Wirtschaftlichkeit stark von Wärmebedarfsdichte, verbindlichen Anschlusszusagen und geeigneten Betreiberstrukturen abhängt. [rorschacherecho.ch]²³, [seespiegel.org]²⁴

Zusammenfassend belegen die Referenzen:

Seethermie ist am Bodensee eine erprobte, genehmigungsfähige und skalierbare Technologie. Projekte wie Konstanz zeigen, dass eine Umsetzung auch in altstadtnahen und denkmalgeschützten Bereichen möglich ist, sofern sie abschnittsweise, stakeholderorientiert und wirtschaftlich abgesichert geplant wird. Diese Erkenntnisse sind unmittelbar auf die Rahmenbedingungen in Lindau übertragbar.

7.7 Oberflächennahe Geothermie & Grundwasser

Die Geothermie beschreibt etwa die Erdwärmennutzung mittels Erdwärmekollektoren, Erdwärmesonden oder die Nutzung der Wärme des Grundwassers. Im Folgenden liegt der Schwerpunkt auf der oberflächennahen Geothermie. Die grundsätzliche geothermische Eignung hängt von der Beschaffenheit des Bodens bzw. den Temperaturen im Untergrund sowie wasserwirtschaftlichen und -rechtlichen Rahmenbedingungen ab. Der Umweltatlas des Bayerischen Landesamtes für Umwelt zeigt, dass eine grundsätzliche Standorteignung für die Nutzung von Geothermie gegeben ist. Der Einsatz von Flächenkollektoren wird aufgrund des hohen Platzbedarfes als nicht umsetzbar eingeschätzt. Dasselbe gilt aufgrund technisch notwendiger Abstände zwischen Erdsonden und aufgrund der dichten Bebauung und geringen Freiflächenanteils für Erdsonden. In Einzelfällen können Erdwärmesonden eine mögliche Wärmequelle darstellen, jedoch keinen nennenswerten Beitrag zur Wärmeversorgung des Quartieres beitragen.

Die oberflächennahe Geothermie (Erdwärmesonden) sowie die Nutzung von Grundwasser mittels Wasser-Wasser-Wärmepumpen stellen grundsätzlich regenerative Wärmequellen dar. Ihre Eignung hängt jedoch maßgeblich von Flächenverfügbarkeit, Bohrbarkeit, Genehmigungsfähigkeit und der erforderlichen Leistungsdichte ab.

Überschlägige Einordnung Erdwärmesonden

Eine typische Erdwärmesonde mit ca. 150 m Tiefe kann erfahrungsgemäß eine jährliche Wärmemenge von etwa 15–18 MWh/a bereitstellen. Für den sicheren Betrieb ist je Sonde eine Abstands- und Schutzfläche erforderlich, die je nach geologischen und wasserrechtlichen Vorgaben bei etwa 10 × 10 m ($\approx 64 \text{ m}^2$) bis 12 × 12 m ($\approx 144 \text{ m}^2$) liegt.

²³ <https://rorschacherecho.ch/2023/05/31/infos-zu-seewasser-waermeverbund-anschluss-a1/>

²⁴ <https://seespiegel.org/thermische-nutzung-des-bodensees-aus-oekologischer-sicht-moeglich/>

Dem steht für die Insel Lindau ein jährlicher Wärmebedarf von rund 31.000 MWh/a gegenüber. Zur Deckung dieses Bedarfs wären überschlägig erforderlich:

- ca. 1.750–2.050 Erdwärmesonden (à 150 m),
- entsprechend ein Flächenbedarf von etwa
 - 112.000 m² (bei 64 m²/Sonde) bis
 - 295.200 m² (bei 144 m²/Sonde).

Bei einer Gesamtfläche der Insel von rund 520.000 m² entspräche dies einem Flächenanteil von etwa 22 % bis 57 % der gesamten Inselfläche, wobei realistisch eher der obere Bereich anzusetzen ist. Da große Teile der Insel bebaut, unterkellert, denkmalgeschützt oder aus wasser- und bodenschutzrechtlichen Gründen nicht bebohrbar sind, ist eine solche Flächeninanspruchnahme praktisch nicht umsetzbar.

Grundwasser-Wärmepumpen

Für Grundwasser-Wärmepumpen gelten sehr ähnliche Randbedingungen. Auch hier sind ausreichende Entnahme- und Schluckbrunnenabstände, wasserrechtliche Genehmigungen sowie Flächen für Brunnen, Technik und Leitungen erforderlich. Aufgrund der sehr hohen Wärmedichte des Quartiers – deutlich höher als in Neubaugebieten – reicht die verfügbare, nutzbare Fläche auch für eine flächendeckende Grundwasser-Wärmepumpenversorgung nicht aus.

Einordnung im Quartierskontext

Sowohl Erdwärmesonden als auch Grundwasser-Wärmepumpen sind daher für die Insel Lindau keine geeignete quartiersweite Versorgungsoption. Die hohe Wärmedichte, der historische Gebäudebestand und die stark eingeschränkte Flächenverfügbarkeit unterscheiden das Quartier grundlegend von Neubaugebieten mit geringer Leistungsdichte. Einzelne Sonderlösungen sind theoretisch denkbar, ein substantieller Beitrag zur Wärmeversorgung des Quartiers kann mit diesen Technologien jedoch nicht geleistet werden.

7.8 Luft-Wasser-Wärmepumpen

Luft-Wasser-Wärmepumpen stellen grundsätzlich eine etablierte und regenerative Einzelgebäudelösung dar und werden insbesondere im Neubau sowie bei gut sanierten Ein- und Zweifamilienhäusern erfolgreich eingesetzt. Für das Quartier „Insel Lindau“ sind sie jedoch nur sehr eingeschränkt geeignet und stellen keine tragfähige quartiersbezogene Lösung dar.

Eignung als Einzelmaßnahme – Einschränkungen im historischen Bestand

Im dicht bebauten und vollständig denkmalgeschützten Ensemble der Insel Lindau bestehen erhebliche bauliche, gestalterische und technische Restriktionen für den Einsatz von Luft-Wasser-Wärmepumpen:

- **Denkmalschutz und Gestaltungssatzung:**
Außenaufgestellte Wärmepumpen sind entweder nicht genehmigungsfähig oder nur stark eingeschränkt zulässig, insbesondere wenn sie öffentlich sichtbar sind, in Erscheinung treten oder das historische Stadtbild beeinträchtigen. Auch Aufstellungen auf Dächern sind aufgrund von Sichtbarkeit, Statik und gestalterischen Vorgaben häufig nicht zulässig.
- **Lärmemissionen:**
Luft-Wasser-Wärmepumpen erzeugen betriebsbedingt Geräusche. In engen Gassen, Innenhöfen und hoch verdichteten Blockstrukturen ist die Einhaltung der Immissionsrichtwerte besonders anspruchsvoll. Dies stellt ein zentrales Genehmigungs- und Akzeptanzhindernis dar.
- **Irreführender Vergleich mit Neubau-EFH:**
Der häufig herangezogene Vergleich mit Neubauten oder sanierten Einfamilienhäusern ist für die Insel Lindau nicht übertragbar. Aufgrund des hohen spezifischen Wärmebedarfs im historischen Gebäudebestand liegen die erforderlichen Heizleistungen je Gebäude typischerweise um den Faktor 3 bis 5 höher. Entsprechend wären deutlich größere Außenaggregate notwendig, was Platz-, Lärm- und Gestaltungsprobleme weiter verschärft.
- **Elektrische Infrastruktur:**
Der Einsatz leistungsstarker Einzelwärmepumpen würde zu einer erheblichen zusätzlichen elektrischen Anschlussleistung führen. In vielen Fällen wären neue oder verstärkte Stromanschlüsse erforderlich. Die dafür notwendigen Tiefbau- und Straßenbauarbeiten in großer Stückzahl sind im historischen Stadtraum der Insel praktisch kaum vorstellbar.

Bewertung als zentrale oder quartiersbezogene Lösung

Auch als zentrale Lösung (z. B. größere Luft-Wasser-Wärmepumpen zur Versorgung mehrerer Gebäude) sind relevante Einschränkungen zu berücksichtigen:

- **Geringere Effizienz im Winter:**
Gerade in den Heizlastspitzen sinkt die Effizienz von Luft-Wasser-Wärmepumpen deutlich, da sie auf niedrige Außenlufttemperaturen angewiesen sind. Dies wirkt sich negativ auf Strombedarf, Betriebskosten und Netzauslegung aus.

- **Lärm und Platzbedarf:**
Zentrale Anlagen erfordern große Luftwärmetauscherflächen und entsprechend hohe Luftvolumenströme. Der hierfür notwendige Platz sowie die entstehenden Geräusche stellen im innerstädtischen, denkmalgeschützten Kontext der Insel ein erhebliches Hemmnis dar und können die Genehmigungsfähigkeit infrage stellen.
- **Städtebauliche Verträglichkeit:**
Im Gegensatz zu wasser- oder erdgekoppelten Systemen lassen sich großdimensionierte Luft-Wasser-Wärmepumpen nur schwer in den historischen Stadtraum integrieren, ohne das Erscheinungsbild nachhaltig zu verändern.

Einordnung im Quartierskontext

Zusammenfassend sind Luft-Wasser-Wärmepumpen für das Quartier „Insel Lindau“ allenfalls als punktuelle Einzellösungen in wenigen, besonders geeigneten Gebäuden denkbar. Als flächendeckende oder quartiersbezogene Versorgungsstrategie sind sie aufgrund von Denkmalschutz, Lärm, Platzbedarf, elektrischer Infrastruktur und Effizienz nicht geeignet.

Für die energetische Transformation der Insel sind daher gebündelte, quartiersbezogene Lösungen mit zentraler Wärmeerzeugung und hoher städtebaulicher Verträglichkeit – wie insbesondere die Nutzung von Umweltwärme aus dem Bodensee – deutlich besser geeignet, um sowohl die Klimaschutzziele der Stadt Lindau als auch die Anforderungen an Denkmalschutz und Stadtbild zu erfüllen.

8 Wärmeversorgung im Quartier

In diesem Kapitel werden die möglichen Versorgungsansätze systematisch untersucht und hinsichtlich ihrer technischen, wirtschaftlichen und ökologischen Auswirkungen bewertet. Folglich wird aufgezeigt, wie sich unterschiedliche Varianten unter den gegebenen Rahmenbedingungen im Quartier realisieren lassen und welche Rollen sie im Gesamtkonzept einnehmen können. Ziel ist es, eine nachvollziehbare Grundlage für die Auswahl einer geeigneten Wärmeversorgungsstrategie zu schaffen.

8.1 Bedarf & Rahmenbedingungen

Die Rahmenbedingungen eines Quartieres bestimmen die nutzbaren Potenziale. Wichtige Faktoren sind der ermittelte Endenergiebedarf, die Art der zu versorgenden Verbraucher, bestehende Infrastruktur und Umweltgegebenheiten.

Wärme- und Temperaturbedarf

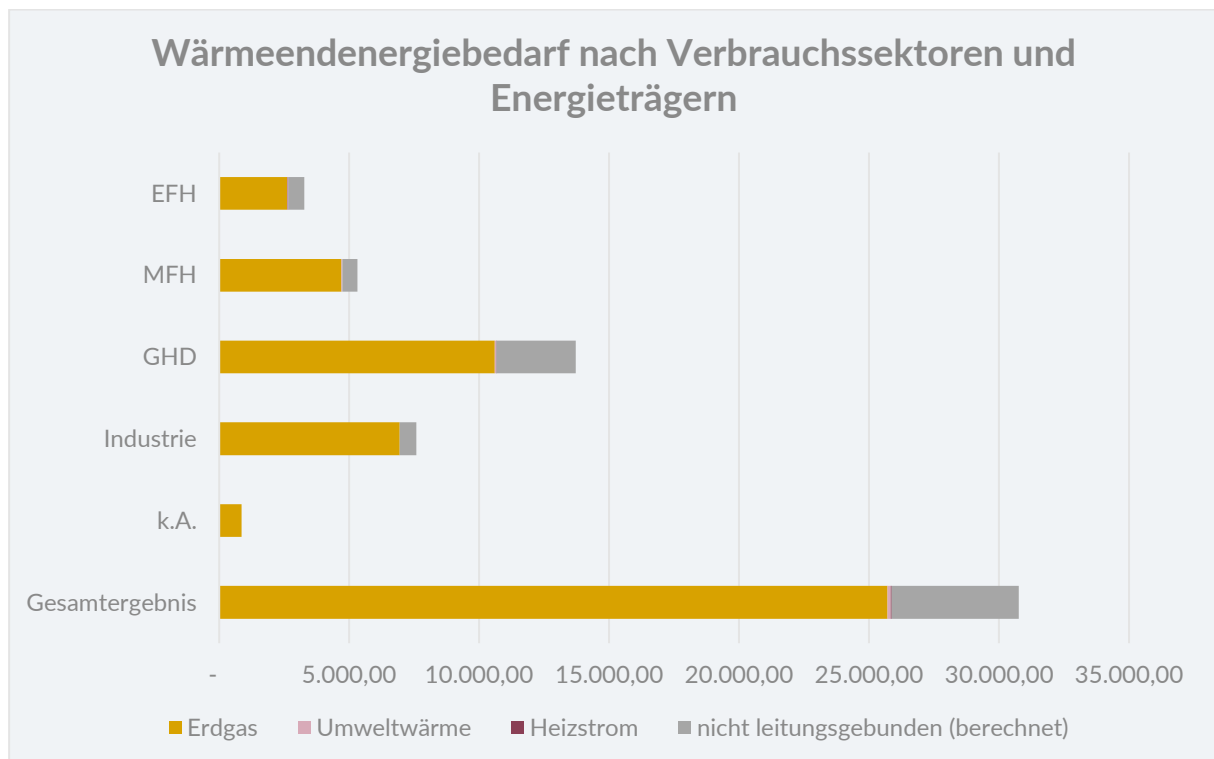


Abbildung 29 Wärmebedarf nach Verbrauchssektor & Energieträger

Der witterungsbereinigte Endenergiebedarf Wärme ist in der Energie- und CO₂-Bilanz auf 30.763 kWh/a ermittelt worden. Dies ist folglich der Wärmebedarf der zum aktuellen Stand des Quartiers durch eine umgestellte Wärmeversorgung gedeckt werden muss. Dabei handelt es sich nicht um einen statischen, sondern einen dynamischen Wert der jährlichen Schwankungen unterliegt, obgleich eine Witterungsbereinigung durchgeführt wurde. Dennoch stellt der Wert eine geeignete Grundlage für die weitere Betrachtung dar. Eine Reduktion des Wärmebedarfs durch potenzielle zukünftige Sanierungen des Gebäudebestandes bleiben unberücksichtigt. Eine Prognose zum zukünftigen Wärmebedarf ist nicht vorgenommen worden.

Neben dem Wärmebedarf ist die Höhe des benötigten Temperaturniveau ein entscheidender Faktor zur Eignung von Wärmeversorgungs-lösungen. Aufgrund des festgestellten Gebäudebestandes wird davon ausgegangen, dass ein Temperaturniveau von ca. 65 – 70 °C im Maximum erforderlich ist. Die nachfolgende Grafik zeigt, wie sich der Wärmebedarf auf die Energieträger aufteilt. Grundlage hierfür sind hauptsächlich Erdgas-Verbrauchsdaten für die Insel. Es ist deutlich erkennbar, dass der Großteil (>80%) der Wärme durch den Einsatz von Erdgas erzeugt wird. Der nächstgrößte Anteil von ca. 16% der nicht-leitungsgebundenen Wärmeerzeugung ist ein Mix aus Heizöl, evtl. Pellets und evtl. dezentralen Wärmepumpen. Aufgrund des durchschnittlichen hohen Alters der Gebäude wird die Annahme getroffen, dass diese ca. 16% hauptsächlich durch Heizöl Wärme erzeugen.

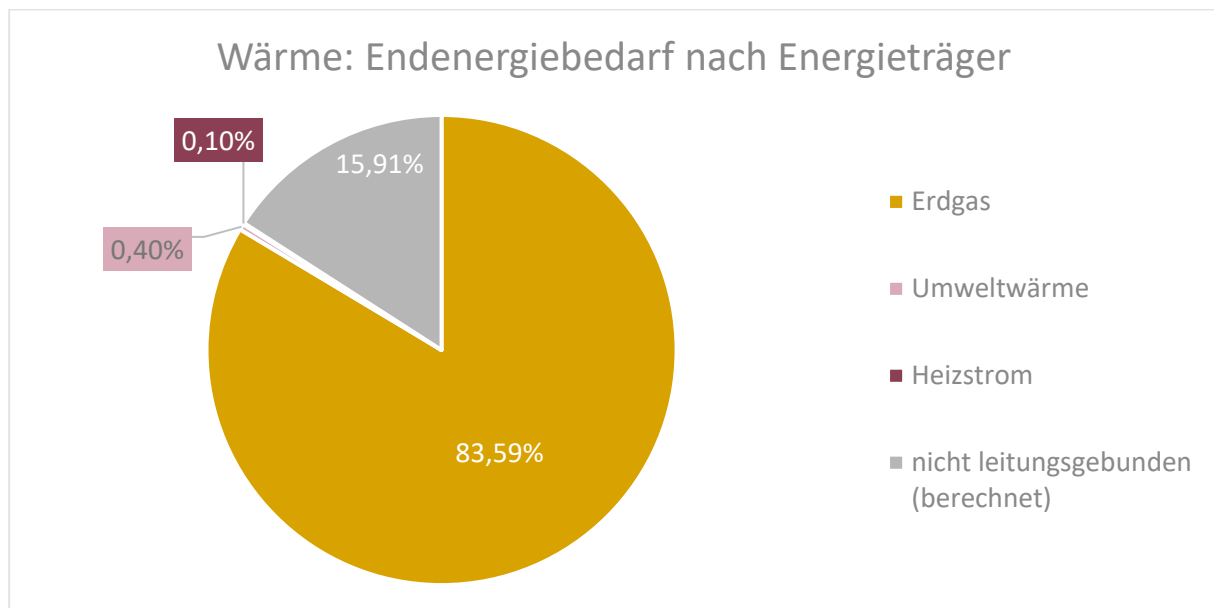


Abbildung 30 Wärmebedarf nach Energieträger

Bau im Bestand, Denkmalschutz und Umwelteinflüsse

Die Insel Lindau zeichnet sich durch eine historisch gewachsene Bebauungsstruktur aus, die durch eine hohe bauliche Dichte und damit einer hohen Wärmedichte sowie zahlreiche denkmalgeschützte Gebäude bestimmt wird. Die vorhandenen Freiflächen sind begrenzt und überwiegend durch öffentliche Nutzungen, Verkehrsflächen und kleinteilige Innenhöfe geprägt, wodurch sie nur eingeschränkt für technische Infrastrukturen oder zusätzliche Energieanlagen zur Verfügung stehen.

Politischer Rahmen und Akzeptanz

Da die Wärmeversorgung einen wesentlichen Einfluss auf die Treibhausgasemissionen des Quartiers hat, gilt es bei der Untersuchung von Wärmelösungen, das politische Ziel der Stadt Lindau, Klimaneutralität im Jahr 2035 zu erreichen, besonders zu beachten. Gleichzeitig ist die Akzeptanz der Bürger bzw. Gebäudebetreiber ein wichtiges Thema. Beispielsweise sind Wärmenetzlösungen wesentlich abhängig von der Anschlussquote der Gebäude. Es ist entscheidend die Bürgerinnen und Bürger früh in den Prozess der Überlegungen einzubeziehen.

Zentrale vs. Dezentrale Wärmeerzeugung

Die zukünftige Wärmeversorgung stellt einen zentralen Baustein für die Entwicklung eines klimaneutralen Quartiers dar. Für das betrachtete Gebiet in Lindau ergeben sich hierbei besondere Rahmenbedingungen, die sowohl Chancen als auch Einschränkungen mit sich bringen und bei der Bewertung unterschiedlicher Versorgungsvarianten zwingend zu berücksichtigen sind. Insbesondere die historisch gewachsene Stadtstruktur, der hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude sowie die lagebedingten Potenziale an einem großen See unterscheiden Lindau deutlich von vielen anderen Kommunen.

Derzeit ist die Wärmeversorgung im Quartier überwiegend dezentral organisiert. Ein Großteil der Gebäude wird über erdgasbetriebene Einzelanlagen versorgt, die an ein zentrales Erdgasverteilnetz angeschlossen sind. Die Wärmeerzeugung selbst erfolgt jedoch gebäudeindividuell. Dieses System bietet grundsätzlich eine hohe Flexibilität für einzelne Eigentümer, führt jedoch langfristig zu Herausforderungen im Hinblick auf Klimaschutzziele, Investitionssicherheit und städtebauliche Verträglichkeit.

8.2 Dezentrale Wärmeherzeugung – Ausgangslage und Alternativen

Bei einer Beibehaltung oder Weiterentwicklung der dezentralen Struktur bestehen grundsätzlich mehrere Optionen, etwa der individuelle Austausch bestehender Erdgasheizungen oder ein Brennstoffwechsel innerhalb des Gasnetzes, beispielsweise hin zu Biomethan, sowie der Einsatz dezentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen.

Diese Ansätze sind mit verschiedenen Vor- und Nachteilen verbunden:

Vorteile

- Hohe Entscheidungsfreiheit für Eigentümer: Investitionen können individuell, zeitlich flexibel und objektspezifisch umgesetzt werden.
- Keine Abhängigkeit von einem zentralen Betreiber oder Versorgungsnetz.

Nachteile

- Der Einsatz dezentraler Luft-Wasser-Wärmepumpen ist im Quartier häufig denkmal- und städtebaulich problematisch, etwa aufgrund von Schallemissionen, Platzbedarf oder Eingriffen in Fassaden und Außenbereiche.
- Für den Anschluss von dezentralen Luft-Wasser-Wärmepumpen müssen wahrscheinlich die elektrischen Leitungen zu den Gebäuden erneuert werden, wenn die Dimension nicht für den erhöhten Leistungsbedarf ausreicht.
- Ein Umstieg auf Biomethan führt bilanziell zwar zu einer Reduktion fossiler Emissionen, jedoch nicht zu einer vollständig klimaneutralen Wärmeversorgung, insbesondere unter Berücksichtigung der Vorketten.
- Die langfristige Verfügbarkeit von Biomethan sowie dessen Preisentwicklung sind unsicher und stark vom zukünftigen Markt- und Förderumfeld abhängig.
- Dezentrale Lösungen führen häufig zu heterogenen technischen Standards, unterschiedlichen Versorgungssicherheiten und langfristig höheren Gesamtkosten auf Quartiersebene.

Vor diesem Hintergrund ist die rein dezentrale Weiterentwicklung der Wärmeversorgung zwar grundsätzlich möglich, jedoch mit strukturellen Unsicherheiten und Einschränkungen verbunden, insbesondere im sensiblen Kontext einer historischen Inselstadt.

8.3 Zentrale Wärmeerzeugung – Wärmenetze als Alternative

Als strategische Alternative zur dezentralen Versorgung bietet sich die zentrale Wärmeerzeugung über ein Wärmenetz an. Dabei kann die Wärme – je nach Konzept – über klassische Warmwassernetze oder über kalte bzw. anergiebasierte Netze bereitgestellt werden. Die konkrete Ausgestaltung hängt von der jeweils eingesetzten Erzeugungstechnologie ab und wird in den folgenden Unterkapiteln anhand mehrerer Varianten vertieft betrachtet.

Vorteile

- Für Endkundinnen und Endkunden fallen in der Regel lediglich einmalige Anschlusskosten sowie laufende Wärmekosten an; Investitionen in eigene Heizkessel sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten entfallen.
- Betrieb, Wartung und Entstörung der Erzeugungsanlagen liegen vollständig beim Wärmenetzbetreiber, was die Betriebssicherheit erhöht.
- Hohe Förderfähigkeit zentraler Wärmenetze, insbesondere durch die Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW), mit Zuschüssen von mindestens 40 % der Investitionskosten, projektabhängig auch darüber hinaus.

Nachteile

- Hohe Anfangsinvestitionen für den Aufbau von Erzeugungsanlagen und Leitungsnetzen, die zunächst durch den Betreiber vorzufinanzieren sind.
- Erhöhter Planungs- und Abstimmungsaufwand, insbesondere im innerstädtischen und denkmalgeschützten Bereich.

Für Lindau sprechen mehrere strukturelle Eigenschaften klar zugunsten einer netzgebundenen Lösung. Die Insel weist eine historisch gewachsene, sehr dichte Bebauungsstruktur mit hoher funktionaler Durchmischung (Wohnen, Handel, Gastronomie, Tourismus) auf, wodurch grundsätzlich eine hohe Wärmedichte zu erwarten ist. Gleichzeitig begrenzen Denkmalschutz- und Gestaltungsvorgaben die Möglichkeiten tiefgreifender energetischer Eingriffe an Gebäuden, erlauben jedoch weiterhin moderate, denkmalverträgliche Effizienzverbesserungen (z. B. Dach/Decken/Fenster).

Für die Umsetzung eines Wärmenetzes ist in Lindau jedoch der öffentliche Raum ein kritischer Erfolgsfaktor. In Teilen der Insel sind historisch wertvolle Straßenräume betroffen. Tiefbauarbeiten können dort bodendenkmalpflegerische Auflagen auslösen (z. B. archäologische Begleitung, Dokumentationspflichten). Diese Anforderungen sind fachlich geregelt und werden von der Bodendenkmalpflege entlang des

gesamten Verfahrens (von der Planung bis zur Dokumentation) begleitet.²⁵ Je nach Lage und Befundlage kann dies zu zusätzlichen Zeitbedarfen und Terminrisiken führen; dies trifft jedoch nicht auf alle Straßenzüge gleichermaßen zu und ist abschnittsweise zu differenzieren. Für den Projektfahrplan bedeutet dies: bodendenkmalrelevante Bereiche sind frühzeitig zu identifizieren, in der Terminplanung mit geeigneten Puffern zu berücksichtigen und mit den zuständigen Stellen früh abzustimmen, um Risiken planbar zu machen.

Gleichzeitig entstehen daraus Synergiechancen, da die erforderliche Wiederherstellung bzw. Umgestaltung von Oberflächen mit der Leitungsbauplanung zusammengeführt werden kann. Im Zuge der Wärmenetz-Trassen lassen sich – je nach Straßenzug – weitere Infrastrukturmaßnahmen (z. B. Anpassungen oder Stilllegungen von Gasleitungen, Erneuerung von Stromkabeln sowie gegebenenfalls Maßnahmen an Regenwasser- und Abwassersystemen) bündeln. Dies erhöht zwar den Koordinations- und Abstimmungsaufwand, kann aber wiederholte Aufgrabungen vermeiden, Bauzeiten je Straßenzug reduzieren und Kosten für Baustelleneinrichtung, Verkehrsführung und Oberflächenwiederherstellung zwischen Gewerken teilen.

Aus Sicht der Klimaresilienz kann die Oberflächengestaltung zudem einen zusätzlichen Nutzenhebel darstellen. In der Klimaanpassung wird die Umgestaltung öffentlicher Räume (u. a. Erhalt/Qualifizierung von Grün- und Freiräumen, Regenwasserrückhalt, Hitzevorsorge) als wirksamer Ansatz beschrieben und über entsprechende Programme unterstützt. Darüber hinaus zeigen wissenschaftliche Untersuchungen, dass reflektivere („hellere“) Beläge („cool pavements“) die Oberflächentemperaturen gegenüber dunklen Belägen reduzieren können; die konkrete Eignung ist jedoch standort- und gestaltungsabhängig und im Kontext Denkmalschutz sowie der stadtgestalterischen Ziele abzuwägen. Förderseitig sind im Bereich Klimaanpassung unterschiedliche Kulissen relevant, beispielsweise Bundesprogramme zur Anpassung urbaner Räume sowie Förderrichtlinien zur Klimaanpassung; auf Landesebene bestehen ergänzende Förderansätze (z. B. Klimaschutz/Klimaanpassung in Kommunen), deren konkrete Verfügbarkeit und Anwendbarkeit projektbezogen zu prüfen ist.

Hinzu kommt, dass sich der Wärmebedarf im Quartier langfristig nur begrenzt verändern wird: Die städtebaulichen Strukturen sind weitgehend fixiert, größere Nutzungsänderungen oder Neubaugebiete sind nicht zu erwarten. Daraus resultiert eine vergleichsweise stabile und gut prognostizierbare Wärmenachfrage, die für den wirtschaftlichen Betrieb eines Wärmenetzes günstige Rahmenbedingungen schafft.

²⁵ <https://rorschacherecho.ch/2023/05/31/infos-zu-seewasser-waermeverbund-anschluss-a1/>

Schließlich ist die touristische Prägung der Insel bei der Bauphasenplanung besonders relevant. Baustellen im öffentlichen Raum sind insbesondere in saisonalen Spitzenzeiten sensibel, weshalb abschnittsweise Bauabläufe, Logistikkonzepte und eine proaktive Kommunikation erforderlich sind. Umgekehrt kann die Transformation als sichtbares Zukunftsprojekt („klimaneutrale Insel“) die Akzeptanz temporärer Beeinträchtigungen erhöhen, sofern sie transparent vermittelt und bauorganisatorisch gut gesteuert wird. Lindau sprechen jedoch mehrere strukturelle Eigenschaften klar zugunsten einer netzgebundenen Lösung. Der hohe Anteil denkmalgeschützter Gebäude schränkt die Möglichkeiten tiefgreifender energetischer Sanierungen zwar ein, erlaubt jedoch dennoch moderate Effizienzverbesserungen. Gleichzeitig führt der dichte, durch den kompakten Stadtgrundriss zu einer hohen Wärmelinien- und Wärmedichte, also zu einem hohen Wärmebedarf pro Meter Straße sowie pro Quadratmeter genutzter Fläche. Diese beiden Kennwerte gelten als zentrale Erfolgsfaktoren für den wirtschaftlichen Betrieb von Wärmenetzen.

Vor diesem Hintergrund werden in den folgenden Unterkapiteln unterschiedliche Varianten der zukünftigen Wärmeversorgung vorgestellt und bewertet – darunter sowohl dezentrale Ansätze als auch netzgebundene Lösungen. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Variante mit Seethermie, die aufgrund der Lage Lindaus am Bodensee ein spezifisches, lokal verfügbares und langfristig stabiles Erzeugungspotenzial darstellt.

8.4 Ankerkunden im Wärmenetz

Der wirtschaftliche und betrieblich stabile Aufbau eines neuen Wärmenetzes – insbesondere bei investitionsintensiven Erzeugungsformen wie der Nutzung von Seethermie – setzt in der Regel das Vorhandensein sogenannter Ankerkunden voraus. Unter Ankerkunden werden größere Wärmeabnehmer verstanden, die durch einen hohen, ganzjährig vergleichsweise konstanten und langfristig gesicherten Wärmebedarf maßgeblich zur Auslastung der Erzeugungsanlagen und Netzinfrastruktur beitragen.

Bedeutung von Ankerkunden für die Wirtschaftlichkeit

Ankerkunden übernehmen im Wärmenetz mehrere zentrale Funktionen:

- **Grundlastabsicherung:** Sie stellen einen kontinuierlichen Wärmeabsatz sicher und erhöhen damit die jährlichen Vollbenutzungsstunden der Erzeugungsanlagen.
- **Risikominimierung:** Durch langfristig planbare Abnahmemengen sinken Erlös- und Nachfragerisiken, was insbesondere in der frühen Projektphase von hoher Bedeutung ist.
- **Wirtschaftlichkeit und Förderfähigkeit:** Eine hohe gesicherte Anschlussleistung wirkt sich positiv auf Wärmegestehungskosten, Investitionskennzahlen und die Bewertung im Rahmen von Förderprogrammen (z. B. BEW) aus.

- **Signalwirkung:** Der Anschluss großer Abnehmer erhöht die Akzeptanz bei weiteren Eigentümerinnen und Eigentümern und unterstützt die Erreichung höherer Anschlussquoten im Quartier.

Erfahrungen aus Referenzprojekten am Bodensee (u. a. Bregenz, Konstanz, Meersburg) zeigen, dass Seethermie-basierte Wärmenetze ohne verlässliche Großabnehmer häufig nicht die erforderliche Wirtschaftlichkeit erreichen. Projekte mit fehlender oder unsicherer Grundlast mussten teilweise zurückgestellt oder deutlich verkleinert werden (z. B. Arbon). Umgekehrt bilden Thermen, Hallenbäder, Verwaltungsgebäude oder größere Bildungseinrichtungen dort regelmäßig das Rückgrat erfolgreicher Netze.

Öffentliche Gebäude als potenzielle Ankerkunden auf der Insel Lindau

Auf der Insel Lindau befindet sich eine hohe Dichte öffentlicher und staatlicher Gebäude mit dauerhaftem Nutzungsprofil. Dazu zählen unter anderem Finanzämter, Gebäude der Bundespolizei, das Amtsgericht, der DB-Bahnhof sowie schulische Einrichtungen. Diese Gebäude weisen mehrere Eigenschaften auf, die sie aus Sicht des Quartierskonzepts als besonders geeignete Ankerkunden qualifizieren:

- Hoher und gut prognostizierbarer Wärmebedarf aufgrund kontinuierlicher Nutzung
- Langfristige Standortbindung und geringe Abwanderungswahrscheinlichkeit
- Sanierungs- und Modernisierungsverpflichtungen im Rahmen öffentlicher Bauunterhaltung
- Vorbild- und Signalwirkung für private Eigentümerinnen und Eigentümer im Quartier

Die im Rahmen des IEQK durchgeführte Eigentümer- und Bürgerumfrage unterstreicht dieses Potenzial. So zeigen die Ergebnisse u. a., dass ein hoher Anteil der Gebäude trotz beheizter Dachgeschosse weiterhin ungedämmte Außenwände aufweist und energetische Sanierungsreserven bestehen. Gleichzeitig wurde ein ausgeprägter Informations- und Beratungsbedarf zum Thema Wärmenetz festgestellt, was auf eine grundsätzliche Akzeptanzbereitschaft hindeutet. Öffentliche Gebäude können hier eine wichtige Rolle als Vorreiter und Orientierungspunkt einnehmen.

Abschätzung des Ankerkundenpotenzials

Auf Basis verfügbarer Gebäudedaten, typischer spezifischer Wärmebedarfe historischer Bestandsgebäude sowie fachlicher Erfahrungswerte wurde für zentrale öffentliche Gebäude auf der Insel eine erste überschlägige Abschätzung vorgenommen. Die nachfolgende Übersicht stellt angenommene Orientierungswerte dar und dient ausschließlich der Einordnung des Potenzials. Diese ersetzt keine objektscharfe Bestandsaufnahme.

Tabelle 11: Abschätzung Wärmebedarf öffentliche Gebäude

Gebäude	BGF	Spezifischer Wärmebedarf*	Jährlicher Wärmebedarf*	Sanierungsstatus
Finanzamt 1	4.500 m ²	180 kWh/m ² a	810 MWh/a	Denkmal, ungedämmt
Finanzamt 2	3.200 m ²	190 kWh/m ² a	608 MWh/a	Denkmal, teilsaniert
Bundespolizei	6.800 m ²	200 kWh/m ² a	1.360 MWh/a	hoher Sanierungsbedarf
Amtsgericht	5.200 m ²	185 kWh/m ² a	962 MWh/a	historisch, überw. ungedämmt
DB-Bahnhof	8.500 m ²	220 kWh/m ² a	1.870 MWh/a	Sanierungsbedarf bestätigt
Realschule	7.200 m ²	160 kWh/m ² a	1.152 MWh/a	Teildämmung
Grundschule	4.800 m ²	155 kWh/m ² a	744 MWh/a	vergleichsweise gut
Gesamt	40.200 m²	≈ 185 kWh/m²a	≈ 7.500 MWh/a	heterogen

* Alle Angaben beruhen auf Annahmen und typisierten Kennwerten. Für die weitere Projektentwicklung sind gebäudescharfe Verbrauchsdaten, installierte Heizleistungen (kW), geplante Heizungsersatz- oder Sanierungszeitpunkte sowie rechtliche Zuständigkeiten zu erheben.

Insgesamt ergibt sich daraus ein potenzieller gesicherter Wärmebedarf in der Größenordnung von etwa ca. 7.000 bis 12.000 MWh/a, der – bei entsprechender vertraglicher Bindung – eine tragfähige Grundlast für ein Wärmenetz auf der Insel darstellen könnte.

Strategische Einordnung für das Quartierskonzept

Angeichts des hohen Denkmalanteils, der eingeschränkten Alternativen für gebäudeindividuelle Lösungen (z. B. begrenzte PV-Potenziale, eingeschränkte Eignung für Luft-Wasser-Wärmepumpen) und der dokumentierten Sanierungsbedarfe ist der Netzanschluss öffentlicher Gebäude strategisch von zentraler Bedeutung. Er reduziert Projektrisiken, erhöht die Wirtschaftlichkeit und unterstützt die Zielerreichung der Stadt Lindau im Hinblick auf Klimaneutralität und Vorbildfunktion.

Für die weitere Projektentwicklung empfiehlt sich daher:

- eine frühzeitige Abstimmung mit den jeweiligen Gebäudeeigentümern und Bedarfsträgern,
- die gebäudescharfe Erhebung von Verbrauchs- und Leistungsdaten,
- sowie die Prüfung von zeitlicher Kopplung zwischen Gebäudesanierungen und Netzausbau.

Die Identifikation und Einbindung geeigneter Ankerkunden stellt damit einen wesentlichen Baustein für die erfolgreiche Umsetzung eines zukünftigen Wärmenetzes auf der Insel Lindau dar.

Neben einzelnen Großgebäuden ist für die Insel Lindau ein weiterer, strukturell bedeutsamer Aspekt hervorzuheben: Das Quartier weist nahezu flächendeckend eine sehr hohe Wärmedichte (kWh/m^2) sowie eine hohe Wärmeliniedichte (kWh/m Leitungslänge) auf. Diese ergibt sich aus der dichten, mehrgeschossigen Bebauung, der überwiegend historischen Bausubstanz mit teilweise unzureichendem energetischem Standard sowie der ausgeprägten Nutzungsdurchmischung aus Wohnen, Verwaltung, Bildung, Handel und Tourismus.

In der Wärmenetzplanung gelten hohe Wärmedichten und insbesondere hohe Wärmeliniedichten als zentrale Wirtschaftlichkeitsparameter, da sie zu einem hohen Wärmeabsatz pro laufendem Meter Netz führen und damit die spezifischen Investitionskosten (€/MWh) deutlich reduzieren. Die Insel Lindau erfüllt diese Voraussetzungen in weiten Teilen in besonderem Maße:

- geschlossene Blockrandbebauung
- kurze Leitungslängen zwischen Abnehmern
- geringe Abstände zwischen Gebäuden
- kaum flächenhafte Neubau- oder Verdünnungsstrukturen

Vor diesem Hintergrund können nicht nur einzelne Großgebäude, sondern auch zusammenhängende Baublöcke oder Gruppen benachbarter größerer Gebäude die Funktion von Ankerkunden übernehmen. Insbesondere Baublöcke mit überwiegend öffentlicher oder gewerblicher Nutzung sowie Mischnutzungsstrukturen mit ganzjährigem Wärmebedarf können gemeinsam eine vergleichbare Grundlast erzeugen wie ein einzelnes Großobjekt. Diese gebäudeübergreifenden Ankerkunden sind für historische Altstadtquartiere ein typisches und bewährtes Element erfolgreicher Wärmenetzprojekte.

Beispielhafte Einordnung: DB-Bahnhof als Ankerkunde

Ein Beispiel für einen solchen Ankerkunden stellt der DB-Bahnhof Lindau-Insel dar. Bahnhofsgebäude weisen typischerweise einen hohen, ganzjährigen Wärmebedarf auf (Wartesäle, Servicebereiche, Gewerbeeinheiten, technische Nebenräume) und verfügen zugleich nur über eingeschränkte Alternativen für gebäudeindividuelle erneuerbare Wärmelösungen. Für den Lindauer Inselbahnhof wurde in der Vergangenheit bereits Interesse an einer seethermiebasierten Wärmeversorgung signalisiert, was seine Eignung als beispielhafter Ankerkunde unterstreicht (Hinweis aus Projektumfeld; keine verbindliche Zusage).

In Kombination mit benachbarten öffentlichen Gebäuden oder angrenzenden Baublöcken kann der Bahnhof eine wesentliche Rolle bei der Absicherung der Grundlast und beim schrittweisen Netzausbau übernehmen. Solche Clusterlösungen sind insbesondere in dichten historischen Quartieren ein erprobter Ansatz, um Wärmenetze abschnittsweise aufzubauen und Investitionsrisiken zu minimieren.

Einordnung für die weitere Planung

Die hohe Wärme- und Wärmelinienichte der Insel Lindau erweitert den klassischen Ankerkundenbegriff: Neben einzelnen Großabnehmern sind räumlich konzentrierte Gebäudegruppen als funktionale Ankerkunden zu verstehen. Dies erhöht die planerische Flexibilität, verbessert die Wirtschaftlichkeit und ermöglicht eine modulare, abschnittsweise Entwicklung des Wärmenetzes, wie sie auch aus erfolgreichen Referenzprojekten am Bodensee bekannt ist.

Für die nächste Planungsebene (Machbarkeitsstudie / Vorplanung) empfiehlt sich daher:

- die baublockweise Betrachtung von Wärmedichten und Anschlussleistungen
- die Identifikation von Gebäude-Clustern mit Ankerfunktion
- sowie die Kombination einzelner Großgebäude (z. B. Bahnhof, Verwaltung, Schulen) mit angrenzenden Nutzungen zur Stabilisierung der Grundlast

8.5 Rahmenbedingungen zur Bewertung

Nachfolgend werden die Versorgungsvarianten näher beschrieben. In allen Varianten besteht die Anforderung, die Wärme für die Gebäudebeheizung und die Trinkwarmwasserbereitung bereitzustellen. Die Systemgrenze der Untersuchung ist die Übergabe der Wärme im Gebäude der Endnutzer. Nicht enthalten ist, in den dezentralen Varianten ohne Wärmenetz, die Verteilung der Wärme im Gebäude und die damit einhergehenden Bau- & Betriebskosten, welche auf die Technik nach der Wärmeübergabe bezogen sind. Es wird in allen Varianten ein System mit Pufferspeichern vorgesehen, um Bedarfsspitzen abzudecken. Grundlegend werden bei der Auslegung der Varianten die zwei folgenden Ziele verfolgt:

- Minimale Wärmegestehungskosten
- Erreichung der Klimaneutralität

Noch dazu wird eine möglichst geringe Umweltbelastung angestrebt. Diese wird anhand von CO₂-Emissionen (Äquivalente) bemessen, die aus den Energieeinsätzen entstehen.

Brennwertkessel

Die Einschätzung der Effizienz von Brennwertkesseln richtet sich nach den folgenden Aspekten.

- Angaben der Hersteller in Datenblättern etc.
- Statistische Werte

Wärmepumpen

Die Einschätzung der Effizienz der Wärmepumpen richtet sich nach den folgenden Aspekten.

- Physikalischen Grundlagen (Vgl. Carnot-Prozess)
- Auslegungsergebnissen von Wärmepumpen der jeweiligen Hersteller
- Angaben der Hersteller von Wärmepumpen in Datenblättern etc.
- Statistische Werte
- Simulationsergebnisse aus Berechnungssoftware zu diversen Projekten

8.6 V1: Dezentrale Kessel mit Erdgas

Die Variante 1 stellt keine Veränderung gegenüber der heutigen Versorgungssituation dar, sondern bildet den IST-Zustand (Referenzfall) für den Variantenvergleich ab. Im Quartier sind derzeit rund ca. 85 % der Gebäude mit erdgasbetriebenen Brennwertkesseln ausgestattet und über das bestehende Erdgasverteilnetz versorgt. Jedes Gebäude wird separat versorgt; ein Zusammenschluss in einem Wärmenetz besteht nicht. In dieser Variante wird folglich betrachtet, dass alle Gebäude weiterhin mit einer bestehenden bzw. erneuerten Gasheizung betrieben werden und die erforderliche Gas-Infrastruktur weiterhin zur Verfügung steht (Annahme).

Aus klimapolitischer Sicht ist V1 nicht geeignet, die kommunalen CO₂-Ziele (Klimaneutralität) zu erreichen. Der Einsatz fossilen Erdgases führt systembedingt zu fortgesetzten energiebedingten Emissionen und bleibt damit ein klarer Nachteil dieser Variante. V1 dient daher primär als Vergleichs- und Referenzbasis zur Bewertung der Transformationsvarianten und nicht als strategische Zielvariante.

Technisches Grundprinzip: Fast alle Gebäude sind mit Brennwertkesseln ausgestattet und setzen Erdgas aus dem Erdgasnetz ein. Hierbei wird kaum elektrische Energie zur Wärmebereitstellung benötigt. Die Kessel sind im jeweiligen Gebäude untergebracht.

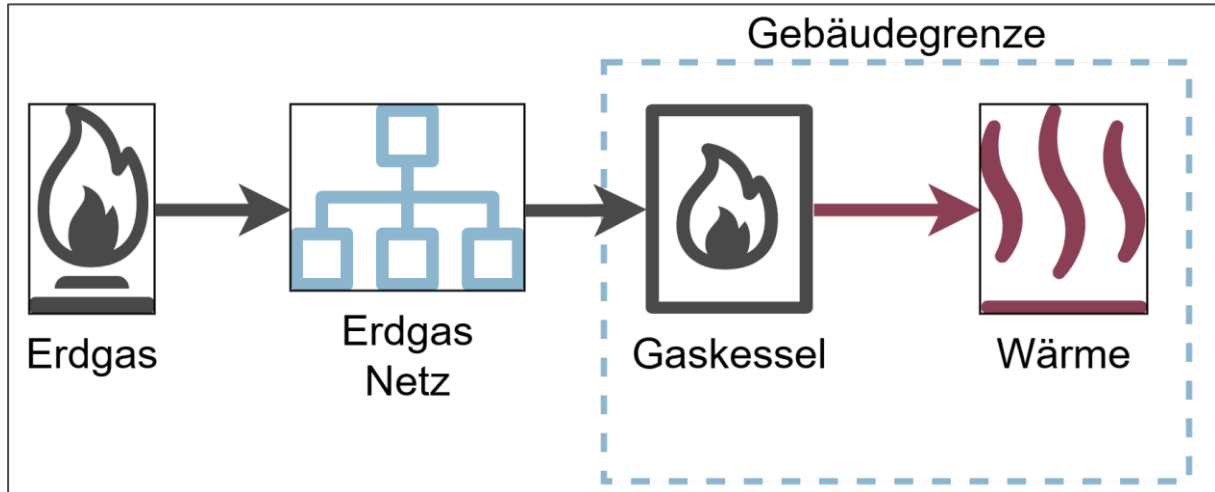


Abbildung 31 Schema Variante 1

Eckdaten der Auslegung:

Für die Deckung des Quartierswärmebedarfs werden Brennwertkessel mit einer Gesamtwärmeleistung von ca. 15 MW vorgesehen. Es wird ein Kesselwirkungsgrad von 92 % berücksichtigt. Da die Zustände der aktuell betriebenen Anlagen nicht bekannt sind, kann nur grob abgeschätzt werden, welche Kosten in den nächsten Jahren zur Erneuerung und Instandhaltung notwendig sind. Um eine möglichst gute Vergleichbarkeit zwischen den Varianten zu erreichen, werden Kosten für Komponenten in den nächsten 30 Jahren angenommen.

Wirtschaftlichkeit / Kosten – hohe Unsicherheiten

a) Investitionskosten / kapitalgebundene Kosten (Capex) – sehr hohe Unsicherheit nach oben

Die geschätzten Investitionskosten unterliegen in dieser Variante einer besonders hohen Unsicherheit, insbesondere nach oben, da wesentliche Eingangsgrößen im IST-Zustand nicht belastbar bekannt sind:

Zustand, Alter und Restlebensdauer der dezentralen Anlagen (und damit Zeitpunkt/Umfang von Ersatzinvestitionen) sind nicht systematisch erfasst.

Es ist unklar, wann bei welchen Gebäuden welche Kosten anfallen (Ersatz, Teilerneuerungen, Instandsetzungen, Schornsteinsanierung, Nebenaggregate etc.).

Die „laufenden kapitalgebundenen Kosten“ hängen zudem davon ab, wie Gebäudeeigentümer Investitionen finanzieren (Eigenkapital vs. Fremdkapital mit Zinsen und Tilgung). Daraus ergeben sich stark unterschiedliche jährliche Belastungen, die in einer Quartiersbetrachtung nur eingeschränkt pauschalisiert werden können.

b) Betriebskosten bzw. betriebsgebundene Kosten (Opex fix) – Datenlage nicht bekannt

Die laufenden, betriebsgebundenen Kosten (z. B. Wartung, Inspektion, Reparaturen, Schornsteinfeger, Betriebsführung) sind im IST-Zustand nicht zentral erfasst und daher in dieser frühen Phase nur eingeschränkt belastbar. Gerade bei einem heterogenen Bestand mit vielen Einzelanlagen ist zudem mit einer großen Spannweite von Wartungs- und Reparaturkosten zu rechnen.

c) Verbrauchskosten / bedarfsgebundene Kosten (Opex variabel) – starke Abhängigkeit von Gas- und CO₂-Preis

Die bedarfsgebundenen Kosten werden wesentlich durch den Erdgaspreis und durch die CO₂-Bepreisung fossiler Brennstoffe beeinflusst. Für den Gebäudebereich in Deutschland gilt hierfür insbesondere die nationale CO₂-Bepreisung nach BEHG (nationaler Emissionshandel), deren Festpreise bis 2025 ansteigen und ab 2026 in eine Preiskorridor-/Auktionsphase übergehen. Für 2025 ist ein Festpreis von 55 €/t CO₂ vorgesehen; 2026 erfolgt die Versteigerung in einem Preiskorridor mit Mindest- und Höchstpreis. Parallel dazu wird der europäische Emissionshandel (EU-ETS) weiter verschärft (u. a. durch eine deutlich stärkere jährliche Absenkung des Caps), was langfristig ebenfalls ein Signal für steigenden CO₂-Preisdruck darstellt.

Damit ist die Variante V1 langfristig kosten- und risikosensitiv gegenüber politischen Rahmenbedingungen und Marktentwicklungen (Gaspreinsniveau, CO₂-Kosten), die durch Gebäudeeigentümer kaum steuerbar sind. [dehst.de]²⁶ [climate.ec.europa.eu]²⁷

Bewertung

Kurzfristig erscheint V1 als vermeintlich „einfachste“ Lösung, weil keine Netze neu gebaut und keine grundlegenden Systemwechsel organisiert werden müssen. Diese kurzfristige Einfachheit ist jedoch mit langfristigen Risiken verbunden: fortgesetzte CO₂-Emissionen, steigende CO₂-Kosten, Unsicherheit bezüglich künftiger Gaspreise sowie hohe Intransparenz zu Investitions- und Betriebskosten im heterogenen Anlagenbestand. In der Gesamtabwägung ist V1 daher nicht als Transformationspfad, sondern als Referenzvariante zur Einordnung der Vorteile und Mehrwerte alternativer Versorgungsoptionen zu verstehen.

8.7 V2: Dezentrale Kessel mit Biomethan

Variante 2 entspricht technisch vollständig der Variante 1 (dezentrale Brennwertkessel in den Gebäuden, Versorgung über das bestehende Gasnetz). Der Unterschied liegt ausschließlich darin, dass bilanziell Biomethan statt fossilem Erdgas als Energieträger eingesetzt wird. Ein technischer Unterschied zwischen den Varianten 1 und 2 liegt nicht vor.

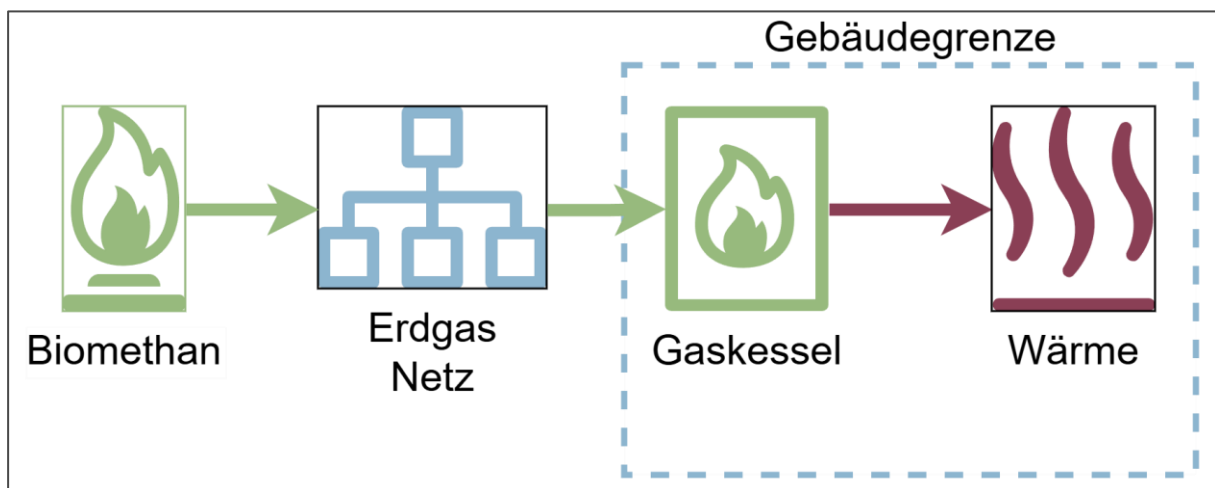


Abbildung 32 Schema Variante 2

²⁶ https://www.dehst.de/DE/Themen/nEHS/Verkauf-Versteigerung/verkauf-versteigerung_node.html

²⁷ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/carbon-markets/eu-emissions-trading-system-eu-ets/eu-ets-emissions-cap_en

Für die grundlegenden Annahmen zur Bereitstellung, Bilanzierung und Emissionsbewertung von Biomethan wird auf Kapitel der Potenzialanalyse „Biogas & Biomethan“ verwiesen:

- Biomethan = aufbereitetes Biogas in Erdgasqualität
- Nutzung ohne Umrüstung über Gasnetz und vorhandene Kessel
- Emissionsfaktor substrat-/nachweisabhängig
- in dieser Untersuchung als klimaneutral angesetzt
- GEG-Hinweis zu Vorkettenemissionen und Mindestaufschlag von 40 g CO₂-Äq/kWh)

Eckdaten der Auslegung

Es werden Brennwertkessel mit einer Wärmeleistung von insgesamt ca. 15 MW vorgesehen. Es wird ein Kesselwirkungsgrad von 92 % berücksichtigt.

Wirtschaftlichkeit / Risiken

- Hohe Preisunsicherheit: Der zukünftige Biomethanpreis ist schwer prognostizierbar; er hängt stark von Nachfrageentwicklung (Wärmemarkt, Industrie, Quotenmärkte), Zertifikatswerten und Verfügbarkeit ab. (Verweis Kap. 4.1)
- Verfügbarkeit unsicher: Aufgrund begrenzter Skalierbarkeit der Erzeugung und steigender Nachfrage ist die Langfrist-Verfügbarkeit in Deutschland/EU unsicher. (Verweis Kap. 4.1)
- Kostenstruktur sonst analog zu V1: Investitions- und Betriebskosten der dezentralen Kesselstruktur sowie die Unsicherheiten im Bestand gelten analog zu Variante 1 (Zustand der Anlagen, Ersatzzeitpunkte, Finanzierung, Wartungskosten).

Bewertung

Variante 2 ist kurzfristig organisatorisch einfach umsetzbar durch die Nutzung vorhandener Infrastruktur, bietet jedoch keine strukturelle Transformation der Wärmeversorgung. Die Klimawirkung und die Wirtschaftlichkeit hängen maßgeblich von verfügbaren Biomethanmengen, Preisbildung und Nachweis-/Regelwerksanforderungen ab. Für den Variantenvergleich ist V2 deshalb als „Minimal-Umstellung im Gasnetz“ einzuordnen.

8.8 V3: Wärmenetz mit Erdgas

In der Variante 3 wird eine zentrale Wärmeversorgung betrachtet. Das bedeutet, die Gebäude werden an ein zu errichtendes Wärmenetz angeschlossen, welches über Erdgaskessel befeuert wird. Es wird ein „warmes“ Netz betrachtet, mit einer Vorlauftemperatur von ca. 45 bis 75 °C. Zudem wird ein zentraler Pufferspeicher zur Spitzenlastabdeckung vorgesehen. Durch das Wärmenetz entstehen Gleichzeitigkeitseffekte, die es erlauben die Wärmeleistung und damit auch den Pufferspeicher wesentlich kleiner auszulegen als es in Variante 1 und 2 der Fall ist.

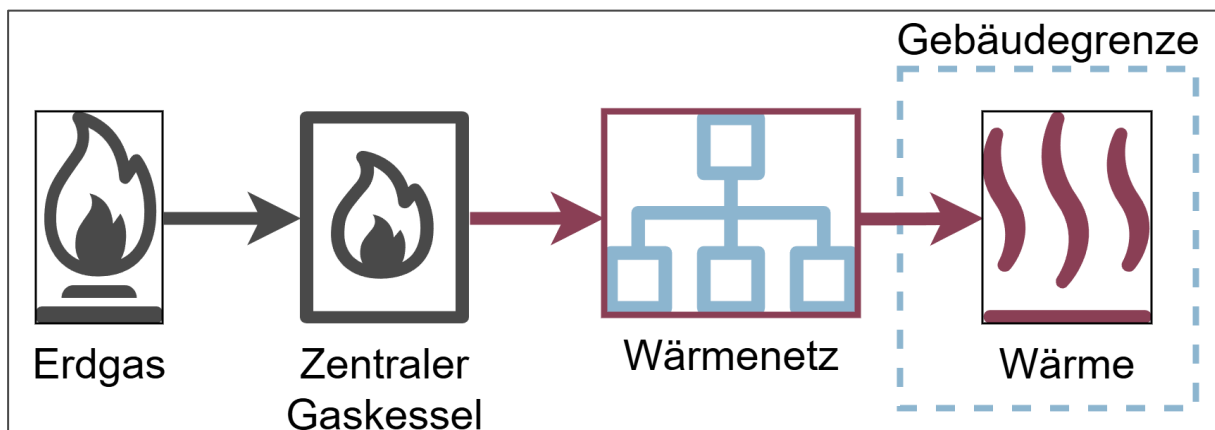


Abbildung 33 Schema Variante 3

Eckdaten der Auslegung

Es werden zentrale Erdgaskessel mit einer Wärmeleistung von insgesamt etwa 7 MW und Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von ca. 700 m³ vorgesehen. Die deutlich geringere Gesamtleistung gegenüber den Varianten 1 und 2 folgt aus der Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,6. Es wird ein Kesselwirkungsgrad von 92 % berücksichtigt.

8.9 V4: Wärmenetz mit Biomethan

Die Variante entspricht der Variante 3 mit der Änderung, dass bilanziell Biomethan an Stelle von Erdgas als Energieträger eingesetzt wird. Technisch gibt es keinen Unterschied. Die Unterschiede liegen in der Wirtschaftlichkeit aufgrund der unterschiedlichen Preise der Brennstoffe sowie der Ökologie durch die unterschiedlichen Emissionsfaktoren.

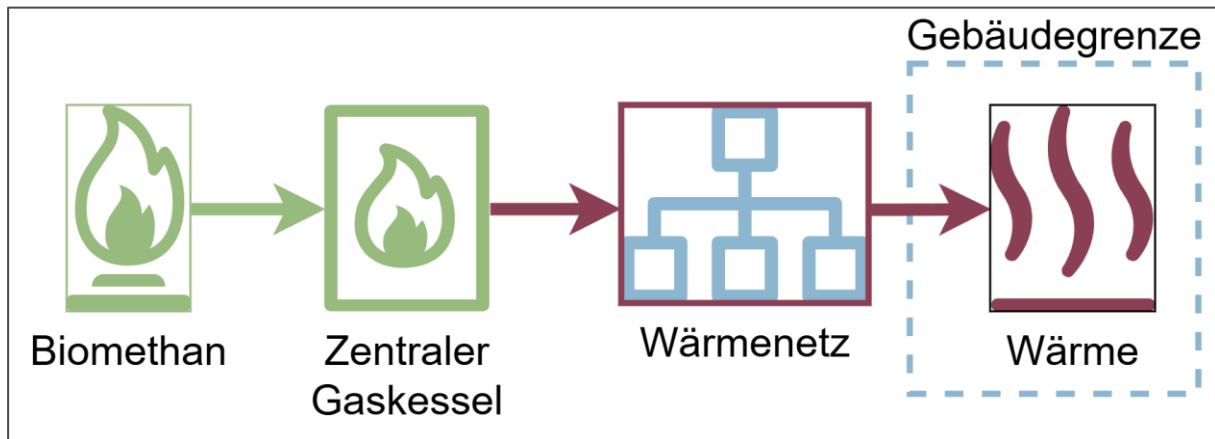


Abbildung 34 Schema Variante 4

Eckdaten der Auslegung

Es werden zentrale Erdgaskessel mit einer Wärmeleistung von insgesamt etwa 7 MW und Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von ca. 700 m³ vorgesehen. Die deutlich geringe Gesamtleistung gegenüber den Varianten 1 und 2 folgt, aus der Berücksichtigung eines Gleichzeitigkeitsfaktors von 0,6. Es wird ein Kesselwirkungsgrad von 92 % und ein thermischer Jahresnutzungsgrad von 90 % berücksichtigt.

8.10 V5: Wärmenetz mit Seethermie

In Variante 5 wird analog zu den Varianten 3 und 4 die Wärmeversorgung durch ein warmes Nahwärmenetz mit zentralen Wärmeerzeugern und Pufferspeichern untersucht. Allerdings werden hier zentrale Wärmepumpen als Wärmeerzeuger betrachtet. Als Wärmequelle für die Wärmepumpen wird der Bodensee erschlossen. Die Erschließung erfolgt durch die Hauptkomponenten Entnahme- und Rückführbauwerk sowie Wärmetauscher. Die entzogene Wärme wird über, mit Sole-Flüssigkeit durchströmte Verteilungen, der zentralen Wärmepumpe zugeführt, welche das Temperaturniveau auf die erforderliche Temperatur anhebt. Die Wärmeübergabe an die Gebäude findet in den Gebäuden mittels Übergabestationen statt.

Im Folgenden ist ein möglicher Aufbau für Variante 5 schematisch dargestellt, dabei sind die wesentlichen Komponenten der Bodensee als Wärmequelle, die zentrale Wärmepumpe und das Wärmenetz.

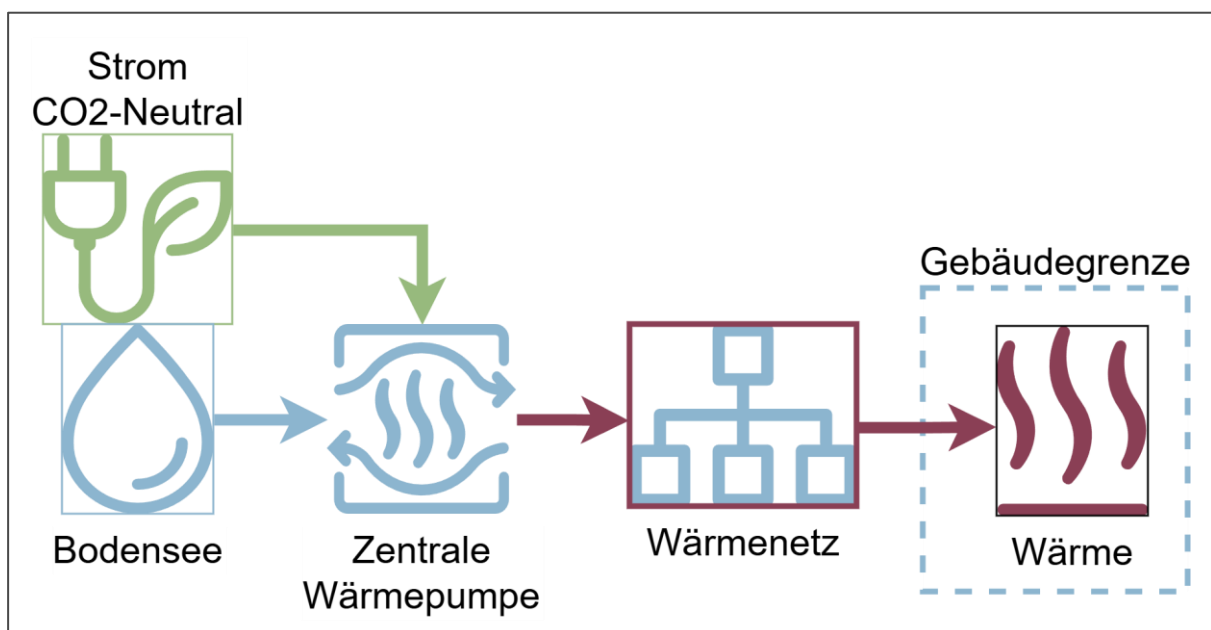


Abbildung 35 Schema Variante 5

Entscheidend für die Effizienz des Systems ist die Jahresarbeitszahl, die die zentralen Wärmepumpen erreichen. Diese sind entscheidend abhängig vom Temperaturhub zwischen Quellentemperatur (Seewasser) und angestrebter Netzvorlauftemperatur. Umso wichtiger ist eine passende Auslegung. Ein geringerer Temperaturhub führt zu einer höheren Effizienz (vgl. Carnot-Prozess), sodass eine höhere JAZ resultiert.

Im Zuge dieser Untersuchung wird für den zu versorgenden Gebäudebestand eine JAZ von 3,18 zu Grunde gelegt. Diese Zahl ist in Zusammenarbeit mit einem Wärmepumpenhersteller ermittelt worden. Hierbei wurden die Extremfälle untersucht, wenn die Wärmequelle die geringste Temperatur aufweist

(ca. 6 °C) und die Vorlauftemperatur im Wärmenetz maximal sein muss (75 °C). Die JAZ gibt das Verhältnis von eingesetztem Strom zu nutzbarer Wärme an, d.h. in diesem Fall, dass aus dem Einsatz einer kWh Strom 3,18 kWh nutzbare Wärme wird. Das Energiedelta ergibt sich durch die Nutzung der Umweltwärme (Seewasser). Aufgrund des energetischen Gebäudezustands sind keine nennenswerten Unterschiede im Temperaturbedarf zwischen Raumwärme und Trinkwarmwasser zu erwarten.

Da die spezifischen Kosten von Wärmepumpen (€ pro kW Heizleistung) im Vergleich zu Kesselanlagen eher hoch sind, wird das Ziel verfolgt, die Leistung der Wärmepumpen möglichst gering zu halten. Wie zuvor genannt, wurde in Zusammenarbeit mit einem Wärmepumpenhersteller ein geeignetes Gerät ausgelegt. Im Extremfall (6 °C Bodensee, 75 °C Netzzvorlauf) erreicht die Wärmepumpe eine Heizleistung von ca. 5,5 MW. Da solch hohe oder höhere Leistung sehr selten und für wenige Stunden vorkommen, kann die Versorgungssicherheit mit einem Pufferspeicher sichergestellt werden. Grundsätzlich sollte in nachfolgenden Planungsphasen das Ziel verfolgt werden, die Netzzvorlauftemperatur so weit wie möglich im Maximum zu senken. Dazu sind ggf. Anpassungen in den Gebäuden notwendig. Hohe Temperaturen von über 55 °C werden für die Vorbeugung von Legionellen im Trinkwassersystem benötigt. Durch die Reduktion des dauerhaft gespeicherten Trinkwarmwassers im Gebäude kann die notwendige Temperatur teilweise abgesenkt werden. Für die Raumwärme ist die benötigte Temperatur von mehreren Faktoren abhängig. Grob lässt sich jedoch sagen, dass ältere Gebäude mit geringer Sanierung eine eher hohe Vorlauftemperatur für die Raumwärme benötigen. Die Sanierung der vielen denkmalgeschützten Gebäude auf der Insel Lindau ist zur Senkung der benötigten Temperaturen somit wichtig. Hierdurch lässt sich die Effizienz der zentralen Wärmepumpe steigern und somit lassen sich die Kosten für Wärme durch einen geringeren Strombedarf der zentralen Wärmepumpe realisieren.

Eckdaten der Auslegung

Es werden zentrale Wärmepumpen mit einer Wärmeleistung von insgesamt etwa 5,5 MW und Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von ca. 700 m³ vorgesehen.

Betreiber- & Organisationslogik

Für die Umsetzung ist ein zentraler Betreiber (z. B. Stadtwerke oder Projektgesellschaft) erforderlich, der Erzeugung, Netzbetrieb und Wärmebelieferung verantwortet. Dies entspricht den Anforderungen förderfähiger Wärmenetzprojekte (z. B. BEW).

Genehmigungs- und Umsetzungsrisiken

Die Nutzung von Seewasser unterliegt wasserrechtlichen Genehmigungsverfahren sowie den bodenseespezifischen Vorgaben der IGKB. Diese stellen keinen Ausschlussfaktor dar, erfordern jedoch frühzeitige Behördenabstimmung und eine sorgfältige technische Planung.

Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlicher Systemvorteil: Durch die Kombination aus hoher Jahresarbeitszahl, Gleichzeitigkeitsfaktoren und zentralem Betrieb lassen sich langfristig stabile und vergleichsweise gut kalkulierbare Wärmegestehungskosten erzielen.

Abhängigkeit Strompreis: Die Wirtschaftlichkeit der Variante ist maßgeblich vom Strompreis abhängig, bietet jedoch gleichzeitig Potenzial zur Optimierung durch Eigenstromerzeugung, Langfristverträge oder zeitvariable Fahrweisen.

Bewertung

Variante 5 stellt unter den untersuchten Optionen die strukturell nachhaltigste und langfristig strategisch geeignetste Wärmeversorgung für das Quartier dar. Sie ermöglicht eine weitgehend klimaneutrale Versorgung unter Nutzung eines lokal verfügbaren, dauerhaft stabilen Umweltwärmepotenzials.

8.11 Bewertungsmethodik der Versorgungsvarianten

Für die vorgestellten Versorgungsvarianten sind jeweils Systemauslegungen vorgenommen worden, die den Wärmebedarf des Gebäudebestandes des Quartiers abdecken. Die Leistung der Wärmeerzeuger in den dezentralen Lösungen entsprechen demnach dem berechneten maximalen Leistungsbedarf des Quartiers. Bei den zentralen Lösungen ist ein Gleichzeitigkeitsfaktor berücksichtigt worden. Dieser ermöglicht die Berücksichtigung des Effektes von Wärmenetzen, dass nicht alle Verbraucher zur gleichen Zeit ihre maximale Leistung benötigen. Dadurch ist der Leistungsbedarf bei Wärmenetzen geringer als der summierte Leistungsbedarf bei der dezentralen Versorgung der einzelnen Gebäude. Es ist ein Gleichzeitigkeitsfaktor von 65 % berücksichtigt worden. Allerdings sind Wärmenetze verlustbehaftet, welche zusätzlichen Wärmebedarf verursachen und in der Berechnung berücksichtigt wurden. Aus den Auslegungen der Systeme und dem zu deckenden Wärmebedarf ergeben sich die Strom- und Brennstoffbedarfe der Wärmeerzeuger.

Verglichen werden die Systeme unter der Annahme, dass der gesamte Wärmebedarf durch die in der jeweiligen Variante berücksichtigten Technologien vollständig versorgt werden. Bestimmte berechnete Kennwerte erlauben anschließend den Vergleich. Ergänzend hierzu sind die Kennzahlen der zentralen Lösung mit Seethermie bei unterschiedlichen Anschlussquoten bewertet worden (60%, 80%, 100%). Die entscheidenden Kennzahlen eines Wärmenetzes sind entscheidend von der Anschlussquote abhängig. Eine Anschlussquote von 60 % bedeutet, dass sich 60 % der Gebäude dem Netz anschließen und 60 % des Gesamtwärmebedarfes des Quartiers gedeckt werden müssen.

8.12 Wärmeerzeugung Zusammenfassung der Auslegung

Nachfolgend sind die wichtigsten Auslegungsdaten der Versorgungsvarianten dargestellt. Die zentralen Versorgungsvarianten V3 bis V5 sind unter Berücksichtigung einer Anschlussquote von 60% bewertet worden.

Tabelle 12: Übersicht Auslegung der Varianten

	Dez. Kessel Erdgas V1	Dez. Kessel Biomethan V2	Wärmenetz Erdgas V3	Wärmenetz Biomethan V4	Wärmenetz Bodensee V5	Einheit
Wärmeerzeugungleistung	15	15	7	7	5,5	MW
Erzeugte Jahreswärmemenge	31	31	22	22	22	GWh/a
Leistungsziffer Wärmepumpe (JAZ)	-	-	-	-	3,18	-
Strombedarf WP	-	-	-	-	6,9	GWh/a

8.13 Fördermöglichkeiten

Die einzelnen Energieversorgungsvarianten können durch unterschiedliche Förderprogramme subventioniert werden.

Bundesförderung für effiziente Wärmenetze (BEW)

Über das Programm „Bundesförderung für effiziente Wärmenetze“ (BEW) der BAFA werden innovative Wärmenetzsysteme mit überwiegendem Anteil erneuerbarer Energien gefördert. Die Nutzung dieser Förderung ist für die Varianten 4 und 5 möglich, da diese Varianten alle Förderbedingungen erfüllen. Die Förderhöhe beträgt ca. 40% der förderfähigen Investitionskosten (Wärmeerzeuger, Wärmeverteilnetz, Quellenerschließung). Diese Förderung ist mit der BEG-WG-Förderung kumulierbar. Planungskosten nach HOAI der Leistungsphasen 1-4 sind im BEW Modul 1 mit 50% förderfähig. Die Planungskosten der Leistungsphasen 5-8 sind, genau wie die Investitionskosten, mit 40% förderfähig.

Zudem kann eine Förderung der Betriebskosten über das Förderprogramm BEW beantragt werden. Die Betriebskostenförderung nach BEW Modul 4 stellt einen zentralen Baustein zur wirtschaftlichen Umsetzung des geplanten Wärmenetzsystems dar. Sie dient dazu, die im laufenden Betrieb entstehenden Mehrkosten – insbesondere für den Einsatz erneuerbarer Wärmequellen und effizienter Wärmepumpentechnologien – auszugleichen und so die Wirtschaftlichkeitslücke zu schließen. In Ergänzung zur Investitionskostenförderung (Modul 2) trägt die Betriebskostenförderung wesentlich dazu bei, stabile Wärmepreise für Endkunden sicherzustellen und die langfristige Wettbewerbsfähigkeit des Projekts zu gewährleisten. Dies erhöht die Planungs- und Investitionssicherheit und schafft die Grundlage für eine nachhaltige und wirtschaftlich tragfähige Wärmeversorgung. Die Betriebskostenförderung ist bei der Berechnung der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt worden.

Die Merkblätter werden unter folgendem Link veröffentlicht:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Waermenetze/Effiziente_Waermenetze/effiziente_waermenetze_node.html

Tabelle 13: Fördermöglichkeiten Wärme

Varianten	Bedingungen	Fördersatz gesamt	Typische Kosten- gruppen
4, 5	S. BEW Modul 1 – Machbarkeits- studie (LPH 1-4)	50%	LPH 1 – 4 der KG 730
4, 5	S. BEW Modul 2 – Ausführung/In- vestitionskosten	40%	KG 300, 400

8.14 Grundlagen der Wirtschaftlichkeit

Die Betrachtung der Wirtschaftlichkeit erfolgt über eine Netto-Vollkostenrechnung für 30 Jahre Betrieb. Dabei werden für die Kostenpositionen Strom, Erdgas und Biomethan die Entwicklungen in den nächsten 30 Jahren modelliert und mit folgenden Durchschnittswerten angesetzt. Dies ist in Anlehnung einer Prognose und der unternehmensinternen Einschätzung entstanden und wurde mit dem Auftraggeber abgestimmt.

- Mittelwert Strompreis (Arbeitspreis) der nächsten 30 Jahre: 22,75 ct/kWh
- Mittelwert Gaspreis der nächsten 30 Jahre: V1: 9,55 ct/kWh
V3: 8,12 ct/kWh
- Mittelwert Biomethanpreis der nächsten 30 Jahre: V2: 10,51 ct/kWh
V4: 8,93 ct/kWh
- Mittlerer Heizölpreis der nächsten 30 Jahre: 10 ct/kWh
- 100% Fremdkapital mit dem Zinssatz 3,50 % p. a.

Es wird die Annahme getroffen, dass die Stromkosten auf lange Sicht deutlich sinken werden. Dies wird geschlussfolgert aus dem politischen Ziel der Erhöhung des Erneuerbaren Anteils an der Stromerzeugung. Ein anderer Faktor, der zukünftig vorhanden sein könnte, ist die Einteilung des deutschen Stromnetzes in Strompreiszonen. Bei dieser Teilung ist der Strompreis durch die direkte Versorgung des Stromnetzes in Lindau aus dem österreichischen Vorarlberg durch die illwerke vkw (Stromversorger) eher anzusetzen. Die illwerke vkw hat aktuell und zukünftig durch den Einsatz vieler Wasserkraftwerke und Speicherbecken einen eher niedrigen Strompreis als Deutschland im Allgemeinen.

Vergleichsmethode

Für die Varianten werden nach Berechnung der Investitionskosten, der Förderhöhe, der jährlichen Kosten (Betriebs, bedarfsgebundene und sonstige Kosten) kostendeckende Wärmepreise (Wärmegeste-

hungskosten) ermittelt, die die Grundlage des wirtschaftlichen Vergleichs bilden. Diese kostendeckenden Wärmepreise werden ermittelt, indem die Summe der jährlichen Kosten und der jährlichen Kapitalkosten durch den jährlichen Energiebedarf geteilt wird.

8.15 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Investitionskosten

In der folgenden Tabelle und Abbildung sind die Höhe der Investitionen und die sich ergebenden jährlichen Kosten aufgeführt. Die jährlichen Kosten ergeben sich aus der Verrechnung aller Kosten in den nächsten 30 Jahren. Die entstehenden Gesamtkosten werden auf die Menge der Wärmebereitstellung bezogen, sodass Wärmegestehungskosten in €/MWh resultieren. Die Wärmegestehungskosten stellen die spezifischen Kosten dar, die es bedarf, um Wärme zu erzeugen und zu verteilen. Es ist zu beachten, dass die dezentralen Varianten V3, V4 und V5 nur 60% des Wärmebedarfes abdecken und die restlichen 40% sind hier nicht inbegriffen.

Tabelle 14: Kosten der Varianten

Variante	V1	V2	V3	V4	V5	Einheit
Investition vor Förderung	11,6	11,6	39,9	40,5	45,9	Mio.€
Investition nach Förderung	11,6	11,6	39,9	24,1	27,3	Mio.€
Jährliche Kosten	4,8	5,2	4,9	4,2	3,6	Mio.€/a
Wärmegestehungskosten	156	170	221	192	162	€/MWh
Anschlussquote erhöht: 80%	-	-	-	-	146	€/MWh
Anschlussquote erhöht: 100%	-	-	-	-	135	€/MWh

Das nachfolgende Diagramm stellt die Investitionskosten vor und nach Förderung bei einer Anschlussquote im Mindestszenario von 60 % neben die Investitionskosten der dezentralen Varianten.

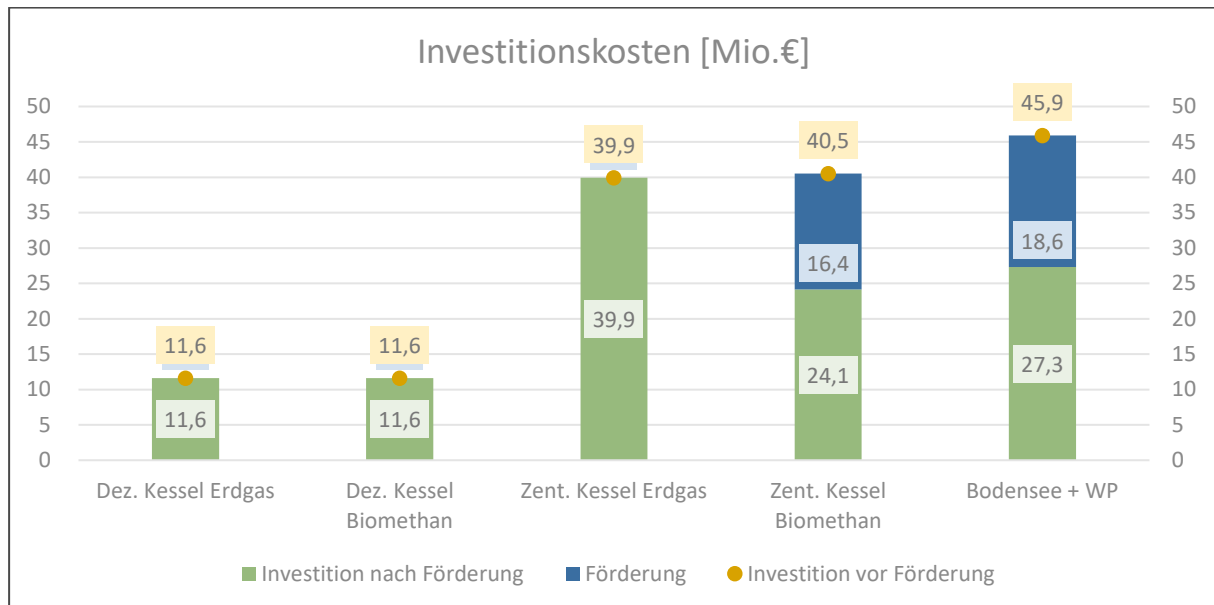


Abbildung 36: Investitionskosten der Versorgungsvarianten

Die Hauptkostenträger der Varianten sind die folgenden Kosten vor/ohne Förderung, ungefähre Zahlen:

<u>V1 & V2 mit 11,6 Mio.€</u> • Kessel 5,5 Mio.€ • Pufferspeicher 2,7 Mio.€ • Planungsleistungen 1,6 Mio.€	<u>V3 & V4 mit ca. 40 Mio. €</u> • Wärmenetz 30 Mio. € • Kessel 2,5 Mio.€ • Planungsleistungen 5,5 Mio.€
<u>V5 mit ca. 46 Mio. €</u> • Wärmenetz 30 Mio. € ○ Ca. 4.475 €/Trassenmeter wegen Altstadtcharakter ○ Vgl. Durchschnittspreise im Neubau: 500 – 1.500 €/Trassenmeter ○ Vgl. ähnliche Projekte: 3.000 – 4.500 €/Trassenmeter • Wärmepumpen 3 Mio. € • Planungsleistungen 5,5 Mio.€ • Entnahme- & Rückführung 5 Mio. €	

Jährliche Kosten

In der folgenden Tabelle und Abbildung sind die jährlichen Kosten detailliert aufgeschlüsselt. Dabei sind in der Berechnung die Werte folgendermaßen zusammengefasst:

- Bedarfsgebundene Kosten: Kosten für Betriebsstoffe, insbesondere Strom, Erdgas, Biomethan u. ä.
- Betriebsgebundene Kosten: Instandhaltungskosten und Wartungskosten, Betriebskosten für Verteilnetze
- Sonstige Kosten: Versicherungskosten
- Abzüglich Einnahmen: Betriebskostenförderung nach BEW Modul 4

Tabelle 15 Jährliche Kosten der Varianten

Variante	V1	V2	V3	V4	V5	Einheit
Kapitalgebundene Kosten	900	900	2.320	1.402	1.594	T€/a
Bedarfsgebundene Kosten	3.736	4.148	2.262	2.510	1.634	T€/a
Betriebsgebundene Kosten	143	143	238	243	256	T€/a
Sonstige Kosten	25	25	85	87	98	T€/a
Einnahmen	0	0	0	0	326	T€/a
Summe	4.804	5.216	4.904	4.241	3.256	T€/a

Bei den Einnahmen in V5 durch die Betriebskostenförderung ist zu beachten, dass diese nur in den ersten 10 Betriebsjahren vorliegen, mit einem Wert von etwa 975 T€/a. Auf den Betrachtungszeitraum von 30 Jahre gemittelt ergibt sich somit der Wert von etwa 325 T€/a

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein für den Vergleich unterschiedlicher Wärmeversorgungslösungen typisches Kostenbild. In den dezentralen Varianten V1 und V2 entfallen die jährlichen Gesamtkosten überwiegend auf bedarfsgebundene Kosten, insbesondere für den Brennstoff- bzw. Energieträgerbezug. Die kapitalgebundenen Kosten nehmen in diesen Varianten einen vergleichsweise geringen Anteil ein.

Demgegenüber weisen die zentralen Varianten V3, V4 und V5 einen deutlich höheren Anteil kapitalgebundener Kosten auf. Ursache hierfür sind die Investitionen in zentrale Erzeugungsanlagen sowie in die erforderliche Verteilinfrastruktur. Gleichzeitig führt die höhere Effizienz der zentralen Erzeugung zu einem geringeren Brennstoffbedarf, wodurch die bedarfsgebundenen Kosten im Vergleich zu den dezentralen Varianten reduziert werden.

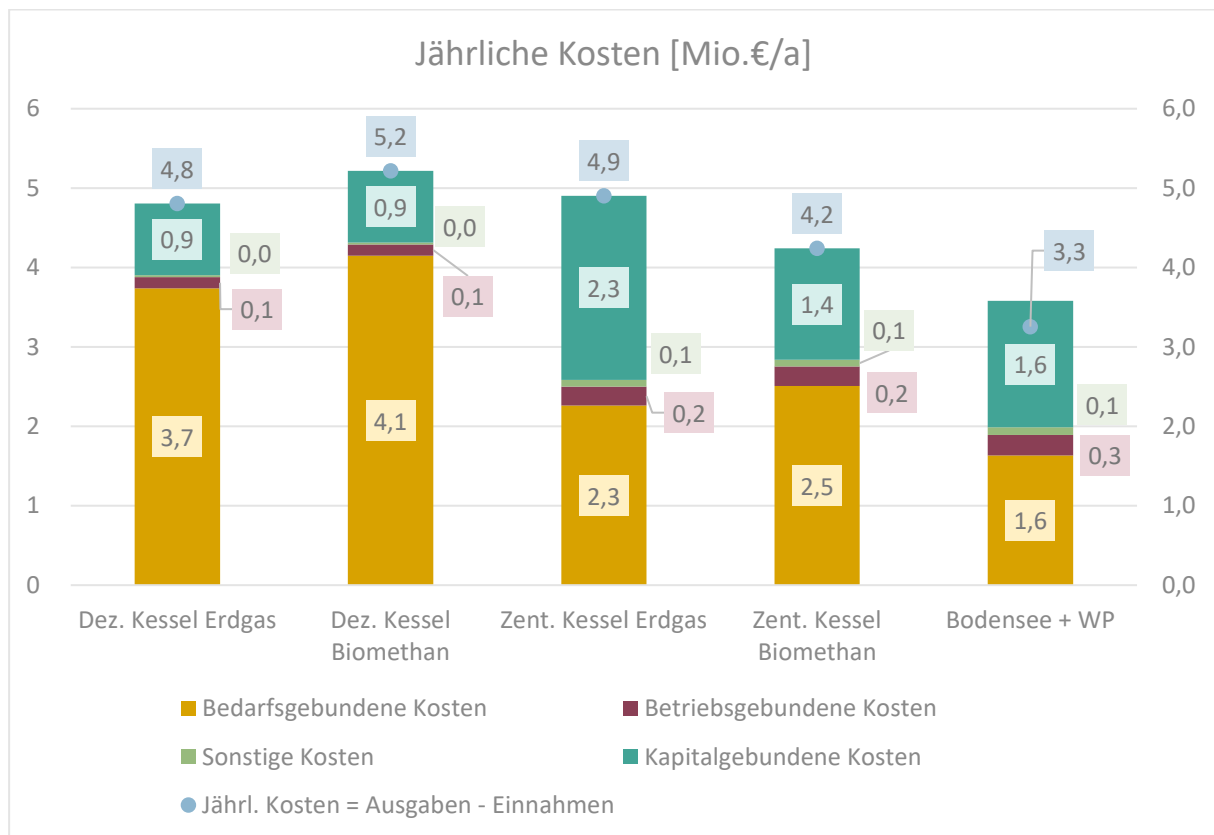


Abbildung 37 Jährliche Kosten der Varianten

Die Struktur der Kosten ist aus wirtschaftlicher Sicht von besonderer Bedeutung. Brennstoff- und Strompreise sind in hohem Maß von externen, kaum beeinflussbaren Faktoren abhängig, wie etwa weltweiten Energiemärkten, geopolitischen Entwicklungen, regulatorischen Rahmenbedingungen oder Abgaben und Umlagen. Für den Betreiber bestehen hier nur sehr begrenzte Möglichkeiten zur aktiven Kostenoptimierung, sodass diese Kostenkomponenten langfristig mit einem erhöhten Preis- und Kostenrisiko verbunden sind.

Kapitalgebundene Kosten bieten demgegenüber deutlich bessere Steuerungs- und Optimierungsmöglichkeiten. Durch geeignete Finanzierungsstrukturen können günstige Zinssätze realisiert werden, etwa durch Förderkredite mit stark reduzierten Zinssätzen bis hin zu nahezu zinsfreien Darlehen. Alternativ können – sofern möglich – auch Eigenkapitalanteile eingesetzt werden, wodurch Zinskosten teilweise oder vollständig entfallen.

Zusätzliche Optimierungspotenziale bestehen auf Investitionsebene in den eigentlichen Herstellungskosten. Bei größeren Projekten können aufgrund der Projektgröße Skaleneffekte und Preisnachlässe bei der Beschaffung von Anlagen und Komponenten erzielt werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, einzelne Leistungen durch den künftigen Netzbetreiber, beispielsweise kommunale Stadtwerke,

als Eigenleistung zu erbringen und damit die Investitionskosten weiter zu reduzieren. Auch die im Rahmen der Konzeptphase angesetzten Planungskosten sind bewusst konservativ kalkuliert und können sich in der späteren Umsetzung als geringer erweisen.

Insgesamt ergibt sich daraus, dass bei kapitalgebundenen Kosten ein deutlich höheres Potenzial für Kostensenkungen und Optimierungen besteht als bei den bedarfsgebundenen Kosten. Dies spricht aus wirtschaftlicher und risikobezogener Sicht für Versorgungslösungen mit einem höheren Anteil kapitalgebundener und einem geringeren Anteil bedarfsgebundener Kosten.

Wärmegestehungskosten

Die Wärmegestehungskosten (WGK) der zentralen Netzvarianten sind abhängig von der Anschlussquote. Eine hohe Anschlussquote bewirkt geringere WGK. Somit sind nachfolgend Abwandlungen der Variante 5 mit höheren Anschlussquoten ergänzt. Bei einer höheren Anschlussquote steigen die Investitionskosten nur marginal, da der Hauptkostenträger das Wärmenetz ist und bei einer Verdichtung keine hohen Mehrkosten entstehen. WGK zeigen, was es kosten würde, Wärme zu erzeugen, bezogen auf den Betrachtungszeitraum von 30 Jahren. Hierbei sind alle anfallenden Kosten inbegriffen. Es stellt nicht den Arbeitspreis dar, den die Endkunden zu zahlen hätten. Nachfolgend sind die WGK der Varianten dargestellt. Die konzeptbezogenen WGK zeigen, welche Kosten sich für Nutzer dieses Konzeptes ergeben. Für die Seethermie-Variante bedeutet dies, dass die WGK zwischen 161 und 135 €/MWh liegen, für alle am Netz angeschlossenen Wärmeabnehmer. Die Kosten im Energiemix sind so berechnet, dass der nicht im Konzept erfasste Anteil (bis zu 40%) der Wärmebedarfe durch die WGK der IST-Variante (V1) gedeckt werden. Anders formuliert wird die Annahme getroffen, dass z.B. 40% des Wärmebedarfes, der nicht an die Seethermie angeschlossen ist, durch dezentrale Erdgaskessel erzeugt wird.

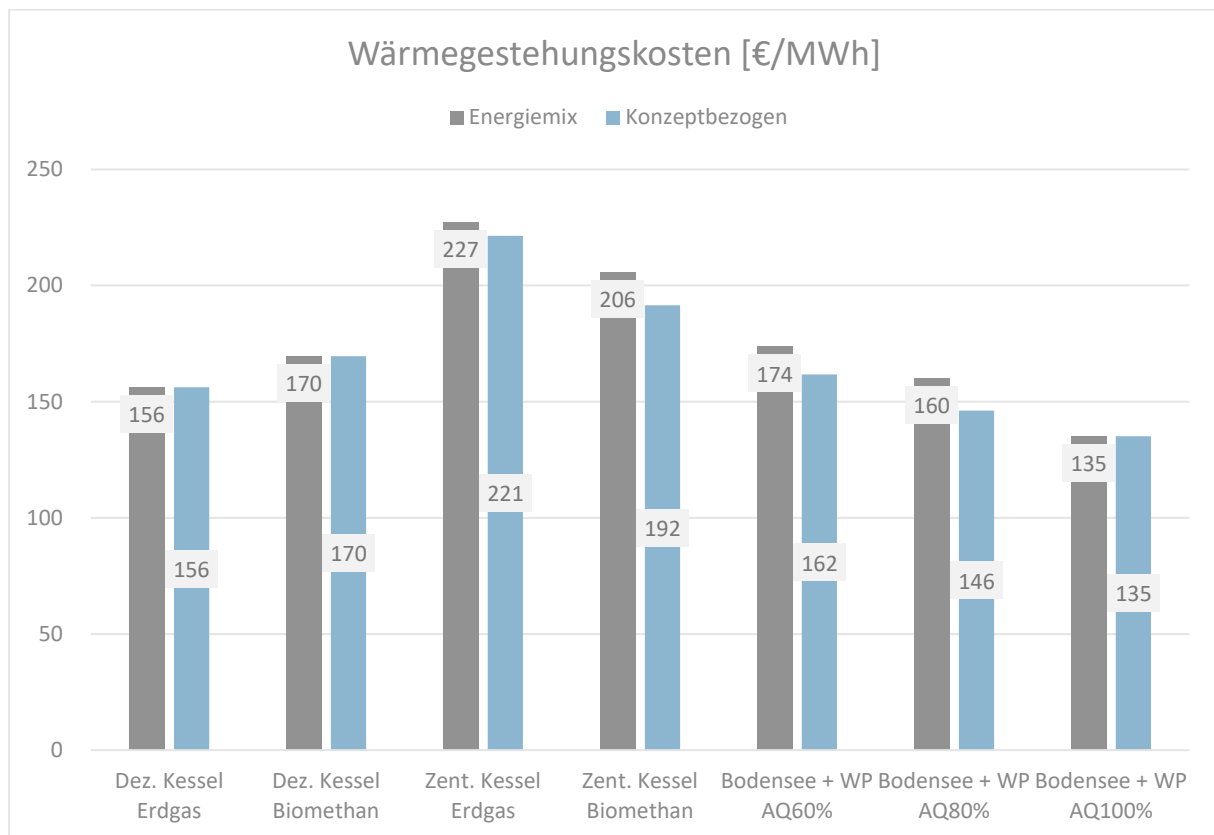


Abbildung 38: Wärmegestehungskosten der Varianten

8.16 Wirtschaftliche Optimierung: ISEK

Die bisherige wirtschaftliche Betrachtung des Projekts basiert ausschließlich auf der Förderung nach der Bundesförderung effiziente Wärmenetze (BEW), bei der ab Leistungsphase 5 die förderfähigen Kosten der technischen Anlagen mit bis zu 40 % (Modul 2) bzw. einzelnen Teilmaßnahmen mit bis zu 50 % (Modul 1) bezuschusst werden. Dieser Fördermechanismus bildet den zentralen Bestandteil der Wirtschaftlichkeit und reduziert die Gesamtinvestition für das geplante Wärmenetz in Lindau bereits signifikant. Um die Wirtschaftlichkeit weiter zu optimieren und die kommunale Haushaltsbelastung zusätzlich zu verringern, kann ergänzend die bayerische Städtebauförderung herangezogen werden, sofern eine Einbettung des Vorhabens in ein integriertes städtebauliches Entwicklungskonzept (ISEK) erfolgt.

Die Städtebauförderung in Bayern richtet sich an Kommunen und unterstützt städtebauliche Gesamtmaßnahmen, insbesondere wenn sie zur Stärkung von Ortszentren, zur Aufwertung des öffentlichen Raums oder zur Umsetzung von Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen beitragen. Förderfähig sind dabei u. a. städtebauliche Planungen, Aufwertungen im öffentlichen Raum sowie Maßnahmen, die einen funktionalen oder gestalterischen Mehrwert bieten. Der Zuschuss beträgt regulär 60 % der

förderfähigen Ausgaben und kann – insbesondere bei strukturell oder finanziell herausgeforderten Gemeinden – auf bis zu 90 % erhöht werden. Entscheidend für die Förderfähigkeit ist, dass die Maßnahme Bestandteil eines ISEK ist und den städtebaulichen Zielsetzungen der Gemeinde entspricht sowie Klimaschutz- bzw. Klimaanpassungsaspekte integriert.

Für das Wärmenetzprojekt bietet sich der Ansatz an, solche Kostenanteile als städtebaulich förderfähig einzustufen, die über die rein technische Funktion hinausgehen. Dazu zählen insbesondere Aufwertungsmaßnahmen entlang der Leitungsführungen im öffentlichen Raum, hochwertige Oberflächenwiederherstellungen, Entsiegelungs- und Begrünungsmaßnahmen, Anpassungen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität sowie gestalterische Elemente der Energiezentrale. Ebenso können Anteile der Planungs- und Beteiligungskosten, Wettbewerbe und konzeptionelle Leistungen (etwa zu Klimaanpassung oder Freiraumgestaltung) über die Städtebauförderung kofinanziert werden. Diese Leistungen sind nicht Bestandteil der BEW-Förderfähigkeit und können daher ergänzend und ohne Doppelförderung angesetzt werden.

Je nach Umfang der identifizierten städtebaulichen Mehrkosten ergibt sich ein spürbarer wirtschaftlicher Hebel. In einer konservativen Betrachtung könnten rund 3 Mio. € als städtebaulich förderfähig eingestuft werden, was zu einem Zuschuss von rund 1,8 Mio. € (60 %) führt. In einem realistischeren Basisszenario steigt das städtebaulich förderfähige Volumen auf ca. 4,9 Mio. €, was einem Zuschusspotenzial von rund 2,95 Mio. € entspricht. In einem ambitionierten Szenario, bei dem eine stärkere stadtgestalterische oder klimarelevante Komponente integriert wird, ist ein Zuschuss von über 4 Mio. € (60 %) bzw. bis zu 6,3 Mio. € (90 % bei entsprechendem Fördersatz) möglich.

Die wirtschaftliche Gesamtbetrachtung zeigt damit deutlich, dass die Kombination aus BEW-Förderung und Städtebauförderung ein sehr wirkungsvolles Instrument zur Reduzierung der kommunalen Investitionslast darstellt. Während die BEW die technischen Kernkomponenten mit bis zu 40–50 % unterstützt, senkt die Städtebauförderung zusätzliche städtebauliche Kostenblöcke um weitere 60–90 %. Dies führt insgesamt zu einer deutlichen Verbesserung der Kapitaldienstfähigkeit, reduziert die zu deckende Restinvestition und kann die Wärmeabgabepreise für die Anschlussnehmer langfristig stabil halten. Die Integration des Projekts in das ISEK der Stadt Lindau und die systematische Identifikation städtebaulich relevanter Teilmaßnahmen stellen daher einen wesentlichen Hebel zur wirtschaftlichen Optimierung des Gesamtvorhabens dar.

8.17 Sensitivitätsanalyse

Zur Bewertung der Robustheit der Wirtschaftlichkeitsergebnisse wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Ziel ist es, die Auswirkungen zentraler wirtschaftlicher Einflussgrößen auf die Ergebnisse systematisch abzubilden und Bandbreiten für die weitere Bewertung vorzubereiten. Hierfür wurden für ausgewählte Parameter plausible Minimal- und Maximalwerte definiert, die typische Projektunsicherheiten sowie marktübliche Schwankungen abbilden.

Die konkrete quantitative Auswertung der resultierenden Minimal- und Maximalwerte erfolgt in einem nachgelagerten Schritt. Die nachfolgend dargestellten Bandbreiten bilden die methodische Grundlage für diese Betrachtung.

Kapitalzinssatz

Der angesetzte Zinssatz wurde als zentrale Einflussgröße identifiziert, da er maßgeblich die Kapitalkosten und damit die Wärmegestehungskosten beeinflusst. Für die Sensitivitätsanalyse wurde eine Bandbreite von 1,5 % bis 5,0 % zugrunde gelegt. Die Untergrenze repräsentiert Szenarien mit hohem Eigenkapitalanteil, günstigen kommunalen Finanzierungsbedingungen oder Förderkrediten. Die Obergrenze bildet dagegen Finanzierungen mit höherem Fremdkapitalanteil sowie erhöhte Marktzinsen ab, wie sie insbesondere bei langfristigen Infrastrukturprojekten mit erhöhtem Risikoprofil auftreten können.

Investitionskosten

Für die Investitionskosten der wesentlichen Erzeugungs- und Infrastrukturelemente wurden technologieabhängige Bandbreiten angesetzt, die sowohl projektspezifische Unsicherheiten in frühen Planungsphasen als auch Marktschwankungen berücksichtigen.

- Dezentrale Gaskessel: –20 % / +100 %: Die Untergrenze bildet Einsparpotenziale durch Standardisierung und Wettbewerb ab. Die Obergrenze berücksichtigt mögliche kostenintensive Sonderlösungen, hohe Montageaufwände oder erhebliche Preissteigerungen bei Anlagen- und Komponentenpreisen.
- Zentrale Gaskessel: –20 % / +100 %: Analog zu den dezentralen Anlagen, durch größere Leistungsbereiche, komplexere Einbindung in die Gesamtanlage und standortspezifische Randbedingungen.
- Wärmenetz: –30 % / +50 %: Die vergleichsweise große Bandbreite reflektiert Unsicherheiten in der frühen Trassenplanung, mögliche Abweichungen bei Rohrlängen, Tiefbauverhältnissen, Querungen sowie Preisrisiken im Tiefbau. Gleichzeitig bietet ein optimierter Trassenverlauf substantielle Kostensenkungspotenziale.

- Wärmepumpen: -20 % / +30 %: Die Bandbreite berücksichtigt einerseits Skaleneffekte und Marktreife der Technologie, andererseits projektspezifische Mehrkosten durch höhere Temperaturanforderungen, Schall und Platzanforderungen sowie komplexere Hydraulik.

Bedarfsgebundene laufende Kosten (Energieträgerpreise)

Die laufenden Kosten unterliegen insbesondere bei fossilen und stromgebundenen Energieträgern erheblichen Preisunsicherheiten. Für die Analyse wurden folgende Bandbreiten angesetzt:

- Erdgas: -20 % / +100 %: Die Spannweite bildet einerseits mögliche kurzfristige Marktentspannungen ab, berücksichtigt andererseits jedoch auch extreme Preissteigerungen infolge geopolitischer Entwicklungen, regulatorischer Eingriffe (z. B. CO₂ Preis) oder Verknappung von Importen.
- Biomethan: -20 % / +100 %: Aufgrund der begrenzten Verfügbarkeit, hoher Nachfrage und politischer Steuerung weist Biomethan eine besonders hohe Preisunsicherheit auf. Die gewählte Obergrenze spiegelt das Risiko stark steigender Bezugskosten wider.
- Strompreis: -30 % / +30 %: Diese Bandbreite berücksichtigt Schwankungen am Strommarkt, Effekte aus Eigenerzeugung und Direktvermarktung sowie mögliche langfristige Absicherungen, ohne stark volatile Sonderereignisse zu unterstellen.

Tabelle 16: Bedingungen der Sensitivitätsanalyse

Parameter	Minimum	Maximum
Zinssatz	1,5 %	5,0 %
Investitionskosten dezentrale Gaskessel	-20 %	+100 %
Investitionskosten zentrale Gaskessel	-20 %	+100 %
Investitionskosten Wärmenetz	-30 %	+50 %
Investitionskosten Wärmepumpen	-20 %	+30 %
Erdgaspreis	-20 %	+100 %
Biomethanpreis	-20 %	+100 %
Strompreis	-30 %	+30 %

Investitionskosten

Die Abbildung zu den Investitionskosten nach Förderung zeigt für alle betrachteten Varianten eine deutliche Spreizung zwischen minimalen und maximalen Kostenansätzen. Unabhängig von der jeweiligen Variante liegen die minimalen Investitionskosten etwa bei der Hälfte der maximalen Investitionskosten. Daraus ergibt sich insbesondere bei Varianten mit höheren absoluten Investitionsniveaus eine entsprechend größere absolute Differenz zwischen Minimal- und Maximalwert.

Auffällig ist, dass die relativen Abweichungen zwischen minimaler und maximaler Ausprägung über alle Varianten hinweg vergleichbar sind. Die Bandbreiten bewegen sich je nach Variante in einer Größenordnung von etwa $\pm 40\%$ bis $\pm 50\%$ gegenüber dem realistischen Ansatz. Dies verdeutlicht, dass die Investitionskosten in der frühen Planungsphase maßgeblich von projektspezifischen Annahmen, technischen Randbedingungen sowie Markt- und Preisentwicklungen beeinflusst werden, das relative Risikoprofil zwischen den Varianten jedoch vergleichbar bleibt.

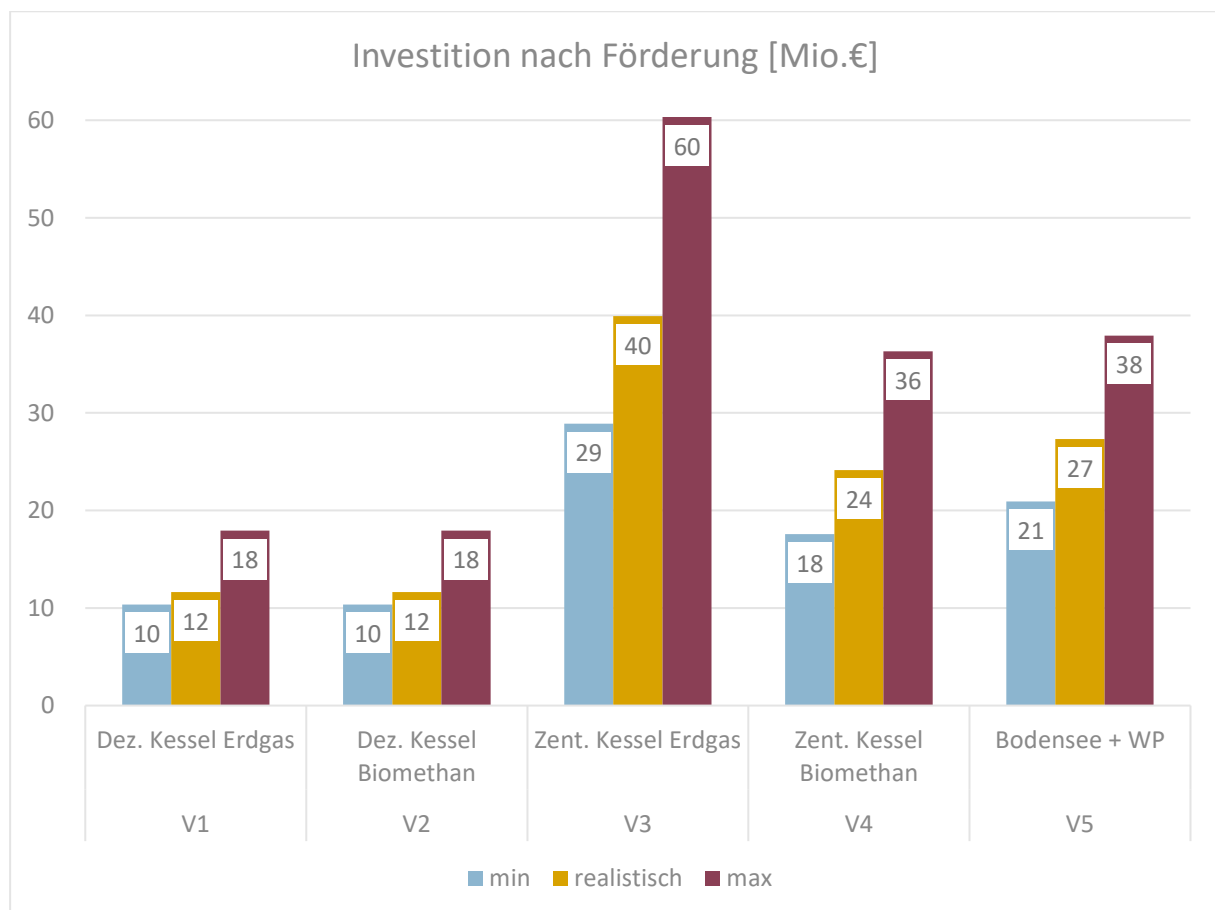


Abbildung 39: Min-Max Investitionskosten nach Förderung

Jährliche Kosten

Die Darstellung der jährlichen Kosten verdeutlicht ebenfalls eine ausgeprägte Spannweite zwischen minimalem, realistischem und maximalem Szenario. Im Vergleich zu den Investitionskosten fällt jedoch auf, dass die absoluten Bandbreiten zwischen Minimum und Maximum geringer ausfallen, die relativen Unterschiede jedoch weiterhin deutlich sind.

Insbesondere bei gasbasierten Varianten zeigen sich hohe maximale jährliche Kosten, was auf die starke Abhängigkeit von den angesetzten Energieträgerpreisen und die hier angenommene hohe Differenz zwischen Minimum und Maximum zurückzuführen ist. Die Variante V5 mit strombasierter Erzeugung weist demgegenüber geringere absolute jährliche Kosten sowie eine insgesamt engere Spreizung auf. Insgesamt wird deutlich, dass die jährlichen Kosten stärker durch betriebliche und preisliche Rahmenbedingungen geprägt sind, während die strukturellen Unterschiede zwischen den Varianten konstant erhalten bleiben.

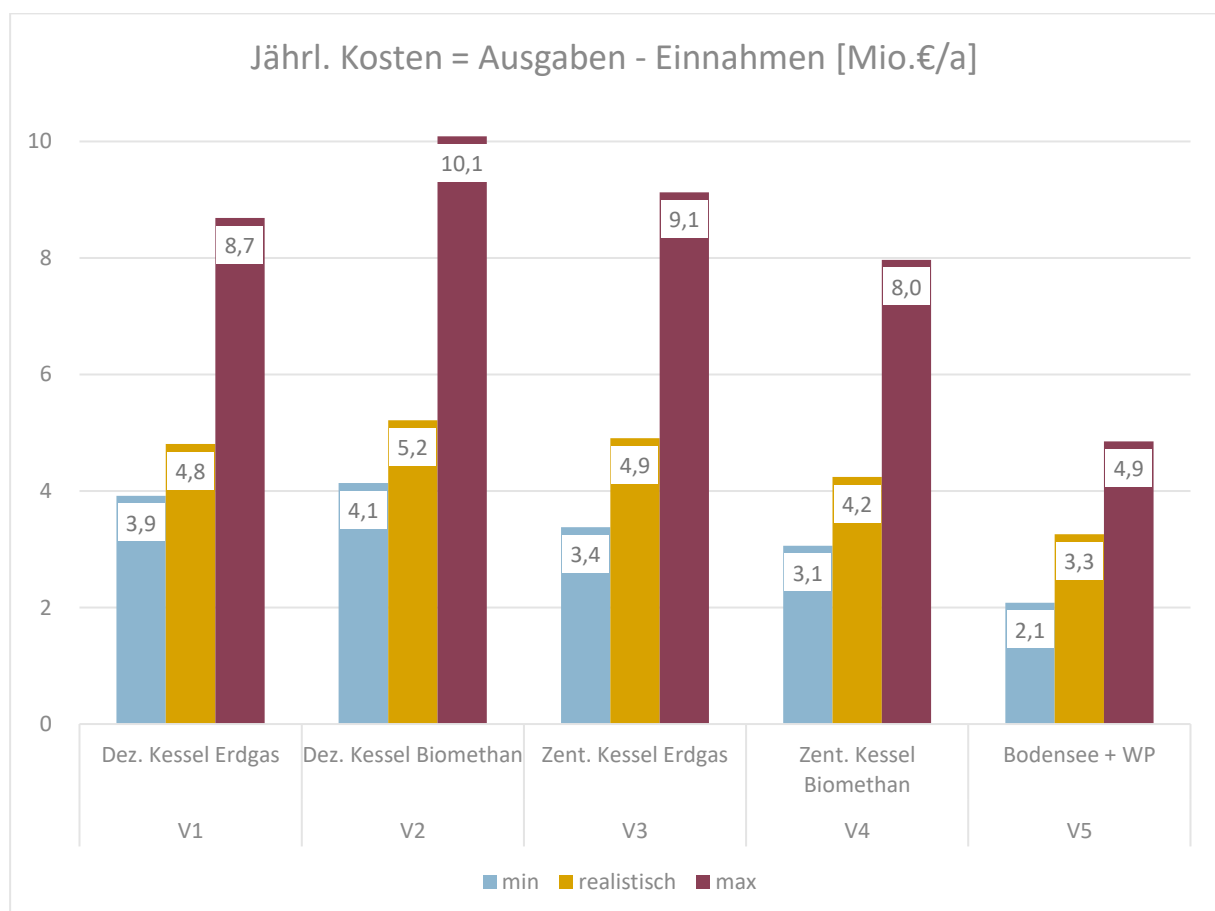


Abbildung 40: Min/Max Jährliche Kosten

Wärmegestehungskosten

Die Abbildung zu den Wärmegestehungskosten führt die Effekte aus Investitions- und jährlichen Kosten zusammen und zeigt entsprechend die größte Spannweite der Ergebnisse. Zwischen minimalen und maximalen Wärmegestehungskosten ergeben sich teils sehr deutliche Unterschiede, insbesondere bei den Varianten mit hohem Anteil fossiler Energieträger oder hoher Investitionsabhängigkeit.

Gleichzeitig ist erkennbar, dass sich die relativen Abstände zwischen den Varianten über alle Szenarien hinweg weitgehend erhalten. Varianten mit vergleichsweise niedrigen Wärmegestehungskosten im realistischen Szenario weisen auch im Maximalszenario niedrigere Werte als andere Varianten auf. Die Sensitivitätsanalyse zeigt damit, dass die grundsätzliche Einordnung der Varianten auch bei erheblichen Schwankungen der Eingangsparameter stabil bleibt, auch wenn die absolute Höhe der Wärmegestehungskosten deutlich variieren kann.

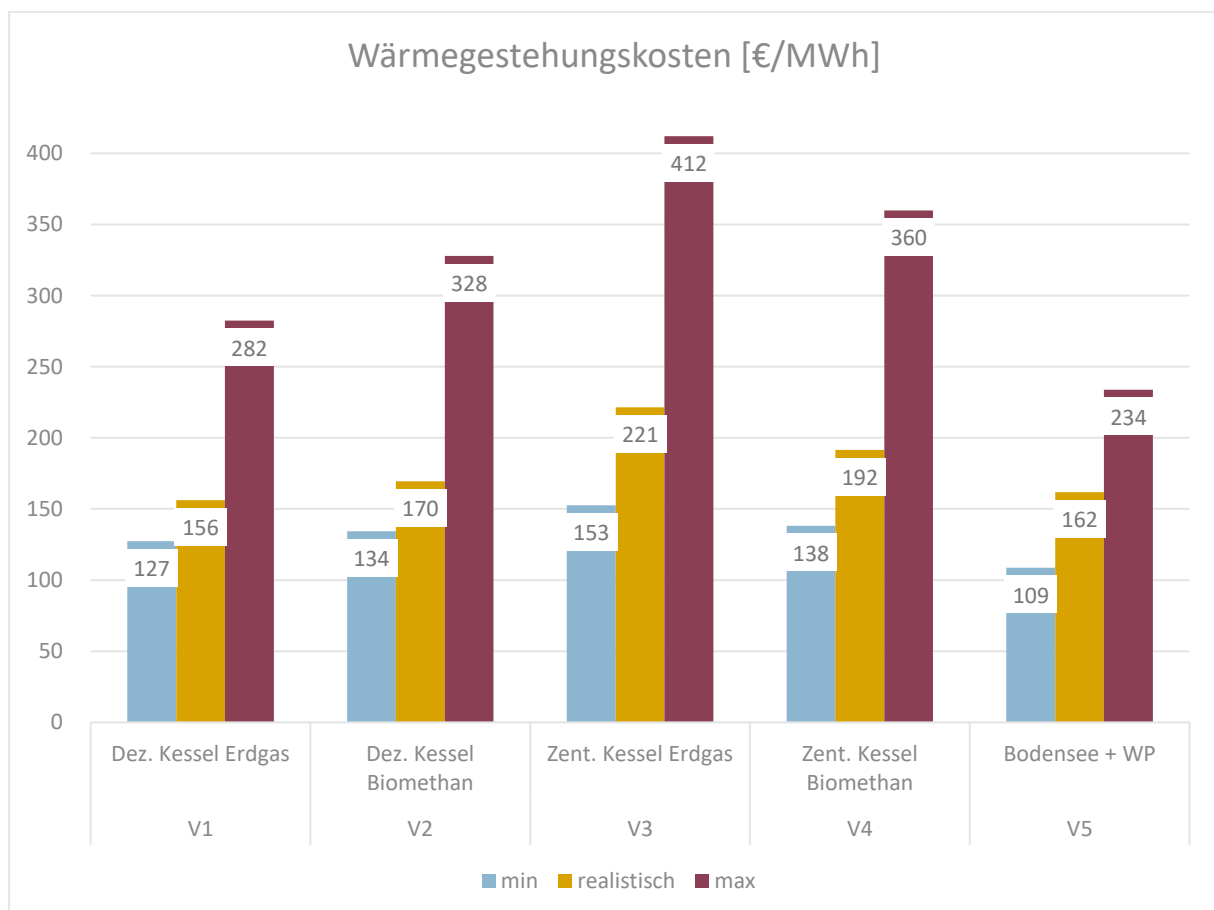


Abbildung 41: Min/Max Wärmegestehungskosten

8.18 Emissionsanalyse

Unter dem Begriff CO₂-Emissionen sind immer CO₂-Äquivalente gemeint. Für die Betrachtung der CO₂-Emissionen werden die eingesetzten Primärenergien der Wärmeversorgung betrachtet. In der Variante 5 entspricht die eingesetzte Primärenergie der eingesetzten Primärenergie bei der Erzeugung des deutschen Strommix. Für die Berechnung der CO₂-Emissionen wird mit folgenden Durchschnittswerten für die nächsten 30 (2025-2055) Jahre gerechnet.

Tabelle 17: Emissionsfaktoren für Emissionsanalyse

	CO ₂ -Emissionen 2025 [g/kWh]	CO ₂ -Emissionen 2045 [g/kWh]	Durchschnitt [g/kWh]
Deutscher Strommix	321	0	86
Lindau Strom	0	0	0
Erdgas	240	240	240
Biomethan	60	60	60

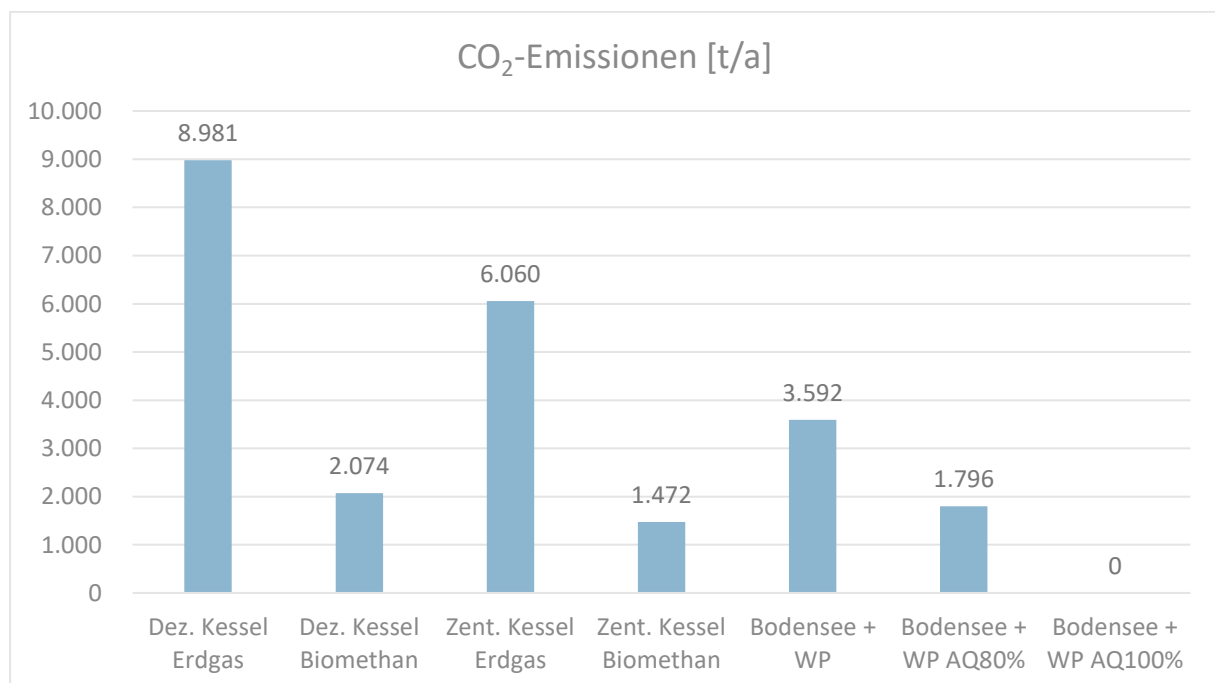


Abbildung 42 CO₂-Emissionen der Varianten

Die hier aufgeführten CO₂-Emissionen ergeben sich aus dem Strom- und Brennstoffeinsatz der jeweiligen Varianten. Die geringsten CO₂-Emissionen bzw. eine komplette CO₂-Neutralität wird in der Variante 5 mit einer Anschlussquote von 100% erreicht. In den übrigen Varianten ergeben sich deutlich

höhere Emissionen, bedingt durch den Einsatz von Brennstoffen. In den Wärmenetz-Varianten ergeben sich die Emissionen durch die Annahme, dass die nicht angeschlossenen Wärmeabnehmer der Insel noch mit Erdgas versorgt werden. Auf die bilanzielle Null kommt man somit nur in der Variante mit Bodensee-Nutzung, wenn der Strom keine CO₂-Emissionen aufweist. Beim Vergleich der Varianten V5 (AQ60%), V5 (AQ80%) und V4 (Zent. Biomethan) weist die V4 die geringsten Emissionen auf, da Erdgas komplett durch Biomethan ersetzt wird. In den Varianten V5 mit AQ60/80% ergeben sich höhere Emissionen, da hier noch Erdgas für 40 bzw. 20% des Wärmebedarfes im Einsatz ist. Optimiert könnte man beide Varianten kurz- oder mittelfristig eisnetzen, wobei die Aquathermie primär für 60 oder 80% des Wärmebedarfes eingesetzt wird und die restlichen Bedarfe werden über Biomethan erzeugt. Dies ist jedoch auf längere Sicht unrealistisch bzw. wirtschaftlich schwierig, da hierbei wenige Kunden am Erdgas/Biomethan-Netz wären und somit die Betriebs- & Instandhaltungskosten des Netzes unverhältnismäßig hoch in Bezug auf die transportierte Gasmenge wären. Eine dauerhafte Kombination ist somit nicht denkbar.

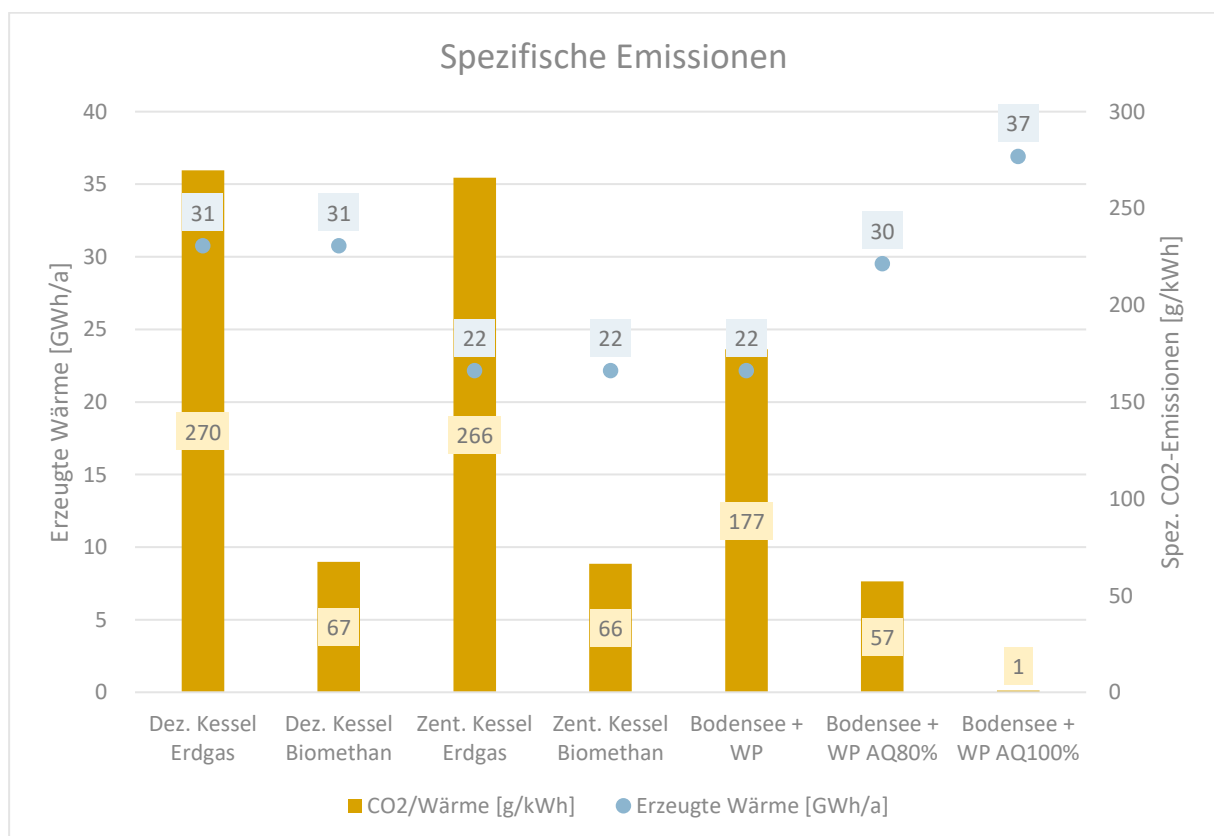


Abbildung 43 Spezifische Emissionen

Um die Varianten besser zu vergleichen, werden die spezifischen Werte herangezogen. Hierbei bezieht sich der Wert der Emissionen in t/a auf die erzeugte Wärmemenge in MWh/a. Hintergrund ist, dass nicht in jeder Variante die ganze Insel betrachtet wird, da die Anschlussquote nicht immer 100% ist. Die voranstehende Grafik zeigt neben der erzeugten Wärme (Bedarf der Gebäude + Wärmenetzverluste)

die spezifischen Emissionswerte. Die spezifischen Werte zeigen ähnliche Verhältnisse wie die absoluten. Bei den Bodensee-Varianten sind die Emissionen deutlich geringer als in den Erdgas-Varianten.

8.19 Bewertung der Ergebnisse

Um aus den vorgestellten Varianten eine Empfehlungsvariante herauszustellen, können unterschiedliche Ergebnisse betrachtet werden. Nachfolgend werden einige Kriterien erläutert und bewertet.

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Aus der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ergibt sich eine der wichtigsten Kennzahlen, der kostendeckende Wärmepreis. Demnach kann mit der Variante V5 mit 146 €/MWh am kostengünstigsten Wärme erzeugt werden, sofern eine Anschlussquote von 80 % erreicht wird. Bei einer geringeren Anschlussquote von 60 % hat die Variante immer noch den zweitniedrigsten Wärmepreis von 162 €/MWh. Die Variante 1 (dezentrale Erdgas-Kessel) weist mit 156 €/MWh den geringsten Wärmepreis auf. Diese stellt jedoch nur sehr grob den aktuell Zustand mit geringen Brennstoffkosten und keine Erreichung der Klimaziele dar.

Die Höhe der Investitionskosten nach Förderung, die notwendig sind, um die Energieversorgung neu aufzustellen, sind ein wichtiges Kriterium zur Bewertung der Versorgungsvarianten. Diese fallen in den Varianten 1 und 2, also den dezentralen Varianten, mit jeweils ca. 11,6 Mio. € am geringsten aus. Die zentrale Variante V3 kann nicht von Förderungen profitieren, wodurch sich hier die größten Kosten von ca. 40 Mio.€ ergeben. Die Variante 5 weist im Szenario mit geringer Anschlussquote von 60% mit etwa 27,3 Mio. € mittlere Investitionskosten auf, jedoch sind die Kosten vor Förderung mit ca. 46 Mio.€ die höchsten aller Varianten.

Den größten Anteil der jährlichen Kosten machen in den Varianten 1, 2 und 4 die bedarfsgebundenen Kosten aus. In den Varianten 3 und 5 gleichen die kapitalgebundenen, durch die Investitionshöhe bedingten Kosten dem Anteil der bedarfsgebundenen Kosten in etwa. In den bedarfsgebundenen Kosten stecken die Kosten für den Einkauf von Strom zum Betrieb der Wärmepumpen und die Kosten für den Einkauf von Erdgas/Biomethan. Diese Kosten können zukünftig sehr großen Schwankungen unterliegen. Aufgrund der geringen bedarfsgebundenen Kosten ergeben sich für die Variante 4 und 5 die geringsten jährlichen Kosten mit etwa 4,2 Mio. €/a bzw. 3,3 Mio. €/a.

Emissionsanalyse

Die Umweltbelastung bzw. Umweltverträglichkeit nimmt eine immer größere Rolle bei der Bewertung der Energieversorgung ein. Keine CO₂-Emissionen ergeben sich bei der Variante 5 nur wenn ausschließlich regenerativ erzeugter Strom eingesetzt wird. Die Erdgasvarianten weisen die höchsten CO₂-Emissionen auf.

Fazit und Empfehlung

Unter Betrachtung aller relevanten Aspekte wird als kurzfristige Lösung empfohlen, das bestehende Erdgasnetz unter Erhöhung des Biomethan-Anteils weiter zu betreiben. Gleichzeitig wird empfohlen, eine weiterführende Studie zur Seethermie-Nutzung in Verbindung mit dem Bau eines Wärmenetzes durchzuführen. Genauere Daten zum Seethermiefpotenzial und der Rahmenbedingungen unter Wasser können Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Variante haben, die vorbehaltlich der Ergebnisse von Folgeuntersuchungen als langfristiges Umsetzungsziel empfohlen wird.

8.20 Ausblick 2055

Alle Versorgungsvarianten wurden auf einen Betrachtungszeitraum von 30 Jahren untersucht. Die eingesetzten Komponenten sind so bewertet worden, dass sie zu entsprechenden Kosten ersetzt werden, sollten Sie eine geringere Lebensdauer als 30 Jahre aufweisen, bzw. wurden mit einem Restwert von 0 € angesehen, sollten Sie eine längere Lebensdauer als 30 Jahre aufweisen. Das bedeutet, dass nach dem Betrachtungszeitraum von 30 Jahren alle Anlagen abgeschrieben sind.

Folgende Komponenten weisen eine zu erwartende höhere Lebensdauer auf:

- Warmes und kaltes Wärmenetz: Lebensdauererwartung 40 bis 60 Jahre
- Seewärme-Bauwerk: Lebenserwartung 40 – 60 Jahre

Es wird angenommen, dass die Wärmepumpen zukünftig einen um 0,1 besseren COP aufweisen. Begründet ist das mit dem fortschreitenden Klimawandel, einer höheren durchschnittlichen Wassertemperatur und einer Weiterentwicklung der Technologie der Wärmepumpen zur Effizienzsteigerung.

Mit den nachfolgenden Annahmen werden zukünftig möglich Wärmegestehungskosten berechnet. Diese sollen aufzeigen, dass die dezentralen und regenerativen Versorgungslösungen auf lange Sicht wirtschaftlich deutlich besser dastehen als die zentralen Lösungen mit fossilen Energien.

Annahmen ab 2055

- Wärmepumpen etwas effizienter: JAZ/COP + 0,1
- Kein Kosten für: Bauwerk, Wasseranlagen, Wärmenetz (Rohr- & Tiefbau)
- Planungskosten ca. 5% von KG300+KG400
- Erdgas- & Biomethanpreis stark erhöht
 - Dezentral: 19,1 & 23,1 ct/kWh
 - Zentral: 16,24 & 21,1 ct/kWh
- Strompreis gleichbleibend, Strom komplett regenerativ erzeugt
- Keine BEW Förderung (Investitionen, Betriebskosten)

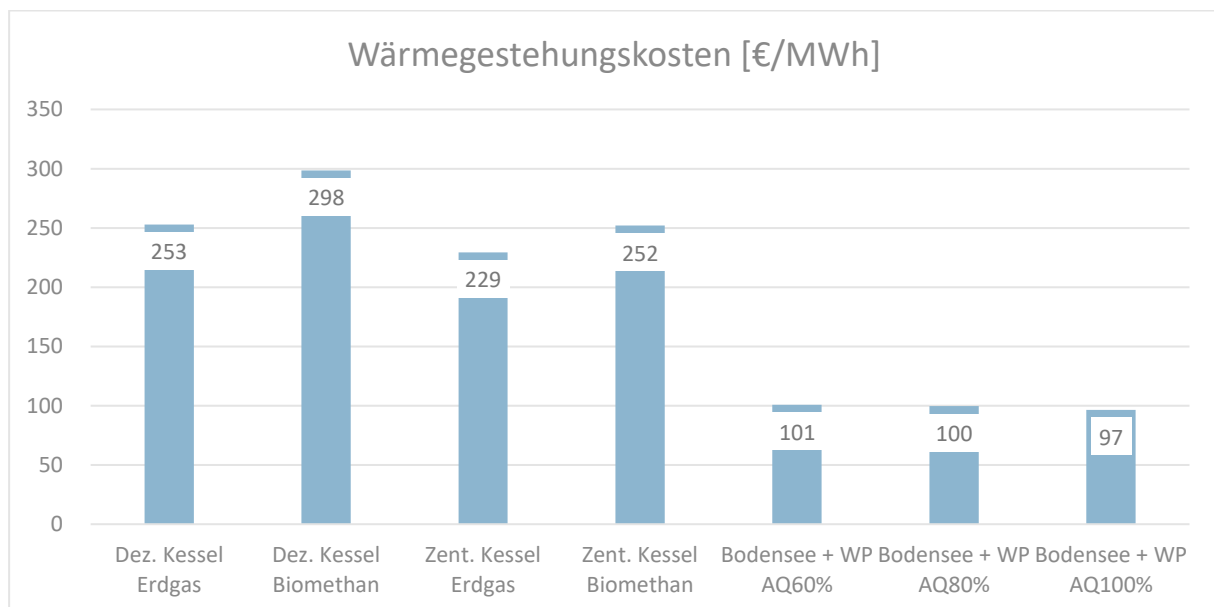


Abbildung 44: Wärmegestehungskosten 2055

Die Ergebnisse zeigen, dass die Wärmenetzvarianten für einen weiterführenden Betrieb nach 30 Jahren wirtschaftlich vorteilhafter dastehen. Diese Ergebnisse bekräftigen die langfristige Empfehlung der Versorgungsvariante 5.

8.21 Mögliche Projekterweiterung

Skalierung des Wärmenetzes über das Quartier „Insel“ hinaus

Einordnung und Ausgangspunkt

Die Insel Lindau weist aufgrund ihrer sehr dichten, historisch gewachsenen Bebauungsstruktur eine außergewöhnlich hohe Wärmedichte (kWh/m^2) sowie eine hohe Wärmeliniedichte (kWh/m Trassenlänge) auf. Diese beiden Kennwerte gelten als zentrale wirtschaftliche Erfolgsfaktoren für Wärmenetze und sind im Quartier „Insel“ in besonderem Maße gegeben. Aus wärmeplanerischer Sicht ist die Insel daher bereits für sich genommen sehr gut für den Aufbau eines Wärmenetzes geeignet und stellt eine eigenständig tragfähige Versorgungsbasis dar.

Eine Einbindung angrenzender Festlandsbereiche ist nicht erforderlich, um die grundsätzliche Umsetzbarkeit oder Wirtschaftlichkeit eines Wärmenetzes auf der Insel sicherzustellen. Vielmehr handelt es sich bei der nachfolgend beschriebenen Betrachtung um eine rein optionale, strategische Erweiterungsidee, die ausschließlich mit dem Ziel diskutiert wird, langfristig die Wärmegestehungskosten weiter zu senken und die klimaneutrale Wärmeversorgung perspektivisch auf zusätzliche Teile des Stadtgebiets auszudehnen.

Grundgedanke der Kostensenkung durch Skalierung

Der zentrale wirtschaftliche Gedanke hinter einer möglichen Netzerweiterung liegt in der unterschiedlichen Kostencharakteristik von Wärmenetz und Wärmeerzeugung:

- Wärmenetze verursachen Kosten im Wesentlichen pro Meter Trassenlänge (Tiefbau, Rohrleitungen, Oberflächenwiederherstellung).
- Die Erschließung der Wärmequelle Bodensee (Seethermie) sowie der Aufbau einer zentralen Heizzentrale hingegen steigen nicht proportional zum angeschlossenen Wärmebedarf an. Größere Wärmepumpen, Wärmetauscher und Nebenaggregate sind zwar leistungstärker, weisen jedoch deutliche Skaleneffekte auf.

Ein deutlich höherer Gesamtwärmebedarf kann daher mit nur moderat steigenden Investitionskosten auf der Erzeugungsseite gedeckt werden, während die spezifischen Kosten je erzeugter Kilowattstunde Wärme sinken. In der Folge besteht die Chance, dass ein größeres Gesamtsystem niedrigere Wärmegestehungskosten für alle angeschlossenen Abnehmer ermöglicht – auch für die Insel selbst.

Optionale Erweiterungsachsen und potenziell relevante Bereiche

Aus heutiger, rein konzeptioneller Sicht lassen sich zwei Erweiterungsrichtungen identifizieren, über die eine Skalierung des Netzes technisch denkbar wäre:

Erweiterungsachse über die Chelles Allee Brücke (östlich)

Entlang der Bregenzer Straße befinden sich mehrere Nutzungen mit tendenziell hohem, kontinuierlichem Wärmebedarf, die aus systemischer Sicht grundsätzlich netzaffin sind:

- Toskanapark sowie Verwaltungsnutzungen (u. a. Steueramt, Bürgerbüro), Bregenzer Straße 12 u. ä.
- Fachakademie für Sozialpädagogik, Europaplatz 1
- Hauptzollamt Ulm – Kontrolleinheit 21 sowie Zollfahndung, Bregenzer Straße 5 und 5b
- Hotel- und Beherbergungsnutzungen, u. a. „Seereich – Hotel und Pension“, Bregenzer Straße 16/18
- Mehrfamilienhäuser (Bregenzer Straße 23; Schoblochweg 5, 9, 11, 15)
- Verwaltungs- und Dienstleistungsstandorte (Bregenzer Straße 33 und 35, u. a. Jobcenter, Landratsamt, Ausländerbehörde)
- Einkaufszentrum „Lindapark“ mit großflächigem Einzelhandel

Diese Nutzungen zeichnen sich durch hohe Anschlussleistungen, lange Betriebszeiten und vergleichsweise gleichmäßige Lastprofile aus, was die Auslastung einer zentralen Wärmeerzeugung begünstigt.

Erweiterungsachse über bzw. entlang der Bahnbrücke (westlich)

Auch westlich der Insel bestehen potenziell relevante Anschlussoptionen, insbesondere:

- Mehrfamilienhausstrukturen in den Bereichen Am Alpengarten und Aeschacher Ufer
- Maxhotel, Giebelbachstraße 1

Gerade Wohngebäude mit mehreren Nutzungseinheiten sowie Hotelbetriebe weisen einen hohen Warmwasseranteil und eine stabile Grundlast auf und sind daher grundsätzlich gut in Wärmenetze integrierbar.



Abbildung 45: Google Maps, Markierungen westlich (grün) und östlich (blau)

Chancen und strategischer Mehrwert

Eine solche Erweiterung kann – bei geeigneten Rahmenbedingungen – mehrere Vorteile bieten:

- Senkung der spezifischen Wärmegestehungskosten durch bessere Ausnutzung der Seethermie
- Stabilisierung und Glättung der Lastprofile durch Nutzungsmischung
- Erhöhung der Systemeffizienz und Versorgungssicherheit
- Ausweitung einer klimaneutralen Wärmeversorgung auf weitere Teile des Stadtgebiets Lindau

Gerade letzterer Aspekt ist aus klimapolitischer Sicht relevant: Eine Skalierung des Systems würde es ermöglichen, die einmal erschlossene erneuerbare Wärmequelle Bodensee über das eigentliche Quartier hinaus nutzbar zu machen und so einen zusätzlichen Beitrag zur Erreichung der kommunalen Klimaziele zu leisten.

Langfristige Entwicklungsperspektive

Unabhängig von einer konkreten Umsetzung ist die beschriebene Projekterweiterung als langfristige strategische Perspektive zu verstehen. Ein modular aufgebautes Wärmenetz erlaubt es, zunächst die Insel als hochverdichteten Kernbereich zu realisieren und das System bei Bedarf, Nachfrage und geeigneten wirtschaftlichen Rahmenbedingungen schrittweise zu erweitern.

Das Wärmenetz wird damit nicht als starre Insellösung verstanden, sondern als wachsendes Infrastruktursystem, das langfristig sowohl wirtschaftliche als auch klimapolitische Vorteile entfalten kann – ohne die grundsätzliche Tragfähigkeit des Inselprojekts infrage zu stellen.

9 Öffentlichkeitsarbeit

9.1 Zielsetzung, Konzeption

Die Öffentlichkeitsarbeit ist ein zentraler Bestandteil des integrierten energetischen Quartierskonzepts (IEQK) für die Insel Lindau. Ziel war es, den Planungsprozess transparent zu gestalten, unterschiedliche Akteursgruppen frühzeitig einzubinden und eine sachliche, nachvollziehbare Informationsbasis für die anstehenden Transformationsprozesse zu schaffen. Aufgrund der besonderen Rahmenbedingungen der Insel Lindau – insbesondere der dichten, historisch gewachsenen Bebauung, des hohen Anteils denkmalgeschützter Gebäude sowie der vielfältigen Eigentümer- und Nutzungsstruktur – kommt der Öffentlichkeitsarbeit eine besondere Bedeutung zu.

Die Öffentlichkeitsarbeit diene nicht nur der reinen Information, sondern explizit auch der Rückkopplung: Hinweise, Anregungen und Kritik aus Verwaltung, Fachakteuren und Bürgerschaft sollten systematisch aufgenommen und in die fachliche Bearbeitung des Quartierskonzepts integriert werden.

Grundlage der Öffentlichkeitsarbeit bildete ein abgestimmtes Kommunikations- und Beteiligungskonzept, das im Projektverlauf gemeinsam mit der Stadtverwaltung und weiteren Akteuren entwickelt und fortgeschrieben wurde. Dieses Konzept sah eine gestufte Ansprache unterschiedlicher Zielgruppen vor, darunter Verwaltung und Genehmigungsbehörden, politische Gremien, Fachakteure (z. B. Energieversorgung, Handwerk, Gewerbe) sowie die breite Öffentlichkeit.

Ziel war es, je nach Projektphase passende Formate einzusetzen – von Informations- und Dialogveranstaltungen über Workshops bis hin zu schriftlichen Befragungen – und so sowohl fachliche Tiefe als auch breite Verständlichkeit sicherzustellen.

9.2 Durchgeführte Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit

Im Rahmen der Erstellung des IEQK wurden mehrere konkrete Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit umgesetzt. Zentrales Instrument in der frühen Projektphase war eine strukturierte Eigentümer- und Bürger*innenbefragung. Diese diente der Erhebung gebäudespezifischer Informationen sowie der Erfassung von Einschätzungen, Hemmnissen und Informationsbedarfen aus Sicht der Betroffenen.

Ergänzend hierzu fanden projektbegleitende Abstimmungen und Austauschformate mit der Stadtverwaltung, den Stadtwerken Lindau (Bodensee) sowie weiteren Fachstellen statt. In Jour-fixe-Terminen und internen Workshops wurden der Projektstand, Zwischenergebnisse sowie das weitere Vorgehen regelmäßig abgestimmt.

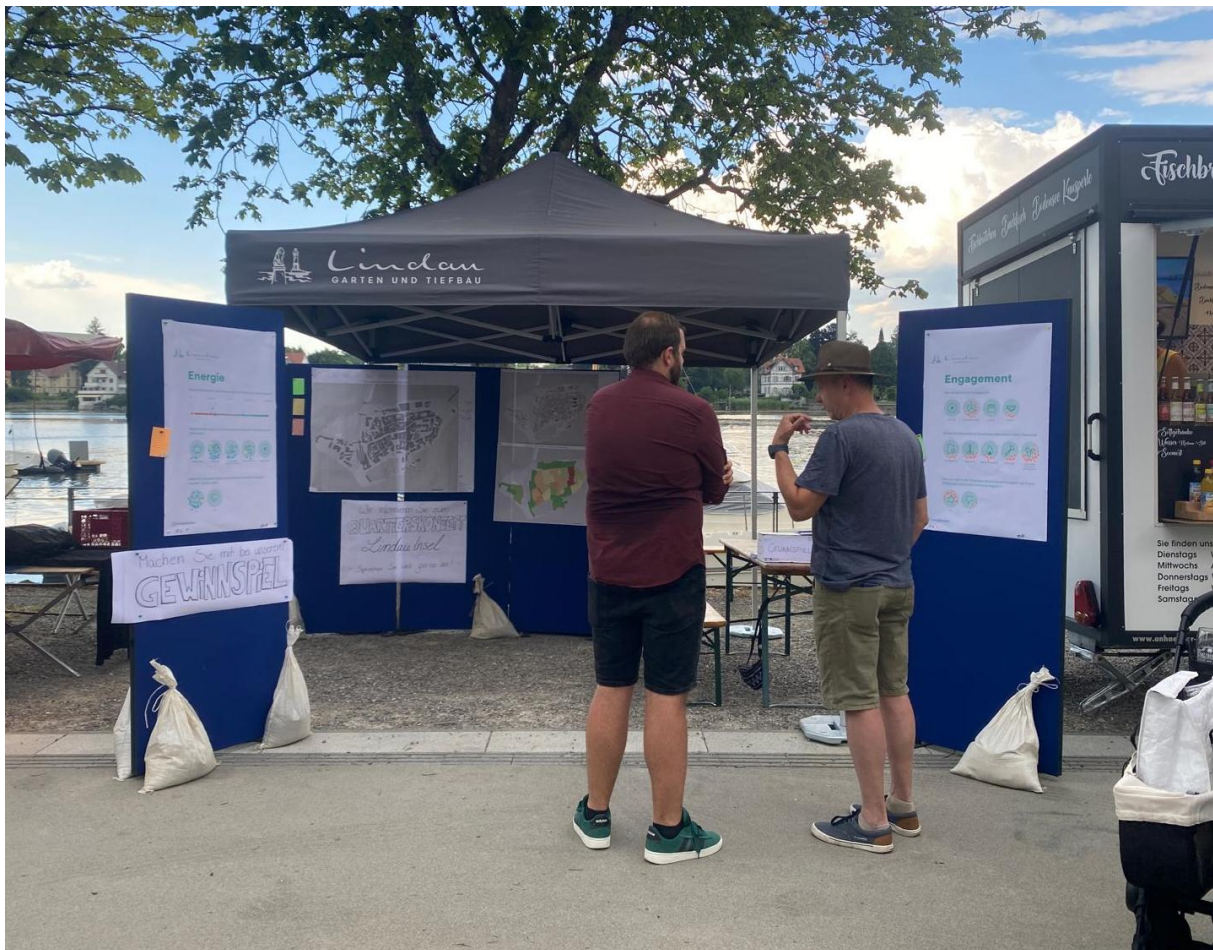


Abbildung 46: Foto der Infoveranstaltung am Marktplatz

Ein zentraler Baustein der Öffentlichkeitsarbeit war zudem die öffentliche Informationsveranstaltung zum integrierten energetischen Quartierskonzept für die Insel Lindau am 10. Februar 2025. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurden die Ziele des Quartierskonzepts, die rechtlichen Rahmenbedingungen

(u. a. Gebäudeenergiegesetz und Denkmalschutz) sowie erste Ergebnisse der Bestandsanalyse vorgestellt. Die Veranstaltung kombinierte Informationsvorträge mit interaktiven Workshopformaten und thematischen Tischen, an denen sich die Teilnehmenden aktiv einbringen konnten.

Die thematischen Schwerpunkte der Workshops umfassten unter anderem die Handlungsfelder Planen, Bauen und Sanieren, erneuerbare Energien und Energieversorgung, Mobilität sowie Quartiersentwicklung und Nutzerverhalten. Die Rückmeldungen aus diesen Formaten wurden dokumentiert und in die weitere fachliche Bearbeitung einbezogen.

9.3 Ergebnisse, Bedeutung für weiteres Vorgehen

Die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit gewonnenen Rückmeldungen bestätigen die hohe Relevanz einer transparenten und kontinuierlichen Kommunikation. Deutlich wurde, dass seitens der Bürgerschaft und lokaler Akteure ein grundsätzliches Interesse an der energetischen Weiterentwicklung der Insel Lindau besteht. Gleichzeitig wurden wiederholt Unsicherheiten hinsichtlich technischer Machbarkeit, Wirtschaftlichkeit und denkmalrechtlicher Anforderungen geäußert.

Besondere Aufmerksamkeit galt der zukünftigen Wärmeversorgung des Quartiers. In den Diskussionen wurde deutlich, dass kollektive Lösungen wie ein Wärmenetz grundsätzlich als sinnvoll erachtet werden, deren Umsetzung jedoch maßgeblich von nachvollziehbaren Kosten-Nutzen-Abwägungen, verlässlichen Rahmenbedingungen und einer frühzeitigen Einbindung der Betroffenen abhängt.

Die durchgeführten Maßnahmen der Öffentlichkeitsarbeit haben gezeigt, dass Akzeptanz und Umsetzbarkeit der im IEQK vorgeschlagenen Maßnahmen eng miteinander verknüpft sind. Die Öffentlichkeitsarbeit bildet daher einen zentralen Erfolgsfaktor für die weitere Umsetzung des Quartierskonzepts.

Für die Umsetzungsphase ergibt sich daraus die Notwendigkeit, die begonnenen Kommunikations- und Beteiligungsformate fortzuführen und weiter auszubauen. Insbesondere sind zielgruppenspezifische Informationsangebote, kontinuierliche Aktualisierungen zu Projektstand und Entscheidungsprozessen sowie transparente Darstellungen von Kosten, Nutzen und Fördermöglichkeiten erforderlich. Die im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit aufgebauten Strukturen und Kontakte bilden hierfür eine belastbare Grundlage.



Abbildung 47: Foto vom Marktstand, Stimmungsbild Engagement

10 Umsetzungskonzept: Maßnahmenkatalog

Die Bestands-, Bilanz- und Potenzialanalysen haben gezeigt, dass die Insel Lindau aufgrund ihrer besonderen Rahmenbedingungen einen integrierten Ansatz für Klimaschutz und Klimawandelanpassung erfordert. Die historische und denkmalgeschützte Bausubstanz, die hohe Nutzungsdichte sowie die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels führen dazu, dass Einzelmaßnahmen allein nicht ausreichen, um die angestrebten Ziele zu erreichen.

Zentrales Ziel der vorgeschlagenen Maßnahmen ist die Reduzierung des Energieverbrauchs sowie die schrittweise Umstellung der Energieversorgung auf erneuerbare und klimaneutrale Energieträger. Gleichzeitig sollen die Widerstandsfähigkeit des Quartiers gegenüber den Folgen des Klimawandels gestärkt, die Aufenthaltsqualität verbessert und die Anforderungen des Denkmalschutzes berücksichtigt werden.

Der größte Handlungsbedarf besteht im Wärmesektor, da hier die wesentlichen Treibhausgasemissionen des Quartiers entstehen. Aufgrund der eingeschränkten Möglichkeiten zur energetischen Sanierung sind neben Effizienzmaßnahmen insbesondere quartiersbezogene Versorgungslösungen erforderlich. Gleichzeitig zeigen die Analysen, dass auch Maßnahmen zur Klimawandelanpassung, Akteurs Aktivierung sowie geeignete Förder- und Finanzierungsstrukturen wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung darstellen.

Die nachfolgend dargestellten Maßnahmen bilden einen strategischen Handlungsrahmen für die Entwicklung des Quartiers bis zum Jahr 2035. Sie umfassen technische, planerische und organisatorische Maßnahmen sowie Instrumente der Kommunikation, Beteiligung und Finanzierung. Die Maßnahmen setzen die im Kapitel „Wärmeversorgung im Quartier“ identifizierten Handlungsschwerpunkte um und dienen insbesondere der weiteren Prüfung einer zukünftigen klimaneutralen Wärmeversorgung auf Basis erneuerbarer Energien

10.1 HF 1: Klimawandelanpassung und Digitalisierung

Ziel dieses Handlungsfeldes ist es, die Klimaresilienz der Insel Lindau zu stärken, die Auswirkungen sommerlicher Hitze zu reduzieren und die Datengrundlagen für zukünftige Planungen zu verbessern. Die Maßnahmen verfolgen einen bewusst niedrighschwelligen und denkmalverträglichen Ansatz und kombinieren bauliche, organisatorische sowie digitale Instrumente der Klimawandelanpassung.

Tabelle 18: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 1

Maßnahme	Umsetzung	Ziel / Zuständigkeit	Kostenschätzung Investitionen	Betriebskosten p.a.
Installation von Wetterstationen zur Messung von Temperatur und Luftzirkulation (ca. 5 Stationen)	Mittelfristig	Lokale Datenbasis für Hitzebelastung schaffen; Digitalisierung & Klimaschutz	25.000 €	1.000 – 2.000 €
Ausbau von Brunnen (2 neue nach GTL)	Mittelfristig	Trinkwasserbrunnen schaffen; 100% Betrieb; Hitzeinseln mindern / GTL	40.000 – 120.000 €	1.000 – 4.000 €
Punktuelle Nebelduschen / Bodennebelanlagen installieren	Mittelfristig	Plätze/Hafen; denkmalschutzverträglich / Denkmalschutz & GTL	50.000 – 200.000 €	2.000 – 10.000 €
Mobile Verschattung (Sonnensegel, Holzpergolen ohne Befestigung)	Kurzfristig	Temporär / GTL	ab 1.000 €	Interner Personalaufwand
Digitale Karte kühler Orte (Kirchen, Bibliothek, Brunnen inkl. Öffnungszeiten)	Kurzfristig	App/Website mit Hinweisen / Presse	Interner Personalaufwand	
Sensibilisierung für Hitze (Verhaltenshinweise, Homepage-Link)	Kurzfristig	Flyer/App; Ziel: Bürger, Touristen, Hotellerie / Presse & Klimaschutz	Interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	

Maßnahme 1.1: Installation von Wetterstationen

Zur Verbesserung der Datengrundlage sollen mehrere Wetterstationen auf der Insel installiert werden. Erfasst werden insbesondere Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und weitere klimarelevante Parameter. Die gewonnenen Daten ermöglichen eine bessere Bewertung lokaler Hitzeinseln und Luftströmungen und können zukünftig auch für die Erfolgskontrolle von Klimaanpassungsmaßnahmen genutzt werden. Gleichzeitig bilden die Messstationen eine wichtige Grundlage für eine stärker datenbasierte Entscheidungsfindung im Bereich Klimaschutz und Klimawandelanpassung.

Maßnahme 1.2: Ausbau von Trinkwasserbrunnen

Im öffentlichen Raum sollen zusätzliche Trinkwasserbrunnen geschaffen werden. Diese leisten insbesondere während Hitzeperioden einen unmittelbaren Beitrag zum Gesundheitsschutz, erhöhen die Aufenthaltsqualität und stellen eine niedrigschwellige Unterstützungsmaßnahme für Einheimische und Touristinnen bzw. Touristen dar. Die Standorte sollten sich an stark frequentierten Bereichen orientieren und möglichst in bestehende Freiraum- und Aufenthaltskonzepte integriert werden.

Maßnahme 1.3: Punktuelle Nebelduschen und Bodennebelanlagen

An besonders hitzebelasteten Orten, beispielsweise auf Plätzen oder im Hafenbereich, soll die Installation von Nebelduschen bzw. Bodennebelanlagen geprüft werden. Diese Systeme können die gefühlte Temperatur lokal reduzieren und an heißen Sommertagen einen spürbaren Kühlungseffekt erzeugen. Aufgrund der besonderen Anforderungen im historischen Stadtbild sind standortbezogene und denkmalverträgliche Lösungen zu entwickeln. Gleichzeitig sind Aspekte der Wasserhygiene, Wartung und des saisonalen Betriebs zu berücksichtigen.

Maßnahme 1.4: Mobile Verschattung

Zur kurzfristigen Verbesserung des thermischen Komforts sollen mobile Verschattungselemente, beispielsweise Sonnensegel oder freistehende Holzpergolen, an ausgewählten Aufenthaltsbereichen eingesetzt werden. Durch ihren temporären und reversiblen Charakter lassen sich solche Maßnahmen mit den Anforderungen des Denkmalschutzes vereinbaren. Die Umsetzung kann zunächst an einzelnen Pilotstandorten erfolgen und bei positiver Wirkung schrittweise erweitert werden.

Maßnahme 1.5: Digitale Karte kühler Orte

Zur Unterstützung der Bevölkerung sowie der zahlreichen Gäste der Insel soll eine digitale Übersicht sogenannter „kühler Orte“ erstellt werden. Hierzu können beispielsweise Kirchen, Bibliothek, öffentliche Aufenthaltsräume, Trinkwasserbrunnen oder schattige Freiräume gehören. Ergänzend sollten Informationen zu Öffnungszeiten, Barrierefreiheit und Erreichbarkeit integriert werden. Die Bereitstellung kann über die städtische Internetseite oder bestehende digitale Plattformen erfolgen und stellt einen einfachen, aber wirkungsvollen Baustein der Hitzevorsorge dar.

Maßnahme 1.6: Sensibilisierung und Information zum Thema Hitze

Ergänzend zu den infrastrukturellen Maßnahmen soll eine gezielte Informationskampagne zum Umgang mit sommerlicher Hitze entwickelt werden. Hierzu zählen die Erstellung von Informationsmaterialien, Verhaltenshinweisen und Empfehlungen für vulnerable Bevölkerungsgruppen. Die Inhalte können über die städtische Internetseite, Flyer, QR-Codes, Informationsplakate, soziale Medien sowie Beherbergungsbetriebe und touristische Einrichtungen verbreitet werden. Aufgrund der hohen touristischen Bedeutung der Insel sollten mehrsprachige Informationsangebote berücksichtigt werden. Die Maßnahme kann sowohl als einmalige Informationskampagne als auch als jährlich wiederkehrende Sommeraktion umgesetzt werden.

Zusammenfassende Bewertung

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 1 stärken die Klimaresilienz der Insel und tragen zur Anpassung an zunehmende Hitzebelastungen bei. Neben kurzfristig umsetzbaren Anpassungsmaßnahmen werden wichtige Datengrundlagen für eine langfristige und datenbasierte Klimaanpassung geschaffen.

10.2 HF 2: Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung

Ziel dieses Handlungsfeldes ist es, die Voraussetzungen für die zukünftige Transformation der Wärmeversorgung zu schaffen und vorhandene Potenziale erneuerbarer Energien gezielt zu erschließen. Im Mittelpunkt stehen die weiteren Planungs- und Entscheidungsgrundlagen für eine mögliche klimaneutrale Wärmeversorgung sowie die Identifikation denkmalverträglicher Potenziale zur erneuerbaren Energieerzeugung

Tabelle 19: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 2

Maßnahme	Umsetzung	Ziel / Zuständigkeit	Kostenschätzung Investitionen	Betriebskosten p.a.
Gezielte Befragung Anschlussinteresse Wärmenetz (Quartiersabfrage / Ankerkunden finden) (wenn Wärmenetz weiterverfolgt wird)	Kurzfristig	>30% Rücklauf; Infos zu Hürden bereitstellen / Presse & Klimaschutz	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beratung	
Machbarkeitsstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung (BAFA/BEW-förderbar, 50% Zuschuss)	Mittelfristig	Detaillierte Kosten Nutzen & Wirtschaftlichkeitsanalyse inkl. Denkmalschutz, Förderantrag / Stadtwerke, externer Planer, Förderstelle	150.000 – 700.000 € (vor Förderung) → 75.000 – 350.000 € (nach 50%)	0 € (optional Daten/Monitoring: 2.000–10.000€)
Denkmalfachliches Solarkataster erstellen (Kooperation Bayer. LfD)	Kurzfristig	Identifikation denkmalverträglicher Flächen für PV / Denkmalschutzbehörde, Städtebau	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	
Standortprüfung Heizzentrale unter Beachtung Rahmenplan „Hintere Insel“, Gestaltungsfibel und Bürgerentscheid (2–3 Varianten) ²⁸	Kurzfristig	Rechtssichere Standorte für zentrale Wärmeversorgung; Variantenvergleich; Abstimmung bis Q4 / Stadtplanung, Stadtrat, Denkmalschutz	Interner Aufwand	

²⁸ Das kann auch als Teil der BEW-Machbarkeitsstudie erfolgen

Maßnahme 2.1: Gezielte Befragung zum Anschlussinteresse an ein Wärmenetz

Die Ergebnisse der Potenzialanalyse zeigen, dass quartiersbezogene Versorgungslösungen grundsätzlich eine wesentliche Rolle für die zukünftige Wärmeversorgung der Insel spielen können. Voraussetzung für die weitere Planung eines Wärmenetzes ist jedoch die Kenntnis über die grundsätzliche Anschlussbereitschaft potenzieller Kunden. Daher soll eine gezielte Quartiersabfrage durchgeführt werden, um Interesse, Anschlusswahrscheinlichkeiten, technische Rahmenbedingungen sowie mögliche Hemmnisse zu erfassen. Gleichzeitig können Eigentümerinnen und Eigentümer frühzeitig über die Vorteile und Anforderungen eines Wärmenetzes informiert werden. Die Ergebnisse bilden eine wichtige Grundlage für weitere Wirtschaftlichkeits- und Machbarkeitsbetrachtungen.

Maßnahme 2.2: Machbarkeitsstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung

Die Potenzialanalyse hat gezeigt, dass die Nutzung des Bodensees als erneuerbare Wärmequelle grundsätzlich ein erhebliches Potenzial für die zukünftige Wärmeversorgung der Insel Lindau bietet. Zur Vertiefung dieser Erkenntnisse soll eine technische, wirtschaftliche und genehmigungsrechtliche Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. Ziel der Untersuchung ist ausdrücklich nicht die Bestätigung einer einzelnen Vorzugsvariante, sondern die ergebnisoffene Bewertung unterschiedlicher Versorgungsmöglichkeiten und Umsetzungsstrategien.

Im Rahmen der Machbarkeitsstudie sollen daher verschiedene Versorgungsvarianten entwickelt und miteinander verglichen werden. Hierzu zählen insbesondere unterschiedliche Netzstrukturen und Ausbaustufen, die Möglichkeit von Teil- oder Insellösungen für einzelne Quartiersbereiche, mehrere voneinander unabhängige Wärmenetze sowie dezentrale oder teildezentrale Versorgungskonzepte. Ergänzend können auch Alternativen ohne Wärmenetz betrachtet werden, um die jeweiligen Vor- und Nachteile verschiedener Lösungsansätze transparent gegenüberzustellen.

Ein besonderer Untersuchungsgegenstand ist die Einbindung des Festlands in zukünftige Versorgungskonzepte. Insbesondere die an die Insel angrenzenden Bereiche des Festlands können zusätzliche Optionen für die Wärmeversorgung eröffnen. Hierdurch können sich nicht nur weitere Anschluss- und Ausbaumöglichkeiten ergeben, sondern auch zusätzliche Potenziale für die Standortsuche einer Technik- oder Heizzentrale. Die Betrachtung beschränkt sich daher nicht ausschließlich auf die Insel selbst, sondern soll mögliche Synergien zwischen Insel und Festland systematisch untersuchen.

Darüber hinaus umfasst die Machbarkeitsstudie die Untersuchung möglicher Entnahme- und Rückgabestandorte am Bodensee, die Bewertung verschiedener Trassenführungen, die Dimensionierung von Leitungen und Anlagentechnik, die Analyse der Wirtschaftlichkeit sowie die Prüfung wasserrechtlicher, städtebaulicher und denkmalpflegerischer Rahmenbedingungen. Die Ergebnisse stellen eine belastbare Entscheidungsgrundlage für Politik, Verwaltung, Stadtwerke und weitere Akteure dar und bereiten den weiteren Weg der Wärmeversorgung der Insel Lindau fachlich fundiert vor.

Maßnahme 2.3: Denkmalfachliches Solarkataster

Die Nutzung von Photovoltaik und Solarthermie stellt grundsätzlich auch auf der Insel Lindau ein relevantes Potenzial zur Erzeugung erneuerbarer Energie dar. Gleichzeitig bestehen aufgrund des geschützten Ensembles und zahlreicher Einzeldenkmäler erhöhte Anforderungen an die Gestaltung und Genehmigungsfähigkeit solcher Anlagen. Im Rahmen eines denkmalfachlichen Solarkatasters sollen deshalb geeignete Dachflächen identifiziert und hinsichtlich ihrer denkmalrechtlichen Eignung bewertet werden. Ziel ist die Erstellung einer transparenten Entscheidungsgrundlage für Eigentümerinnen und Eigentümer, Planende und Genehmigungsbehörden. Gleichzeitig können typische Lösungsansätze und Gestaltungsempfehlungen für verschiedene Gebäudetypen erarbeitet werden.

Maßnahme 2.4: Standortprüfung für eine mögliche Heizzentrale

Sollte die Entwicklung eines Nah- oder Wärmenetzes weiterverfolgt werden, ist die frühzeitige Sicherung geeigneter Standorte für die erforderliche Wärmeinfrastruktur von zentraler Bedeutung. Im Rahmen dieser Maßnahme sollen mögliche Flächen für eine Heizzentrale beziehungsweise Energiezentrale untersucht und miteinander verglichen werden. Dabei sind neben technischen Anforderungen insbesondere städtebauliche Aspekte, Belange des Denkmalschutzes, bestehende Planungen sowie politische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. Die Untersuchung soll eine belastbare Entscheidungsgrundlage schaffen und mögliche Konflikte frühzeitig identifizieren, bevor vertiefende Planungen eingeleitet werden. Da insbesondere der westliche Bereich der Insel sowie die „Hintere Insel“ bereits Gegenstand laufender Planungen sind, ist eine enge Abstimmung mit Stadtplanung, Denkmalschutz und politischen Gremien erforderlich. Ein Standort auf dem Festland sollte betrachtet werden, wenn das Projekt sich auf das Festland ausdehnen wird.

Zusammenfassende Bewertung

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 2 schaffen die planerischen und strategischen Voraussetzungen für die zukünftige Transformation der Energieversorgung. Im Mittelpunkt stehen dabei belastbare Entscheidungsgrundlagen für die weitere Entwicklung einer klimaneutralen Wärmeversorgung und die Nutzung erneuerbarer Energien.

10.3 HF 3: Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung

Ziel dieses Handlungsfeldes ist es, die Anforderungen von Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Denkmalschutz frühzeitig miteinander zu verknüpfen und belastbare Planungsgrundlagen für zukünftige Maßnahmen zu schaffen. Im Fokus stehen dabei die klimaangepasste Weiterentwicklung des öffentlichen Raums sowie die Identifikation geeigneter Flächen und Infrastrukturkorridore

Tabelle 20: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 3

Maßnahme	Umsetzung	Ziel / Zuständigkeit	Kostenschätzung Investitionen	Betriebskosten p.a.
Denkmalverträgliche Sanierung von Belägen und Begrünung sowie Standorte für Baumpflanzungen prüfen (inkl. Wurzelraum, Kletterpflanzenalternative)	Mittelfristig	Erhalt historischer Substanz bei Hitzeminderung; geeignete Stellen identifizieren mit Abstimmung des Denkmalschutzes / GTL und Denkmalschutz	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	
Kartierung von Straßen, Plätzen und Gebäudekorridoren (z. B. Hafen, Reichsplatz, Bismarckplatz usw.)	Kurzfristig	Klärung von Eingriffsmöglichkeiten für Beläge, Leitungen, Wärmepumpen; Karte mit Kategorien (Pflicht, möglich, verboten), 100% Abdeckung / GTL, Stadtplanung, Denkmalschutz	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	

Maßnahme 3.1: Denkmalverträgliche Sanierung von Belägen und Begrünung

Die zunehmenden Auswirkungen des Klimawandels erfordern auch auf der Insel Lindau Maßnahmen zur Verbesserung des Stadtklimas und der Aufenthaltsqualität. Gleichzeitig bestehen aufgrund der historischen Platz- und Straßenräume hohe Anforderungen an die Gestaltung des öffentlichen Raums. Im Rahmen dieser Maßnahme sollen daher Möglichkeiten zur denkmalverträglichen Begrünung sowie zur Weiterentwicklung bestehender Belagsstrukturen untersucht werden.

Hierzu zählen insbesondere die Prüfung geeigneter Standorte für Baumpflanzungen, die Analyse verfügbarer Wurzelräume sowie die Bewertung alternativer Begrünungsformen wie Fassaden- oder Kletterpflanzen. Ergänzend sollen bestehende Oberflächen hinsichtlich ihrer klimatischen Wirkung bewertet und Möglichkeiten zur Verbesserung des Mikroklimas untersucht werden. Ziel ist die Entwicklung eines Maßnahmenkatalogs, der sowohl den Anforderungen des Klimaschutzes und der Klimawandelanpassung als auch den Belangen des Denkmalschutzes gerecht wird. Die Ergebnisse können langfristig als Grundlage für zukünftige Umgestaltungs- und Sanierungsmaßnahmen im öffentlichen Raum dienen.

Maßnahme 3.2: Kartierung von Straßen, Plätzen und Gebäudekorridoren

Für zahlreiche zukünftige Maßnahmen besteht derzeit Unsicherheit hinsichtlich der technischen und denkmalrechtlichen Umsetzbarkeit innerhalb des historischen Stadtkerns. Dies betrifft beispielsweise Leitungsbauvorhaben, Flächen für Wärmenetzinfrastrukturen, Aufstellflächen für technische Anlagen, Begrünungsmaßnahmen oder zukünftige Anpassungen des öffentlichen Raums.

Zur Schaffung einer gemeinsamen Planungsgrundlage soll daher eine systematische Kartierung der Insel erfolgen. Straßenräume, Plätze und Gebäudekorridore werden hinsichtlich ihrer Eignung für unterschiedliche Eingriffe bewertet und kategorisiert. Dabei sollen bestehende Informationen aus dem städtischen GIS-System, Erkenntnisse des Denkmalschutzes sowie aktuelle Fachplanungen miteinander verknüpft werden.

Die Kartierung dient insbesondere dazu, zukünftige Planungs- und Genehmigungsprozesse zu vereinfachen und Konflikte frühzeitig sichtbar zu machen. Gleichzeitig entsteht eine wichtige Arbeitsgrundlage für die weitere Entwicklung von Wärmenetzen, Klimaanpassungsmaßnahmen sowie zukünftigen Tiefbau- und Infrastrukturprojekten. Durch die frühzeitige Abstimmung zwischen Stadtplanung, den zuständigen Denkmalschutzbehörden und dem Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege können spätere Planungsrisiken reduziert und die Realisierbarkeit von Maßnahmen verbessert werden.

Zusammenfassende Bewertung

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 3 schaffen wichtige Grundlagen für die Vereinbarkeit von Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Denkmalschutz. Dadurch sollen zukünftige Planungen erleichtert und die Umsetzbarkeit nachfolgender Projekte verbessert werden.

10.4 HF 4: Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung

Die erfolgreiche Umsetzung des Quartierskonzeptes hängt wesentlich von der Mitwirkung der relevanten Akteure ab. Ziel dieses Handlungsfeldes ist es daher, Transparenz zu schaffen, Wissen zu vermitteln und die Akzeptanz für die geplanten Maßnahmen zu erhöhen. Durch Information, Kommunikation und Beteiligung sollen Eigentümerinnen und Eigentümer, Gewerbetreibende sowie weitere Akteure aktiv in den Transformationsprozess eingebunden werden.

Tabelle 21: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 4

Maßnahme	Umsetzung	Ziel / Zuständigkeit	Kostenschätzung Investitionen	Betriebskosten p.a.
Workshops mit Bürgern, Hotellern, Schülern (Wissenslücken schließen)	Laufend	Jährlich ca. 2 Veranstaltungen; gezielte Ansprache (inkl. Tourismus über Hotellerie) / Presse, Klimaschutz	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	
Beteiligungsprojekte: Informations- und Bürgerveranstaltungen	Mittelfristig	Dialogformate zur Wärmewende und Klimaanpassung; Rückkopplung zu Maßnahmen / Presse, Klimaschutz	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	
Begleitende Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit	Laufend	Kontinuierliche Kommunikation (Website, Presse, Veranstaltungen, Energie/Wärmenetz) / Klimaschutz, Energie, Presse	interner Personalaufwand, ggf. Honorare für externe Beteiligung	

Maßnahme 4.1: Workshops mit Bürgerinnen und Bürgern, Hotellerie und weiteren Akteuren

Zur Begleitung der Umsetzung sollen regelmäßig themenspezifische Workshops durchgeführt werden. Die Veranstaltungen richten sich insbesondere an Eigentümerinnen und Eigentümer, Gewerbetreibende, Hotellerie, Tourismusakteure sowie interessierte Bürgerinnen und Bürger. Inhalte können beispielsweise die zukünftige Wärmeversorgung der Insel, Fördermöglichkeiten, denkmalverträgliche Sanierungen oder Maßnahmen zur Klimawandelanpassung sein.

Die Workshops dienen nicht nur der Informationsvermittlung, sondern auch dem direkten Austausch zwischen Verwaltung, Fachplanenden und den betroffenen Akteuren. Dadurch können frühzeitig Fragestellungen, Hemmnisse und Erwartungen identifiziert und in den weiteren Planungsprozess integriert werden. Gleichzeitig leisten die Veranstaltungen einen wichtigen Beitrag zur Akzeptanzbildung und schaffen eine Grundlage für spätere Investitionsentscheidungen.

Maßnahme 4.2: Beteiligungsprojekte und Bürgerveranstaltungen

Neben klassischen Informationsveranstaltungen sollen gezielte Beteiligungsformate eingesetzt werden. Diese kommen insbesondere bei Maßnahmen mit hoher öffentlicher Relevanz in Betracht, beispielsweise bei Fragen der zukünftigen Wärmeversorgung, möglicher Infrastrukturstandorte oder Veränderungen im öffentlichen Raum.

Durch die aktive Beteiligung der Bevölkerung können lokale Kenntnisse, Bedürfnisse und Anregungen frühzeitig berücksichtigt werden. Gleichzeitig lassen sich mögliche Konflikte frühzeitig erkennen und gemeinsam Lösungsansätze entwickeln. Die Beteiligungsformate können dabei von Informationsveranstaltungen über Dialogforen bis hin zu projektbezogenen Beteiligungsverfahren reichen. Besonders im historisch sensiblen Umfeld der Insel Lindau ist eine transparente Kommunikation zukünftiger Entwicklungen von hoher Bedeutung.

Maßnahme 4.3: Begleitende Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Ergänzend zu Workshops und Beteiligungsformaten soll eine kontinuierliche Öffentlichkeitsarbeit etabliert werden. Ziel ist es, die Bevölkerung regelmäßig über Projektfortschritte, geplante Maßnahmen, Fördermöglichkeiten und Umsetzungsstände zu informieren.

Hierzu können bestehende Kommunikationskanäle der Stadt Lindau genutzt werden, beispielsweise die städtische Internetseite, Pressemitteilungen, Informationsveranstaltungen oder digitale Medien. Je nach Thema können auch zielgruppenspezifische Informationsangebote für Eigentümerinnen und Eigentümer, Gewerbetreibende, touristische Einrichtungen oder andere Betroffene entwickelt werden.

Eine kontinuierliche Kommunikation trägt dazu bei, Verständnis für die langfristigen Ziele des Quartierskonzeptes zu schaffen, Fehlinformationen entgegenzuwirken und den Umsetzungsprozess transparent zu gestalten. Gleichzeitig können erfolgreiche Einzelmaßnahmen sichtbar gemacht und als positive Beispiele für weitere Akteure genutzt werden.

Zusammenfassende Bewertung

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 4 fördern Transparenz, Akzeptanz und die aktive Mitwirkung der relevanten Akteure. Sie bilden damit eine wichtige Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung der technischen und organisatorischen Maßnahmen des Quartierskonzeptes.

11 Umsetzungskonzept: Controlling und Monitoring

Die Umsetzung des integrierten energetischen Quartierskonzepts für die Insel Lindau erfordert ein strukturiertes, dauerhaft angelegtes Controlling- und Monitoring-System, das die Stadt in die Lage versetzt, Fortschritte systematisch zu erfassen, Maßnahmen zu priorisieren und Entscheidungen nachvollziehbar zu treffen.

Das Monitoring dient dabei nicht ausschließlich der Berichterstattung, sondern ist als aktives Steuerungsinstrument zu verstehen, mit dem Umsetzung, Wirkung und Zielerreichung kontinuierlich überprüft und bei Bedarf nachjustiert werden können.

Gerade vor dem Hintergrund der besonderen Rahmenbedingungen auf der Insel Lindau – historisches Ensemble, hohe Nutzungsdichte, komplexe Eigentümer- und Akteursstrukturen sowie langfristige Infrastrukturentscheidungen – ist ein solches Instrument erforderlich, um Komplexität handhabbar zu machen und Transparenz zu schaffen.

Zielsetzung des Monitorings

Ziel des Controllings und Monitorings ist es,

- den Umsetzungsstand der beschlossenen Maßnahmen nachvollziehbar abzubilden,
- Fortschritte und Hemmnisse frühzeitig zu erkennen,
- die Zielerreichung in Bezug auf Klimaanpassung, Aufenthaltsqualität und Umsetzungsfähigkeit messbar zu machen,
- und eine belastbare Grundlage für politische, administrative und finanzielle Entscheidungen zu schaffen.

Das Monitoring soll damit insbesondere der Stadt als zentrales Werkzeug zur Projektsteuerung, Priorisierung und Kommunikation dienen.

Systematik und Grundstruktur

Das Monitoring orientiert sich am Maßnahmenkatalog gemäß nachfolgender Kapitel und ist daran gekoppelt. Für jede Maßnahmenkategorie werden klar definierte Indikatoren festgelegt, anhand derer der Umsetzungsfortschritt regelmäßig bewertet werden kann. Dabei wird zwischen Umsetzungs-, Prozess- und Wirkungsindikatoren unterschieden.

Die Auswertung erfolgt regelmäßig (z. B. jährlich) und kann bei Bedarf – etwa bei größeren Projektschritten oder Förderverfahren – ergänzt werden.

11.1 Klimawandelanpassung und Digitalisierung

Ziel des Controllings in diesem Handlungsfeld ist die regelmäßige Überprüfung, ob die geplanten Maßnahmen zur Verbesserung der Klimaresilienz und zur Anpassung an zunehmende Hitzebelastungen umgesetzt werden und die angestrebten Wirkungen entfalten. Neben der Umsetzung einzelner Maßnahmen stehen insbesondere die Verbesserung der Datengrundlage, die Unterstützung hitzeangepassten Verhaltens sowie die Erhöhung der Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum im Fokus. Die Erfassung erfolgt überwiegend anhand von Umsetzungs-, Nutzungs- und Reichweitenindikatoren.

Zentrale Indikatoren:

- Anzahl installierter Wetterstationen
- Verfügbarkeit lokaler Klimadaten
- Anzahl zusätzlicher Trinkwasserbrunnen
- Anzahl umgesetzter Kühlungs- und Verschattungsmaßnahmen
- Nutzung digitaler Informationsangebote
- Anzahl erreichter Personen durch Informations- und Sensibilisierungsmaßnahmen
- Aktualität und Nutzungsintensität digitaler Angebote
- Fortschritt der Maßnahmenumsetzung

Bewertung und Fortschrittskontrolle

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 1 können überwiegend anhand direkt messbarer Umsetzungsindikatoren nachvollzogen werden. Ergänzend sollten die erhobenen Klimadaten langfristig genutzt werden, um Veränderungen der Hitzebelastung sowie die Wirksamkeit einzelner Klimaanpassungsmaßnahmen besser beurteilen zu können. Die Ergebnisse des Monitorings dienen zugleich als Grundlage für die kontinuierliche Weiterentwicklung der Klimaanpassungsstrategie auf der Insel Lindau.

Tabelle 22: Indikatoren Klimawandelanpassung und Digitalisierung

Maßnahme / Bezug	Indikator	Einheit / Ausprägung	Datenquelle	Turnus	Verantwortlich
Installation von Wetterstationen zur Messung von Temperatur und Luftzirkulation (ca. 5 Stationen)	Anzahl installierter Wetterstationen	Anzahl	Stadt Lindau / Betreiber	jährlich	Klimaschutzmanagement
Ausbau von Brunnen (2 neue nach GTL)	Anzahl neu errichteter Trinkwasserbrunnen	Anzahl	GTL / Stadtwerke	jährlich	GTL
Punktuelle Nebelduschen / Bodennebelanlagen installieren	Umgesetzte Kühlungsstandorte	Anzahl	Stadt Lindau	jährlich	GTL
Mobile Verschattung (Sonnensegel, Holzpergolen ohne Befestigung)	Geschaffene Verschattungselemente bzw. verschattete Aufenthaltsflächen	Anzahl bzw. m ²	Stadt Lindau	jährlich	GTL
Digitale Karte kühler Orte (Kirchen, Bibliothek, Brunnen inkl. Öffnungszeiten)	Anzahl erfasster kühler Orte und Nutzung der Plattform	Anzahl / Seitenaufrufe	Stadt Lindau / Webstatistik	jährlich	Klimaschutzmanagement
Sensibilisierung für Hitze (Verhaltenshinweise, Homepage-Link)	Durchgeführte Informationsmaßnahmen und erreichte Personen	Anzahl / Reichweite	Stadt Lindau	jährlich	Klimaschutzmanagement

11.2 Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung

Ziel des Monitorings in diesem Handlungsfeld ist die regelmäßige Überprüfung des Fortschritts bei der Transformation der Energieversorgung. Im Mittelpunkt stehen dabei die Weiterentwicklung möglicher Wärmenetz- und Seethermielösungen, die Erschließung erneuerbarer Energiepotenziale sowie die Schaffung der planerischen Grundlagen für zukünftige Investitionsentscheidungen. Da sich viele Maßnahmen zunächst auf Untersuchungen, Planungen und politische Entscheidungen beziehen, liegt der Fokus zunächst auf Umsetzungs- und Fortschrittsindikatoren. Zentrale Indikatoren:

- Fortschritt der Planungs- und Machbarkeitsuntersuchungen
- Beteiligung potenzieller Wärmenetzkunden
- Identifizierte technische und wirtschaftliche Potenziale
- Verfügbarkeit geeigneter Infrastrukturstandorte
- Erschließung denkmalverträglicher Solarenergiepotenziale
- Politische und administrative Beschlüsse zur weiteren Umsetzung

Bewertung und Fortschrittskontrolle

Die Maßnahmen des Handlungsfeldes 2 bilden die wesentlichen planerischen Voraussetzungen für die langfristige Transformation der Wärmeversorgung. Das Monitoring konzentriert sich daher zunächst auf die Umsetzung und den Abschluss der vorbereitenden Untersuchungen sowie auf die Schaffung belastbarer Entscheidungsgrundlagen. Mit fortschreitender Umsetzung können die Indikatoren um konkrete Kennzahlen zur Wärmeerzeugung, zum Ausbau erneuerbarer Energien und zu erzielten Treibhausgas-minderungen ergänzt werden.

Tabelle 23: Indikatoren Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung

Maßnahme / Bezug	Indikator	Einheit / Ausprägung	Datenquelle	Turnus	Verantwortlich
Gezielte Befragung Anschlussinteresse Wärmenetz (Quartiersabfrage / Ankerkunden finden) (wenn Wärmenetz weiterverfolgt wird)	Rücklaufquote und identifiziertes Anschlussinteresse	% / Anzahl Interessenten	Befragungsergebnisse	nach Durchführung	Klimaschutzmanagement / Stadtwerke
Machbarkeitsstudie zur zukünftigen Wärmeversorgung (BAFA/BEW-förderbar, 50% Zuschuss)	Abschluss der Studie und Anzahl bewerteter Versorgungsvarianten	ja/nein / Anzahl Varianten	Machbarkeitsstudie	projektbezogen	Stadtwerke / Stadt Lindau
Denkmalfachliches Solarkataster erstellen (Kooperation Bayer. LfD)	Erfasste und bewertete Dachflächen	Anzahl / GIS-Kataster	Solarkataster	bei Fortschreibung	Stadt Lindau / Denkmalschutz
Standortprüfung Heizzentrale unter Beachtung Rahmenplan „Hintere Insel“, Gestaltungsfibel und Bürgerentscheid (2–3 Varianten) ²⁹	Geprüfte Standorte und politische Beschlusslage	Anzahl / Beschlussstatus	Planungsunterlagen	projektbezogen	Stadtplanung / Klimaschutzmanagement

²⁹ Das kann auch als Teil der BEW-Machbarkeitsstudie erfolgen

11.3 Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung

Ziel des Monitorings in diesem Handlungsfeld ist die regelmäßige Überprüfung der Fortschritte bei der Integration von Klimaschutz, Klimawandelanpassung und Denkmalschutz. Im Mittelpunkt stehen dabei die Schaffung von Planungsgrundlagen für zukünftige Maßnahmen sowie die Identifikation geeigneter Bereiche für eine klimaangepasste und denkmalverträgliche Weiterentwicklung des öffentlichen Raums. Die Bewertung erfolgt überwiegend über Umsetzungs- und Fortschrittsindikatoren, da zunächst konzeptionelle und planerische Grundlagen geschaffen werden.

Zentrale Indikatoren:

- Fortschritt der Untersuchungen und Kartierungen
- Identifizierte Potenzialflächen für Begrünung und Klimaanpassung
- Berücksichtigung denkmalpflegerischer Anforderungen
- Verfügbarkeit belastbarer Planungsgrundlagen für Folgeprojekte
- Integration der Ergebnisse in zukünftige Planungs- und Genehmigungsprozesse

Bewertung und Fortschrittskontrolle

Die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes schaffen wesentliche Grundlagen für spätere Infrastruktur-, Klimaanpassungs- und Wärmenetzmaßnahmen. Das Monitoring konzentriert sich daher insbesondere auf die Erstellung der erforderlichen Fachgrundlagen sowie deren Nutzung in nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsprozessen. Langfristig kann überprüft werden, in welchem Umfang die erarbeiteten Konzepte und Kartierungen tatsächlich in konkrete Umsetzungsmaßnahmen überführt werden.

Tabelle 24: Indikatoren Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung

Maßnahme / Bezug	Indikator	Einheit / Ausprägung	Datenquelle	Turnus	Verantwortlich
Denkmalverträgliche Sanierung von Belägen und Begrünung sowie Standorte für Baumpflanzungen prüfen	Identifizierte Potenzialstandorte und abgeschlossene Untersuchung	Anzahl / ja-nein	Fachgutachten / Planung	projekt-bezogen	GTL / Denkmalschutz
Kartierung von Straßen, Plätzen und Gebäudekorridoren (z. B. Hafen, Reichsplatz, Bismarckplatz usw.)	Kartierte Flächen und veröffentlichte Planungsgrundlage	% Abdeckung / ja-nein	GIS / Fachplanung	projekt-bezogen	Stadtplanung / Denkmalschutz

11.4 Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung

Ziel des Monitorings in diesem Handlungsfeld ist die regelmäßige Überprüfung, in welchem Umfang die relevanten Akteure in den Umsetzungsprozess eingebunden werden und wie wirksam die Informations- und Kommunikationsmaßnahmen sind. Da die Wärmewende und Klimawandelanpassung auf der Insel Lindau maßgeblich von der Mitwirkung von Eigentümerinnen und Eigentümern, Gewerbetreibenden, touristischen Akteuren sowie der Bevölkerung abhängen, kommt der kontinuierlichen Kommunikation und Beteiligung eine besondere Bedeutung zu. Das Monitoring konzentriert sich daher auf die Reichweite, Beteiligung und Akzeptanz der umgesetzten Maßnahmen.

Zentrale Indikatoren:

- Anzahl durchgeführter Veranstaltungen und Workshops
- Anzahl teilnehmender Personen
- Beteiligung relevanter Zielgruppen
- Reichweite von Informations- und Kommunikationsmaßnahmen
- Kontinuierliche Bereitstellung aktueller Informationen
- Rückmeldungen und Anregungen aus Beteiligungsprozessen

Bewertung und Fortschrittskontrolle

Die Maßnahmen dieses Handlungsfeldes tragen wesentlich zur Akzeptanzbildung und zur langfristigen Umsetzbarkeit des Quartierskonzeptes bei. Das Monitoring dient insbesondere dazu, die Reichweite und Wirksamkeit der Kommunikations- und Beteiligungsmaßnahmen zu bewerten sowie gegebenenfalls Anpassungen bei Zielgruppenansprache und Informationsangeboten vorzunehmen. Gleichzeitig können Beteiligungsprozesse wichtige Hinweise für die Weiterentwicklung der Maßnahmen und deren Priorisierung liefern.

Tabelle 25: Indikatoren Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung

Maßnahme / Bezug	Indikator	Einheit / Ausprägung	Datenquelle	Turnus	Verantwortlich
Workshops mit Bürgern, Hotellerie und weiteren Akteuren	Durchgeführte Workshops und Teilnehmende	Anzahl / Personen	Veranstaltungs-dokumentation	jährlich	Klimaschutzma-nagement
Beteiligungsprojekte / Bürgerveranstaltungen	Durchgeführte Beteiligungsfor-mate und Rückmeldungen	Anzahl / Betei-ligte	Veranstaltungs-dokumentation	jährlich	Klimaschutzma-nagement
Begleitende Kommunikation und Öffentlich-keitsarbeit	Veröffentlichte Informationen und erreichte Personen	Anzahl / Reich-weite	Website, Presse, Social Media	jährlich	Klimaschutzma-nagement / Pres-searbeit

11.5 Organisation, Zuständigkeiten und Nutzung

Das Controlling und Monitoring ist organisatorisch bei der Stadt Lindau anzusiedeln, idealerweise angebunden an die Bereiche Klimaschutz, Stadtplanung oder eine querschnittliche Koordinationsstelle. Die Datengrundlagen werden aus unterschiedlichen Fachbereichen zusammengeführt, darunter Stadtverwaltung, Stadtwerke, Beteiligungsprozesse, Fördermittelmanagement sowie projektbezogene Fachgutachten.

Das Monitoring dient nicht nur der Dokumentation des Umsetzungsfortschritts, sondern auch der frühzeitigen Identifikation von Handlungsbedarfen und Anpassungserfordernissen. Die Ergebnisse werden regelmäßig ausgewertet und den zuständigen Fachbereichen sowie politischen Gremien zur Verfügung gestellt.

Die Ergebnisse des Monitorings dienen insbesondere:

- der internen Steuerung und Priorisierung von Maßnahmen,
- der Erfolgskontrolle und Evaluation des Quartierskonzeptes,
- der Vorbereitung politischer Entscheidungen,
- der Kommunikation gegenüber Fördermittelgebern,
- der Fortschreibung des Quartierskonzeptes,
- sowie der transparenten Information der Öffentlichkeit.

Einordnung und Nutzen

Das Controlling- und Monitoring-System bildet die Verbindung zwischen den strategischen Zielen des integrierten energetischen Quartierskonzeptes und deren praktischer Umsetzung. Durch die regelmäßige Erfassung und Auswertung zentraler Kennzahlen können Fortschritte sichtbar gemacht, Zielabweichungen frühzeitig erkannt und Maßnahmen bei Bedarf angepasst werden.

Gleichzeitig schafft das Monitoring eine nachvollziehbare Grundlage für Verwaltung, Politik und Öffentlichkeit. Es unterstützt die Stadt Lindau dabei, die Umsetzung der Maßnahmen langfristig zu begleiten und die angestrebte Transformation der Insel Lindau in Richtung Klimaneutralität, Klimawandelanpassung und denkmalverträglicher Quartiersentwicklung systematisch zu steuern.

12 Fazit und Zusammenfassung

Die Insel Lindau stellt als historisch gewachsenes, vollständig denkmalgeschütztes Ensemble einen besonderen Sonderfall innerhalb der kommunalen Energie- und Klimapolitik dar. Hohe bauliche Dichte, begrenzte Flächen, vielfältige Nutzungen sowie eine außergewöhnliche touristische Bedeutung prägen das Quartier und führen zu spezifischen Herausforderungen, aber auch zu besonderen Potenzialen. Vor diesem Hintergrund wurde das integrierte energetische Quartierskonzept (IEQK) entwickelt, um einen fachlich fundierten und realistisch umsetzbaren Beitrag zur Erreichung der ambitionierten klimapolitischen Ziele der Stadt Lindau zu leisten.

Ausgangspunkt des Konzepts ist die politische Zielsetzung der Stadt, bis spätestens 2035 klimaneutral zu werden. Die Analyse der Rahmenbedingungen und des Bestandszustands zeigt deutlich, dass die Treibhausgasemissionen im Quartier nahezu vollständig durch die Wärmeversorgung dominiert werden, während der Stromsektor – bedingt durch die Versorgung mit erneuerbarem Wasserkraftstrom – bereits heute eine vergleichsweise günstige Ausgangslage aufweist. Entsprechend liegt der strategische Schwerpunkt des IEQK folgerichtig auf dem Wärmesektor.

Die Bestandsanalyse verdeutlicht, dass der Gebäudebestand auf der Insel Lindau überwiegend historisch geprägt ist, vielfach aus vorindustriellen Baualtersklassen stammt und nur eingeschränkte Möglichkeiten für gebäudeindividuelle energetische Sanierungen bietet. Gleichzeitig besteht ein hoher Anteil fossil betriebener Heizungsanlagen, insbesondere erdgasbasierter Systeme. Diese Kombination aus hohem Wärmebedarf, fossiler Ausgangslage und eingeschränkten Sanierungsoptionen macht deutlich, dass die Klimaziele auf Ebene einzelner Gebäude allein nicht erreichbar sind und quartiersbezogene Ansätze erforderlich werden.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen der Potenzialanalyse unterschiedliche erneuerbare Energieoptionen systematisch untersucht. Während Biomasse, oberflächennahe Geothermie, Abwasserwärme oder Luft-Wasser-Wärmepumpen jeweils nur begrenzt oder nicht quartiersweit geeignet sind, ergibt sich mit der Nutzung von Seethermie aus dem Bodensee eine standortspezifisch besonders vorteilhafte Option. Die Nähe zum See, die ganzjährig stabile Umweltwärmequelle und die Erfahrungen aus vergleichbaren Projekten am Bodensee zeigen, dass Seethermie grundsätzlich geeignet ist, einen wesentlichen Beitrag zur klimaneutralen Wärmeversorgung der Insel zu leisten. Gleichzeitig wird deutlich, dass eine Umsetzung nur im Rahmen eines zentralen oder teilzentralen Wärmenetzes sinnvoll und wirtschaftlich darstellbar ist.

Die Variantenuntersuchung zur Wärmeversorgung bestätigt, dass netzgebundene Lösungen – insbesondere in Kombination mit Seethermie – langfristig sowohl aus ökologischer als auch aus wirtschaftlicher Perspektive Vorteile bieten können, sofern ausreichende Anschlussquoten erreicht werden. Zugleich zeigt das Konzept klar auf, dass weiterführende Untersuchungen notwendig sind, um technische,

genehmigungsrechtliche und wirtschaftliche Fragestellungen zu vertiefen und eine belastbare Entscheidungsgrundlage zu schaffen. Die empfohlene Machbarkeitsstudie nach BEW Modul 1 bildet daher den zwingenden nächsten Schritt zwischen Konzeption und Umsetzung.

Neben dem Fokus auf die Wärmeversorgung adressiert das IEQK auch weitere zentrale Themenfelder der integrierten Quartiersentwicklung. Maßnahmen zur Klimaanpassung und zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität tragen der zunehmenden Hitzebelastung Rechnung, die in dicht bebauten, versiegelten historischen Stadträumen besonders wirksam wird. Verschattung, Begrünung, wassersensible Gestaltung sowie die Bereitstellung kühler Aufenthaltsorte ergänzen die energetischen Maßnahmen sinnvoll und leisten einen unmittelbar spürbaren Beitrag zur Lebensqualität.

Besondere Bedeutung kommt zudem der Information, Beteiligung und Akteursaktivierung zu. Die Analyse und die bisherigen Beteiligungsschritte machen deutlich, dass Akzeptanz, Transparenz und nachvollziehbare Entscheidungsprozesse zentrale Voraussetzungen für die Umsetzung kollektiver Lösungen wie eines Wärmenetzes sind. Das IEQK versteht Beteiligung daher nicht als flankierende Maßnahme, sondern als integralen Bestandteil der weiteren Projektentwicklung.

Der Maßnahmenkatalog des Umsetzungskonzepts übersetzt die strategischen Erkenntnisse des IEQK in klar strukturierte nächste Schritte. Ergänzt wird dieser durch ein projektangepasstes Controlling- und Monitoring-Konzept, das der Stadt Lindau ein dauerhaftes Werkzeug zur Steuerung, Priorisierung und Fortschrittsbewertung an die Hand gibt. Damit wird sichergestellt, dass das Quartierskonzept nicht als statisches Papier endet, sondern als dynamischer Orientierungs- und Entscheidungsrahmen weiterwirkt.

Insgesamt zeigt das integrierte energetische Quartierskonzept für die Insel Lindau, dass die Transformation eines historischen, denkmalgeschützten Stadtraums hin zu Klimaneutralität möglich ist – jedoch nur über einen integrierten, schrittweisen und quartiersbezogenen Ansatz, der technische, städtebauliche, denkmalpflegerische und gesellschaftliche Aspekte gleichermaßen berücksichtigt. Die Insel Lindau kann damit eine Vorbildrolle für vergleichbare historische Städte und Quartiere einnehmen, in denen Klimaschutz nicht trotz, sondern im Einklang mit dem baukulturellen Erbe gestaltet wird.

13 Verzeichnisse

13.1 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Karte: Lindau & Lindau-Insel, Google Maps, bearbeitet	7
Abbildung 2: Entwicklung des Durchschnittsalters in Lindau (Bodensee) bis 2039, (Bayrisches Landesamt für Statistik, 2025)	13
Abbildung 3: Altersverteilung Lindau (Bodensee) (Bayrisches Landesamt für Statistik, 2025) ..	14
Abbildung 4: Sozialversicherungsbeschäftigte nach Beschäftigungssektor	15
Abbildung 5: Satellitenbild Insel Lindau (Google Maps, 2026).....	18
Abbildung 6: Grünfläche, Bereich "Gerberschanze"	19
Abbildung 7: Wiese, Hintere Insel	20
Abbildung 8: Parkgarten mit Stern-Brunnen.....	20
Abbildung 9: Grünfläche, südlich Spielbank.....	21
Abbildung 10: Freifläche, südlich Spielbank.....	21
Abbildung 11: Grünfläche, Jugendprojekt, Yachthafen	21
Abbildung 12: Einteilung des Untersuchungsgebietes in Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, 2025).....	22
Abbildung 13: Überwiegende Nutzung der Gebäude innerhalb der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, nach OpenData Bayern).....	23
Abbildung 14: Nutzungsverteilung des Erdgeschosses der Gebäude innerhalb der Baublöcke (Quelle: eigene Darstellung, nach ISEK und Begehung)	24
Abbildung 15: Baualtersklassen (Quelle: eigene Darstellung, nach Zensus 2022)	25
Abbildung 16: Baudenkmäler (Quelle: eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege).....	26
Abbildung 17: Baualtersklassen (Quelle: eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege).....	27

Abbildung 18: Anzahl der denkmalgeschützten Gebäude nach Baualter (eigene Darstellung, nach Bayrisches Landesamt für Denkmalpflege)	27
Abbildung 19: Versiegelte Flächen, Hitze-Hotspots aus dem Insel- Entwicklungskonzept, S.5832	
Abbildung 20: Ausschnitt: Lokalklima- und Luftqualitätskarte der Insel Lindau	33
Abbildung 21: Legende zur Karte „Lokalklima- und Luftqualitätskarte der Insel Lindau“	33
Abbildung 22: Haltestellen- und Buslinienübersicht im Quartier (Open Street Map, 2025)	35
Abbildung 23: Endenergieverbrauch der Gebäude nach Energieträgern und Verbrauchssektoren (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)	41
Abbildung 24: Primärenergieverbrauch der Gebäude nach Energieträgern (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)	41
Abbildung 25: THG-Emissionen der Gebäude nach Energieträgern (Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung)	42
Abbildung 26 Prognose CO ₂ -Emissionen im deutschen Strommix 2025 bis 2055	48
Abbildung 27: Endenergieverbrauch Insel-Lindau	53
Abbildung 28: Treibhausgas-Emissionen Insel-Lindau	54
Abbildung 29 Wärmebedarf nach Verbrauchssektor & Energieträger	72
Abbildung 30 Wärmebedarf nach Energieträger	73
Abbildung 31 Schema Variante 1	84
Abbildung 32 Schema Variante 2	86
Abbildung 33 Schema Variante 3	88
Abbildung 34 Schema Variante 4	89
Abbildung 35 Schema Variante 5	90
Abbildung 36: Investitionskosten der Versorgungsvarianten	97
Abbildung 37 Jährliche Kosten der Varianten	99
Abbildung 38: Wärmegestehungskosten der Varianten	101

Abbildung 39: Min-Max Investitionskosten nach Förderung	106
Abbildung 40: Min/Max Jährliche Kosten	107
Abbildung 41: Min/Max Wärmegestehungskosten	108
Abbildung 42 CO ₂ -Emissionen der Varianten	109
Abbildung 43 Spezifische Emissionen	110
Abbildung 44: Wärmegestehungskosten 2055.....	113
Abbildung 45: Google Maps, Markierungen westlich (grün) und östlich (blau).....	116
Abbildung 46: Foto der Infoveranstaltung am Marktplatz.....	118
Abbildung 47: Foto vom Markstand, Stimmungsbild Engagement	120

13.2 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Wesentliche Kennzahlen des Untersuchungsgebiets	8
Tabelle 2: Relevante gesetzliche Grundlagen.....	10
Tabelle 3: Wesentliche Förderprogramme	12
Tabelle 4: Abgeleitete Verkehrs- und THG-Bilanz für das Quartier	38
Tabelle 5: Primärenergie- und Emissionsfaktoren der Energieträger (Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Techno-logie Katalog der KEA).....	40
Tabelle 6: Endenergieverbrauch nach Energieträgern	43
Tabelle 7: Primärenergieverbrauch nach Energieträgern	43
Tabelle 8: THG-Emissionen nach Energieträgern	44
Tabelle 9: Erneuerbare-Energie-Anlagen im Quartier „Insel Lindau“	51
Tabelle 10: Energieverbrauch und THG-Emissionen Quartier.....	53
Tabelle 11: Abschätzung Wärmebedarf öffentliche Gebäude.....	80
Tabelle 12: Übersicht Auslegung der Varianten.....	93
Tabelle 13: Fördermöglichkeiten Wärme	95
Tabelle 14: Kosten der Varianten.....	96
Tabelle 15 Jährliche Kosten der Varianten	98
Tabelle 16: Bedingungen der Sensitivitätsanalyse	105
Tabelle 17: Emissionsfaktoren für Emissionsanalyse	109
Tabelle 18: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 1	122
Tabelle 19: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 2	125
Tabelle 20: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 3	128
Tabelle 21: Übersicht Maßnahmenkatalog Handlungsfeld 4	130

Tabelle 22: Indikatoren Klimawandelanpassung und Digitalisierung.....	134
Tabelle 23: Indikatoren Erneuerbare Energie – Wärme und Stromerzeugung.....	136
Tabelle 24: Indikatoren Denkmalschutz, öffentlicher Raum und Freiraumgestaltung.....	138
Tabelle 25: Indikatoren Öffentlichkeitsarbeit und Beteiligung	140

13.3 Abkürzungsverzeichnis

Ø	Durchschnitt
€	Euro
€/(kW•a)	Euro pro Kilowatt und Jahr
€/kW	Euro pro Kilowatt
€/m ²	Euro pro Quadratmeter
a	Jahr
AG	Aktiengesellschaft
BHKW	Blockheizkraftwerk
BImSchV	Bundes-Immissionsschutzverordnung
CO ₂	Kohlenstoffdioxid
DH	Doppelhaus
DIW	Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung
dt.	deutsch(er)
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFH	Einfamilienhaus
EnEV	Energieeinsparverordnung
GEMIS	Globales Emissions-Modell integrierter Systeme
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GmbH & Co. KG	Gesellschaft mit beschränkter Haftung & Compagnie Kommanditgesellschaft
H _i	Heizwert

H _s	Brennwert
IWU	Institut für Wohnen und Umwelt
KBA	Kraftfahrtbundesamt
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
Kfz	Kraftfahrzeug
kg	Kilogramm
KG	Kommanditgesellschaft
kW	Kilowatt
kW _{el}	Kilowatt elektrisch
kW _{th}	Kilowatt thermisch
kWh	Kilowattstunden
kWh _{el}	Kilowattstunden elektrisch
kWh _{th}	Kilowattstunden thermisch
m	Meter
m ²	Quadratmeter
m ³	Kubikmeter
MFH	Mehrfamilienhaus
MW	Megawatt
MWh	Megawattstunden
MWh _{el}	Megawattstunden elektrisch
MWh _{th}	Megawattstunden thermisch
Pkw	Personenkraftwagen
RH	Reihenhaus
t	Tonnen
t/a	Tonnen pro Jahr
Trm	Trassenmeter
Ü-Station	Übergabestation (zur Nahwärmeversorgung)
VG	Vorschaltgerät
WDVS	Wärmedämmverbundsystem

WSVO

Wärmeschutzverordnung

14 Glossar

Basierend auf der Quelle: Agentur für Erneuerbare Energien online unter: <http://www.unendlich-viel-energie.de/glossar>

Blockheizkraftwerk (BHKW)

Ein Blockheizkraftwerk ist eine Anlage zur gekoppelten Erzeugung von Strom und Wärme nach dem Prinzip der Kraft-Wärme-Kopplung. Siehe auch: Kraft-Wärme-Kopplung (KWK).

Brennwert

Der Brennwert beschreibt die Energie, die bei vollständiger Verbrennung eines Stoffes abgegeben wird. Im Brennwert ist die durch die Kondensation von Wasserdampf freigewordene Energie, also die Kondensationswärme, einbezogen.

Endenergie

Als Endenergie bezeichnet man die Energie, die dem Verbraucher nach Abzug von Transport- und Umwandlungsverlusten als Strom, Wärme oder Kraftstoff zur Verfügung steht.

Energieeffizienz

Allgemein bezeichnet das Wort Effizienz das Verhältnis vom erzielten Ertrag zur eingesetzten Arbeit, also von Aufwand und Nutzen. Bei der Energieeffizienz geht es um einen möglichst hohen Wirkungsgrad bei der Energieumwandlung bzw. um einen möglichst geringen Energieverbrauch von Gebäuden, Geräten und Maschinen. Die Steigerung der Energieeffizienz bedeutet, dass die gleiche (oder mehr) Leistung mit einem geringeren Energieaufwand bereitgestellt wird. Als Beispiel: Im Falle des Autoverkehrs bedeutet Effizienzsteigerung, dass durch technische Weiterentwicklungen für dieselbe Strecke weniger Energie in Form von Kraftstoff benötigt wird.

Energieeinsparung

Umfasst allgemein alle Maßnahmen, die den Energieverbrauch senken. Energieeinsparung ist allerdings nicht das Gleiche wie die Steigerung der Energieeffizienz: Bei der Steigerung der Energieeffizienz geht es darum, durch technische Mittel weniger Energie für die gleiche Leistung aufzuwenden. Demgegenüber bezieht sich der Begriff Energieeinsparung meist auf ein geändertes Nutzerverhalten, das den Energieverbrauch reduziert. Im Falle des Autoverkehrs lässt sich durch ein verändertes Nutzerverhalten, zum Beispiel durch die Reduktion der Geschwindigkeit oder den Umstieg auf das Fahrrad, Energie einsparen.

Energieverbrauch

Umgangssprachlich für den Einsatz von Endenergieträgern, das heißt Kraftstoffe, Wärme und Strom.

Erdwärmekollektoren

Erdwärmekollektoren werden in 80-160 cm Tiefe horizontal verlegt. In den Kollektoren befindet sich eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die von Regen und Sonne ins Erdreich eingebrachte Wärme aufnimmt und der Wärmepumpe zuführt. Nachdem die Wärmepumpen die Temperatur der Erdwärme erhöht hat, wird diese zum Heizen des Gebäudes und für die Warmwasserbereitung genutzt.

Erdwärmesonden

Erdwärmesonden werden in senkrechten Bohrungen mit einer Tiefe von wenigen Metern bis zu 100 Metern installiert. Im Sondenkreislauf zirkuliert eine Wärmeträgerflüssigkeit, die die im Untergrund gespeicherte Wärme aufnimmt. Über eine Wärmepumpe wird die Temperatur weiter erhöht und die so gewonnene Wärme zum Heizen und für die Warmwasserbereitung verwendet.

Erneuerbare Energien

Energie aus nachhaltigen Quellen wie Wasserkraft, Windenergie, Sonnenenergie, Biomasse und Erdwärme. Im Gegensatz zu den fossilen Energieträgern Erdöl, Erdgas, Stein- und Braunkohle sowie dem Kernbrennstoff Uran verbrauchen sich diese Energiequellen nicht, bzw. sie sind erneuerbar.

Fernwärme

Fernwärme ist thermische Energie, die durch ein System isolierter Rohre zum Endverbraucher gelangt. Die Energie wird überwiegend zur Heizung von Gebäuden genutzt. Das heiße Wasser, das in das Fernwärmenetz eingespeist wird, stammt aus Heizwerken oder Heizkraftwerken. Letztere gewinnen mittels Kraft-Wärme-Kopplung gleichzeitig Strom und nutzbare Abwärme. Die meisten Anlagen werden noch mit Kohle oder Erdgas betrieben, es gibt aber auch Anlagen, die Biomasse (z.B. Holzhackschnitzel) oder Erdwärme nutzen.

Fossile Energieträger

Fossile Energieträger sind durch biologische und physikalische Vorgänge im Erdinneren und auf der Erdoberfläche über lange Zeiträume entstanden. Zu ihnen zählen Erdöl und Erdgas sowie Braun- und Steinkohle. Ihre Nutzung setzt Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid frei.

Geothermie

Wärmeenergie unterhalb der Erdoberfläche. Bei der Tiefengeothermie (ab 400 Meter Tiefe) wird Energie aus dem Erdinneren zur Strom-, Wärme- oder Kältegewinnung genutzt. Die Tiefengeothermie wird in hydrothermale und petrothermale Geothermie unterschieden. Unter oberflächennaher Geothermie versteht man die Nutzung der Energie, welche in den obersten Erdschichten oder dem Grundwasser gespeichert ist. Auch die hier herrschenden relativ geringen Temperaturen lassen sich auf verschiedene Arten nutzen. Sie können je nach Temperatur und Bedarf sowohl zur Bereitstellung von Wärme und zur Erzeugung von Klimakälte als auch zur Speicherung von Energie dienen. Um die vorhandene Energie im flachen Untergrund nutzen zu können, werden Wärmepumpen, Erdwärmekollektoren und Erdwärmesonden eingesetzt.

Heizwert

Der Heizwert beschreibt die Energie, die bei vollständiger Verbrennung eines Stoffes abgegeben wird. Der aus der Verbrennung freigewordene Wasserdampf bleibt gasförmig und deren enthaltene Energie ist nicht einbezogen.

Holzenergie

Die Holzenergie ist ein wichtiger Pfeiler der Bioenergie in Deutschland. Bei der Verarbeitung von Waldholz fällt Waldrestholz an sowie anschließend Industrierestholz, wie z.B. Nebenprodukte von Sägewerken. Althölzer (z.B. gebrauchte Lagerpaletten aus Holz, alte Holzmöbel) sind zuvor bereits für andere Zwecke genutzt worden und können energetisch weiterverwertet werden. Weiterhin werden z.B. auch Hölzer aus der Landschaftspflege genutzt.

Kilowattstunde [kWh]

Einheit zur Messung von Energiemengen. Dabei entspricht eine Wattstunde [1 Wh] ca. 3,6 Kilojoule [kJ]. 1.000 Wh sind eine Kilowattstunde [1 kWh] und 1.000 kWh sind eine Megawattstunde [MWh]. Ein typischer Drei-Personen-Haushalt verbraucht etwa 3.500 Kilowattstunden Strom im Jahr. Eine Kilowattstunde Strom reicht aus, um beispielsweise 15 Stunden Radio zu hören, eine Maschine Wäsche zu waschen oder Mittagessen für vier Personen zu kochen.

Kohlenstoffdioxid (CO₂)

Kohlenstoffdioxid ist ein farbloses, geruchsneutrales Gas aus Sauerstoff und Kohlenstoff. Es entsteht bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Brennstoffe, insbesondere der fossilen Energieträger. Kohlenstoffdioxid trägt erheblich zum Klimawandel bei, der zu einer durchschnittlichen Erwärmung der Erdatmosphäre um 0,8 Grad Celsius im vergangenen Jahrhundert geführt hat. Die Folgen davon sind unter

anderem der Anstieg des Meeresspiegels, die Zunahme von Stürmen und Dürren und das Abschmelzen der Gletscher.

Kohlenstoffdioxid - Äquivalente (CO_{2e})

Die Bilanzierung der Treibhausgase schließt zu den Kohlenstoffdioxid-Emissionen (CO₂) auch weitere treibhauswirksame Emissionen wie bspw. Methan (CH₄), Distickstoffoxid (N₂O, Lachgas) oder Fluorchlorkohlenwasserstoffe (FCKW) ein. In Summe werden diese inkl. Kohlenstoffdioxid CO₂-Äquivalente (Abkürzung: CO_{2e} – für equivalent) genannt.

Kollektor

Vorrichtung zur Sammlung von Energie. Im Bereich der Erneuerbaren Energien gibt es Sonnenkollektoren und Erdwärmekollektoren. Die von Kollektoren „eingesammelte“ Energie heizt ein Übertragungsmedium (z.B. Wasser) auf, über das die Energie transportiert wird.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)

Bei der Stromerzeugung in thermischen Kraftwerken entsteht immer auch Wärme. Bei herkömmlichen Kraftwerken wird diese Abwärme ungenutzt über Kühltürme an die Umwelt abgegeben, wohingegen sie bei der KWK ausgekoppelt und über ein Wärmenetz als Nah- oder Fernwärme nutzbar gemacht wird. Das steigert den Wirkungsgrad und bedeutet somit eine wesentlich höhere Energieeffizienz.

Leistung (energetisch)

Physikalische Größe der maximalen Leistung, die die bereitgestellte oder genutzte thermische oder elektrische Energie bezogen auf eine bestimmte Zeiteinheit angibt. Die Einheit für Leistung wird in Watt [W] angegeben. 1.000 W entsprechen einem Kilowatt [1 kW], 1.000 kW sind ein Megawatt [MW] und 1.000 MW ein Gigawatt [GW]. Häufig wird die installierte Leistung eines Kraftwerks auch als Kapazität bezeichnet.

Nahwärme

Nahwärme ist die Übertragung von Wärme zu Heizzwecken über ein Nahwärmenetz zwischen verschiedenen Gebäuden über verhältnismäßig kurze Strecken. Nahwärme wird im Unterschied zur Fernwärme in kleinen, dezentralen Einheiten realisiert und bei relativ niedrigen Temperaturen übertragen. Daher lässt sich Wärme aus Blockheizkraftwerken, aber auch aus Solarthermieranlagen oder Erdwärmeanlagen verwerten. Rechtlich wird zwischen Nah- und Fernwärme nicht unterschieden. Im Zuge der verstärkten Nutzung Erneuerbarer Energien im Wärmebereich spielt der Ausbau von Nahwärmenetzen eine große Rolle.

Peakleistung [kWp]

Die Nennleistung von Photovoltaikanlagen wird in kWp (Kilowattpeak) angegeben. Dabei bezieht sich „peak“ (engl. Höchstwert, Spitze) auf die Leistung, die unter internationalen Standard-Testbedingungen erzielt wird. Dieses Vorgehen dient zur Normierung und zum Vergleich verschiedener Solarmodule.

Photovoltaik

Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie. Bei der Photovoltaik wird in Solarzellen durch einfallendes Licht (Photonen) ein elektrisches Feld erzeugt. Elektronen können über elektrische Leiter abfließen. Der Strom kann direkt verwendet werden oder in das Stromnetz eingespeist werden.

Primärenergie

Primärenergie bezeichnet die Energie bzw. die Energieträger, die mit den ursprünglich vorkommenden Energieformen oder Energiequellen zur Verfügung stehen. Beispiele sind Erdgas oder Heizöl, die in ihrer Ursprungsform als Energieträger zur Verfügung stehen.

U-Wert [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

Der U-Wert (früher k-Wert) oder Wärmedurchgangskoeffizient ist ein Maß zur Beurteilung der energetischen Qualität eines Bauteils. Er gibt an, wie viel Wärme (in Watt [W]) bei einem Grad Temperaturunterschied (in Kelvin [K]) durch einen Quadratmeter [m^2] Bauteilfläche entweicht. Das bedeutet, je geringer der U-Wert ist, desto weniger Wärme entweicht durch das Bauteil und desto besser sind seine Dämmeigenschaften und umgekehrt je höher der U-Wert ist, desto schlechter sind die wärmetechnischen Eigenschaften des Bauteils.

Wärmeleitfähigkeitsgruppe (WLG)

Wärmeleitfähigkeitsgruppe beschreibt die Durchlassfähigkeit eines Materials für einen Wärmestrom. Je geringer die WLG desto höhere dämmtechnische Eigenschaften weist ein Dämmstoff auf.

Wärmepumpe

Eine Wärmepumpe hebt die natürliche Wärme in ihrer Umgebung (z.B. aus dem Erdreich, Grundwasser oder aus der Luft) auf ein höheres Temperaturniveau. Sie nutzt dazu den Effekt, dass sich Gase unter Druck erwärmen (wie z.B. bei einer Fahrrad-Luftpumpe). Wärme aus dem Erdreich: Erdwärmepumpe; Wärme aus der Luft: Luftwärmepumpe

Wirkungsgrad

Verhältnis von Energieeinsatz und erhaltener Leistung (z.B. Strom oder Wärme). Der Gesamtwirkungsgrad von Anlagen zur Stromproduktion setzt sich zusammen aus dem elektrischen und dem thermischen Wirkungsgrad. So kann man den Wirkungsgrad erhöhen, indem man auch die Wärme, die bei der Stromerzeugung entsteht, nutzt.

