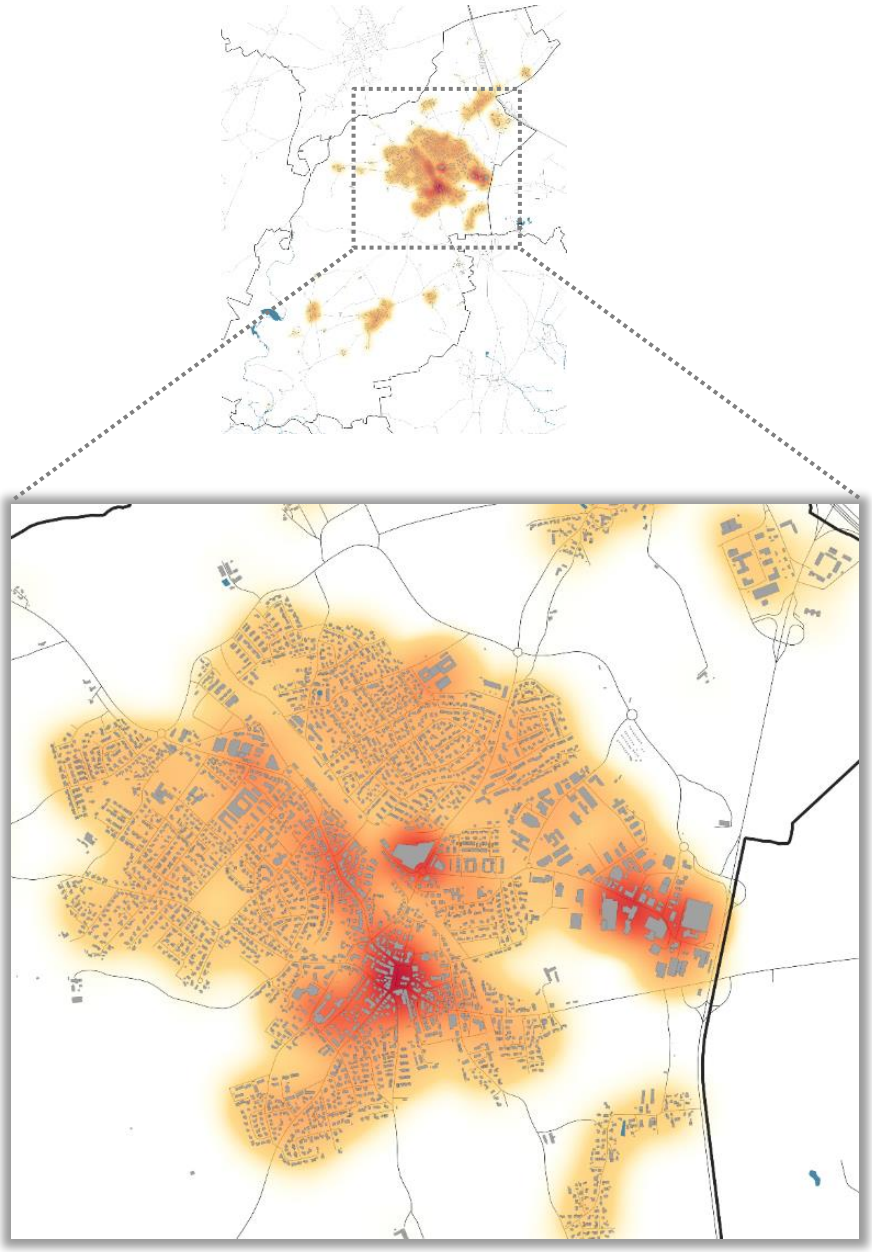
markt holzkirchen

Wir liegen richtig.

Teil-Energienutzungsplan

2020



Impressum

Herausgeber

Markt Holzkirchen
Marktplatz 2
83607 Holzkirchen
www.holzkirchen.de

Bearbeitung

Institut für Energietechnik IfE GmbH
Kaiser-Wilhelm-Ring 23
92224 Amberg
www.ifeam.de

ENIANO GmbH
Pfeuferstraße 51
81373 München
www.eniano.com

Förderung

Gefördert durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Förderkennzeichen: 07 05 / 686 75 / 56 / 20
www.stmwi.bayern.de

Bearbeitungszeitraum

November 2018 bis März 2020

Datum

4. März 2020

Inhaltsverzeichnis

Impressum **2**

Inhaltsverzeichnis **3**

1 Einleitung **6**

2 Projektablauf und Akteursbeteiligung **7**

3 Analyse der energetischen Ausgangssituation **9**

3.1 Methodik und Datengrundlage 9

3.1.1 Definition der Verbrauchergruppen 9

3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen 10

3.2 Sektor Wärme 11

3.2.1 Energieinfrastruktur 11

3.2.2 Gebäudebestand und gebäudescharfes Wärmekataster 13

3.2.3 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien 17

3.3 Sektor Strom 18

3.3.1 Stromnachfrage 18

3.3.2 Strombedarf und Anteil erneuerbare Energien 20

3.4 Sektor Verkehr 22

3.4.1 Straßen und Verkehrswege, ÖPNV-Linien 22

3.4.2 Stellplatzanlagen und deren Auslastung 23

3.4.3 Verkehrsströme (Binnenverkehr, Quell-/Zielverkehr, Durchgangsverkehr) 25

3.4.4 Verkehrszweck und Verkehrsmittelwahl 25

3.4.5 Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge 27

3.4.6 Ladeverhalten in der Elektromobilität 31

3.4.7 Entwicklung des E-Mobilität-Marktes und Profil der potenziellen Nutzergruppe 32

3.4.8 Entwicklung der Reichweite, der Akkukapazität und des Verbrauchs von Elektrofahrzeugen 36

3.4.9 Neue Geschäftsmodelle für die Elektromobilität in Holzkirchen 37

3.4.10 Preismodelle der Stromanbieter an Ladeplätzen und Preissensitivität des Endkunden, ... 41
3.4.11 Ladetechnologien an Ladeplätzen 43
4 Potenzialanalyse 47
4.1 Energetische Sanierung von Gebäuden 47
4.1.1 Methodik und Datengrundlage 47
4.1.2 Ergebnisse 49
4.2 Fernwärmeausbaupotenzial 53
4.2.1 Straßenzugsweise Wärmebelegungsdichte 53
4.2.2 Netzausbauvarianten 55
4.3 Energetische Optimierung beim Verkehr 57
4.3.1 Methodik und Datengrundlage 57
4.3.2 Probleme und Belastungen durch Straßenverkehr und Potenziale der Elektromobilität in Holzkirchen 58
4.3.3 Effekte hinsichtlich der Emissionsreduktion durch die energetische Optimierung im Verkehr 62
4.3.4 Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Emissionsbilanz im Verkehr 73
4.3.5 Umsetzungsrahmen (Bundes- und Landesförderungen) 79
5 Maßnahmenkatalog 83
6 Detailbetrachtung einzelner Module aus dem Maßnahmenkatalog 85
6.1 Modul Baumgartenstraße 85
6.1.1 Hintergrund 85
6.1.2 Rahmenbedingungen 86
6.1.3 Energiebedarf im Quartier 86
6.1.4 Die Versorgungsvarianten 88
6.1.5 Wirtschaftliche und ökologische Gegenüberstellung 95
6.1.6 Ausgangssituation und Entwicklungsperspektiven der Elektromobilität im Quartier 108
6.1.7 Fazit 115

6.2 Modul Sportstätten 116
6.2.1 Prüfung Absorptionskältemaschine Eisstadion 116
6.2.2 Alternative Energieversorgungsvarianten Hallenbad und Eisstadion 117
6.2.3 Fazit 120
6.3 Modul Bahnhof 121
6.3.1 Ausgangssituation und Entwicklungspfade der Elektromobilität im Bahnhofsareal 121
6.3.2 Energietechnische Integration der Elektromobilität in das Quartier 122
6.3.3 Umsetzungsperspektive: Integratives Konzept „Parken & Laden Holzkirchen“ 123
7 Zusammenfassung 125
8 Quellenverzeichnis 128
9 Abbildungsverzeichnis 130
10 Tabellenverzeichnis 133
11 Anhang A: Auslastung der Parkplatzanlagen am Bahnhof Holzkirchen [Quelle: nach Transver (2015)] 134
12 Anhang A: Anbieter von öffentlichen Ladesäulen im Vergleich [Quelle: nach The Mobility House (2019)] 135
13 Anhang C: Marktanalyse Elektrofahrzeuge 137
14 Anhang D: Maßnahmenkatalog 141

1 Einleitung

Der Markt Holzkirchen hat sich den schrittweisen Aufbau eines CO_2-neutralen und von Energielieferungen Dritter unabhängigen Energiehaushalts im Gemeindegebiet von Holzkirchen zum Ziel gesetzt.

Mit dem Teil-Energienutzungsplan Markt Holzkirchen wurde ein gemeindespezifisches Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und dem Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren. Der Teil-Energienutzungsplan umfasst

- eine umfassende Bestandsaufnahme der derzeitigen Energie- und Verkehrsinfrastruktur mit einer detaillierten Energie- und CO_2-Bilanz in den Bereichen Strom, Wärme und Verkehr
- ein digitales Energiemodell mit gebäudescharfem Wärmekataster sowie gebäudespezifischer Analyse des Sanierungspotenzials,
- eine standortspezifische Potenzialanalyse zur Ermittlung der möglichen Energieeinsparungen in den Verbrauchergruppen private Haushalte, kommunale Liegenschaften und Wirtschaft,
- ein Maßnahmenkatalog mit konkreten Projekten zur weiteren Umsetzung,
- die detaillierte technische und wirtschaftliche Prüfung ausgewählter Projekte.

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Teil-Energienutzungsplans zusammen und wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert. Durch die hohe Detailschärfe ist der Teil-Energienutzungsplan nicht nur ein Instrument für die kommunale Energieplanung, sondern auch eine Unterstützung für Wirtschaftsbetriebe und alle Bürgerinnen und Bürger im Marktgebiet Holzkirchen bei der Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen und der Nutzung erneuerbarer Energien.

2 Projektablauf und Akteursbeteiligung

Die Entwicklung des Teil-Energienutzungsplans erfolgte in mehreren Projektphasen. Zuerst wurde auf Basis einer umfassenden Bestandsaufnahme eine fortschreibbare und detaillierte Energiebilanz für Strom und Wärme im Ist-Zustand (Jahr 2017/2018) erstellt. Dabei wurde zwischen den Verbrauchergruppen „Private Haushalte“, „Kommunale Liegenschaften“ und „Wirtschaft“ unterschieden. Die Energieströme in der Kommune wurden, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Energieträgern (Strom, Erdgas, Heizöl, Biomasse,…), erfasst und der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Ausgehend von der energetischen Ausgangssituation wurde der CO_2-Ausstoß berechnet. Als zentrales Ergebnis dieser Projektphase wurde ein gebäudescharfes Wärmekataster ausgearbeitet.

Im nächsten Schritt wurde verbrauchergruppenspezifisch untersucht, welche Energieeinsparpotenziale und Potenziale zur Steigerung der Energieeffizienz bis zum Jahr 2035 realistisch ausgeschöpft werden können.

Basierend auf diesen Ergebnissen wurden strategische Szenarien für Strom und Wärme erarbeitet, aus denen Handlungsoptionen und der Entwicklungspfad zur Senkung des Energieverbrauchs und für den Ausbau erneuerbarer Energien bis zum Jahr 2035 abgeleitet werden können.

Zentrales Element des Teil-Energienutzungsplans ist die Ausarbeitung eines Maßnahmenkataloges, der konkrete Projekte als Basis der weiteren Umsetzung beschreibt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses in vier Regionalkonferenzen in der Gemeinde konkretisiert. Einzelne Projekte aus dem Maßnahmenkatalog wurden sodann als Detailprojekt umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft.

Auftaktveranstaltung:

Die grundlegende strategische Organisation, Zeitplanung und fachliche Ausrichtung des Teil-Energienutzungsplans wurde bei einer Auftaktveranstaltung am 19.11.2018 getroffen. Der Auftaktveranstaltung wohnten Herr Bürgermeister Olaf von Löwis of Menar, Dr. Kieslich (Energiebeauftragter des Markt Holzkirchen), Hr. Pichler (Berater für DB), Hr. Götz (Gemeindewerke), Mitarbeiter der Verwaltung sowie Projektleitern der beauftragten Büros bei.

Öffentlichkeitsveranstaltung Klimafrühling Oberland:

Beim Aktionstag am 06.04.2019 wurden Ergebnisse des Teil-Energienutzungsplans den Bürgern vor Ort präsentiert. Des Weiteren konnte mit den interessierten Bürgern in Dialoge getreten werden und aufgezeigt werden, wie alle Bewohner von Holzkirchen die Ergebnisse des Teil-Energienutzungsplans nutzen können.

Regionalkonferenzen:

Im Rahmen von vier Regionalkonferenzen in der Kommune wurden in enger Abstimmung mit den lokalen Akteuren (Bürgermeister, Fraktionsvorsitzende, Energiebeauftragter, Gemeindewerke, Gemeindeverwaltung, Projektbeteiligte der Auftragnehmer) regelmäßig die Zwischenergebnisse abgestimmt sowie der Maßnahmenkatalog erarbeitet und fortgeschrieben.

Abschlussveranstaltung:

Am 04.03.2020 wurden die Endergebnisse des Teil-Energienutzungsplans dem Marktrat vorgestellt und der Abschlussbericht übergeben.

Der zeitliche und inhaltliche Projektablauf des Teil-Energienutzungsplans ist zusammenfassend auf der nachfolgenden Seite dargestellt.

	Phase / Modul	M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17
		Nov 18	Dez 18	Jan 19	Feb 19	Mrz 19	Apr 19	Mai 19	Jun 19	Jul 19	Aug 19	Sep 19	Okt 19	Nov 19	Dez 19	Jan 20	Feb 20	Mrz 20
1	Erfassung der energetischen Ausgangssituation																	
1.1	Datenerhebung																	
1.2	Datenauswertung																	
2	Potenzialbetrachtung																	
3	Ausbaustrategie und Zielnetzplanung																	
4	Maßnahmenkatalog: Prüfung möglicher Umsetzungsprojekte																	
4.1	Modul Bahnhofsquartier																	
4.2	Modul Neubaugebiet																	
4.3	Modul Sportstätte																	
5	Akteursdialog und Prozessbegleitung	◆					◆		◆		◆				◆		◆	◆
6	Dokumentation																	

◆ Auftaktveranstaltung
◆ Klimafrühling
◆ Abstimmungstermine Ist-Zustand / Potenziale / Maßnahmen / Detailprojekt
◆ Abschlussveranstaltung

Abbildung 1: Projektablauf und Akteursbeteiligung

3 Analyse der energetischen Ausgangssituation

3.1 Methodik und Datengrundlage

Im Rahmen dieses Teil-Energienutzungsplans wird nach dem sogenannten Territorialprinzip bilanziert. Hierbei werden die Energieverbräuche sowie die Potenziale (Strom und Wärme) jeweils nur innerhalb des eigenen Gemeindegebietes betrachtet. Dies bedeutet, dass nur Energieverbräuche innerhalb der Gemeindegrenzen erfasst und bilanziert werden und der Anteil erneuerbarer Energien sich rein aus den Erzeugungsmengen der Anlagen im Gemeindegebiet zusammensetzt.

3.1.1 Definition der Verbrauchergruppen

Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplans werden folgende Verbrauchergruppen definiert:

a) Private Haushalte

Die Verbrauchergruppe „Private Haushalte“ umfasst alle zu Wohnzwecken genutzten Flächen im Betrachtungsgebiet. Dies schließt sowohl Wohnungen in Wohngebäuden, als auch in Nicht-Wohngebäuden (z. B. hauptsächlich gewerblich genutzte Halle mit integrierter Wohnung) ein.

b) Kommunale Liegenschaften

In der Verbrauchergruppe „Kommunale Liegenschaften“ werden alle Liegenschaften der Kommune, inkl. Straßenbeleuchtung und gemeindeeigene Ver- und Entsorgungseinrichtungen, zusammengefasst. Hierfür konnte auf gebäudescharfe Energieverbrauchsdaten der Gemeinde zurückgegriffen werden. Liegenschaften des Landkreises, der Zweckverbände und andere öffentliche Liegenschaften sind in der Verbrauchergruppe „Wirtschaft“ enthalten.

c) Wirtschaft

In der Verbrauchergruppe „Wirtschaft“ werden alle Energieverbraucher zusammengefasst, die nicht in eine der Verbrauchergruppen „Private Haushalte“ oder „Kommunale Liegenschaften“ fallen. Dies sind z.B. Betriebe aus Gewerbe, Handel, Dienstleitung und Industrie. Auch Landwirtschafts- und offiziell als Tourismusbetriebe gemeldete Unternehmen sind dieser Verbrauchergruppe zugeordnet.

3.1.2 Datengrundlage und Datenquellen

Alle Datenerhebungen, Analysen und Berechnungen im Rahmen des Teil-Energienutzungsplanes beziehen sich auf die Bilanzjahre 2017 bzw. 2018. Für das Jahr 2018 lag während der Projektbearbeitung keine vollständige Datenbasis vor. Aufgrund der rollierenden Abrechnung der Energieversorgungsunternehmen (EVU) standen die Daten ab dem Jahr 2018 während der Konzeptbearbeitung nicht mehr vollumfänglich zur Verfügung, weshalb ggf. auch einzelne neuere Datensätze aufgrund der einheitlichen Methodik nicht mehr in den Teil-Energienutzungsplan eingeflossen sind.

Die Analyse des Energieverbrauchs stützt sich auf die nachfolgenden Datenquellen:

- Energieabsatz- und Einspeisedaten der lokal tätigen Energieversorgungsunternehmen für die leitungsgebundenen Energieträger Strom und Erdgas. Hierfür wurden exakte Netzabsatzdaten für das Jahr 2017 bzw. 2018 zur Verfügung gestellt [EVU Strom], [EVU Erdgas]
- Daten der örtlichen Kaminkehrer zu den installierten Wärmeerzeugern (anonymisiert und kumuliert nach Kehrbezirken im Marktgebiet). Der Endenergieeinsatz wurde auf Basis der anonymisierten Kaminkehrerdaten [Kaminkehrer] aus der jeweiligen Leistung der installierten Wärmeerzeuger unter Annahme charakteristischer Vollbenutzungsstunden ermittelt. Für die Berechnungen wurden die Vollbenutzungsstunden auf Basis von Erfahrungswerten der IfE GmbH aus umgesetzten Projekten und wissenschaftlich begleiteten Demonstrationsvorhaben angesetzt.
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs aller gemeindeeigenen Liegenschaften mittels Erfassungsbogen
- Gebäudescharfe Erfassung des Energieverbrauchs der größten Wirtschaftsbetriebe mittels Erfassungsbogen
- Datenabfrage Solarthermie
  Die Gesamtfläche der im Betrachtungsgebiet installierten Solarthermieanlagen wurde mit Hilfe des Solaratlas, einem interaktiven Auswertungssystem für den Datenbestand aus dem bundesweiten „Marktanreizprogramm Solarthermie“ ermittelt [BAFA Sol]. Die Aufstellung umfasst alle Kollektortypen (Flachkollektoren, Vakuum-Röhrenkollektoren) und Anwendungen (Warmwasserbereitstellung und Heizungsunterstützung).
- Wärmebereitstellung aus Erdwärme
  Die Wärmerzeugung aus oberflächennaher Geothermie (Wärmepumpen zur Gebäudebeheizung) kann aufgrund der fehlenden Datenbasis nicht eigens aufgeschlüsselt werden, ist jedoch über den Stromverbrauch zum Antrieb der Wärmepumpen in der Energie- und CO_2-Bilanz enthalten.
- Öffentlich zugängliche statistische Daten (z.B. Statistik Kommunal)

- Geodaten der Bayerischen Vermessungsverwaltung (z.B. 3D-Gebäude- und Geländemodell, Laserscandaten, etc.) zur Simulation des Gebäudekatasters und der solaren Einstrahlung
- Für die Ermittlung der Stromnachfrage bei aufkommender Elektromobilität im Markt Holzkirchen wurden relevante Verkehrsinfrastrukturdaten sowie Kennzahlen des Mobilitätssektors gefiltert und zusammengestellt. Dabei wird schwerpunktmäßig auf das für Holzkirchen im Jahr 2016/17[1] ausgearbeitete „Integrierte Mobilitätskonzept“, auf die Ergebnisse der Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ “ [2] sowie auf eigene Recherchearbeiten und Analysen zurückgegriffen.

Hinweis zum Datenschutz:

Die Erstellung eines Teil-Energienutzungsplanes setzt zum Teil die Erhebung und Verwendung von Daten voraus, die zumindest mittelbar einen Personenbezug aufweisen können. Auch wenn es sich bei den Daten ausschließlich um energierelevante Informationen handelt und nicht um Informationen zu Personen selbst, wurde bei der Erstellung des Teil-Energienutzungsplanes das Vorgehen sowie die Erhebung, Verarbeitung und Nutzung der Daten eng mit dem Datenschutzbeauftragten abgestimmt.

3.2 Sektor Wärme

3.2.1 Energieinfrastruktur

Wie aus der Gasnetzkarte Gemeindewerke Holzkirchen GmbH in Abbildung 2 hervorgeht, sind der Großteil des Hauptortes Holzkirchen sowie einige Ortsteile mit Erdgas erschlossen. Dementsprechend sind nach Auswertung der Kaminkehrerdaten bereits mehr Erdgaskessel als Heizölkessel im Marktgebiet installiert (Tabelle 1).

[1] SVK (Stadt- und Verkehrsplanungsbüro Kaulen) (2017): Integriertes Mobilitätskonzept. Erläuterungsbericht. München.

[2] Follmer, Gruschwitz, Kestermann (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Kurzreport Bayern. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn, Berlin.

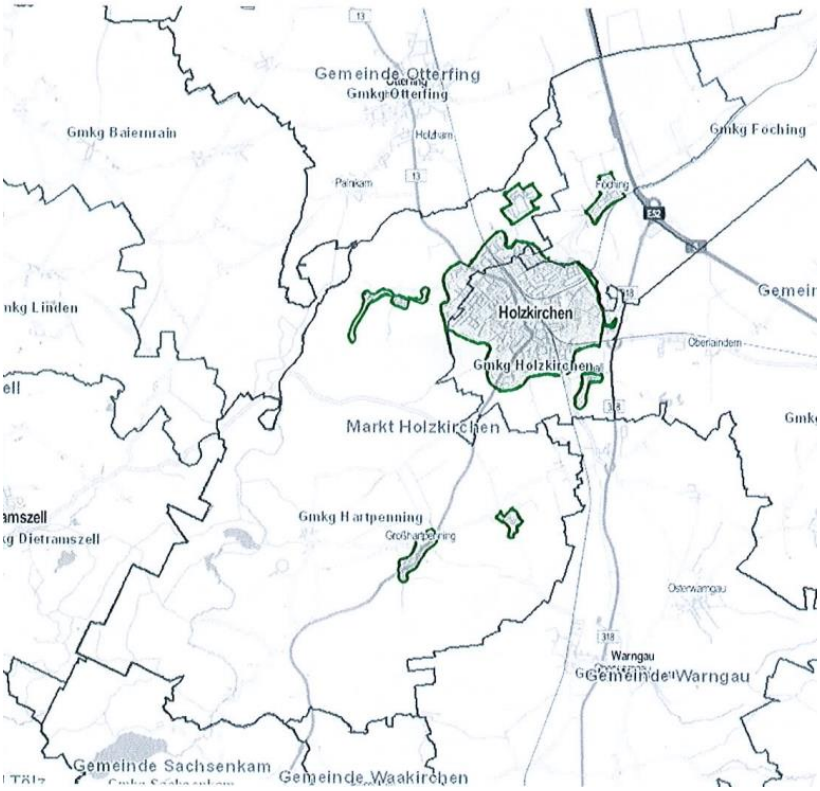


Abbildung 2: Gasnetzkarte Gemeindewerke Holzkirchen GmbH [www.gw-holzkirchen.de]

Tabelle 1: Anzahl und Leistung der installierten fossilen Heizkessel

Kaminkehrer	Erdgaskessel		Heizölkessel		Flüssiggas	
	Anzahl [-]	Leistung [kW]	Anzahl [-]	Leistung [kW]	Anzahl [-]	Leistung [kW]
Seehaus	818	34.950	745	18.010	26	305
Wurzenberger	990	34.651	676	17.614	5	80
Heigl	67	1.828	145	4.051	14	285
Summe	**1.875**	**71.429**	**1.566**	**39.675**	**45**	**670**

Zu den nicht leitungsgebundenen Energieträgern zählen darüber hinaus auch die insgesamt 2.611 Biomassekessel, wobei hier die Einzelfeuerstätten in Form von Kaminöfen überwiegen (Tabelle 2).

Tabelle 2: Anzahl und Leistung der installierten fossilen Heizkessel

Kaminkehrer	Scheitholz		Pellets		Hackgut		Kaminöfen	
	Anzahl [-]	Leistung [kW]	Anzahl [-]	Leistung [kW]	Anzahl [-]	Leistung [kW]	Anzahl [-]	Leistung [kW]
Seehaus	16	432	52	801	19	1.001	536	2.978
Wurzenberger	45	1.213	49	927	16	1.400	1.490	8.210
Heigl	127	3.417	13	292	7	495	241	1.317
Summe	**188**	**5.062**	**114**	**2.019**	**42**	**2.896**	**2.267**	**12.505**

Im Marktgebiet Holzkirchen sind drei Fernwärmenetze vorhanden. Mit der Erschließung der Geothermieanlage als Wärmequelle wird das Fernwärmenetz abschnittsweise ausgebaut. Das Bestandsnetz sowie verschiedene Ausbauszenarien sind in Abbildung 3 dargestellt.

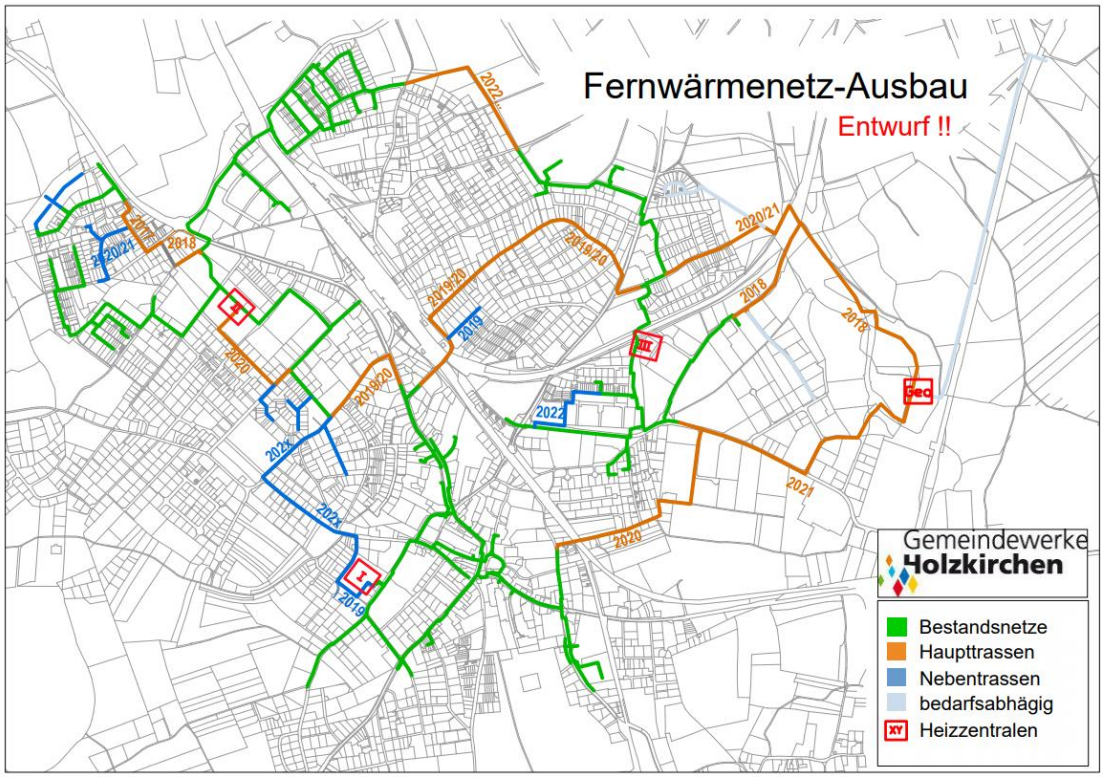


Abbildung 3: Entwurf des Fernwärmebestandes mit geplanten Ausbauszenarien [Fernwärme]

3.2.2 Gebäudebestand und gebäudescharfes Wärmekataster

Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung. Es erfasst alle beheizten Gebäude im Gemeindegebiet und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmenachfrage. Es bietet damit eine flächendeckende Information zur Struktur und Wärmenachfrage des Gebäudebestandes.

Anwendung finden Wärmekataster als Planungs- und Entscheidungsgrundlagen beim Ausbau von Wärmenetzen, bei der Entwicklung von Förder- und Sanierungsmaßnahmen, in der Energie- und Sanierungsberatung sowie im Rahmen des Klimaschutzmonitorings.

Das Wärmekataster für den Markt Holzkirchen umfasst 3.871 Wohngebäude und 683 Nicht-Wohngebäude, die als beheizt identifiziert wurden.

3.2.2.1 Datengrundlagen

Zur Erstellung des gebäudescharfen Wärmekatasters für den Markt Holzkirchen wurden in einem ersten Schritt wesentliche Daten zum Gebäudebestand erfasst und zusammen mit einem 3D-Gebäudemodell des Level of Detail 2 zu einem digitalen Modell der Marktgemeinde vereint. Für jedes Gebäude wurde auf dieser Grundlage dessen Wärmenachfrage ermittelt. Ergänzt wurden die berechneten Nachfragewerte durch klimabereinigte Verbrauchswerte aus einer Erhebung über Fragebögen für Industriebetriebe und kommunale Liegenschaften. Abbildung 4 zeigt eine beispielhafte Darstellung des 3D-Gebäudemodells, welches flächendeckend im Gemeindegebiet erstellt wurde.

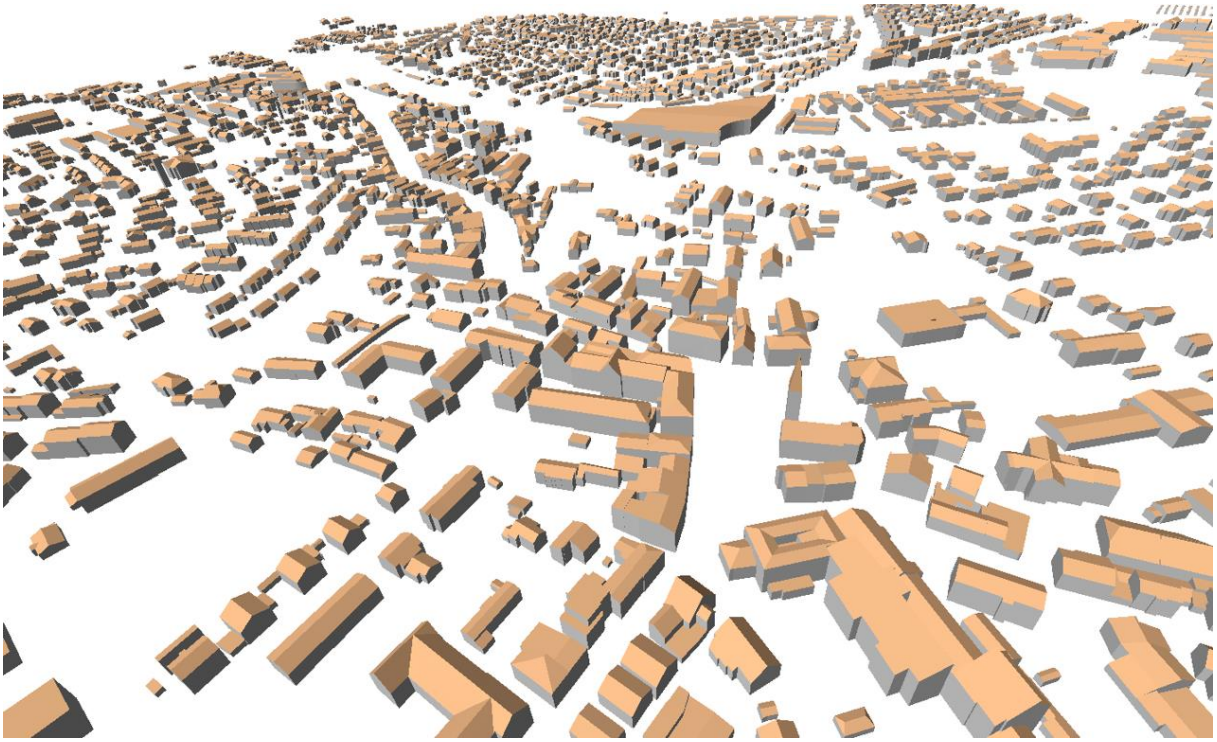


Abbildung 4: Ausschnitt des 3D-Gebäudemodells der Marktgemeinde Holzkirchen

3.2.2.2 Ergebnisse

Betrachtet man die Struktur des Holzkirchner Wohngebäudebestandes, so ist zunächst festzustellen, dass mehr als 92 % der Gebäude vor der ersten Wärmeschutzverordnung im Jahr 1995 errichtet wurden (Abbildung 5). Diese weisen in der Regel ein hohes Potenzial zur Energieeinsparung durch energetische Sanierung der Gebäudehülle auf. Weiterhin auffallend ist der große Anteil an Einfamilienhäusern an der gesamten Nutzfläche, die in der Zeit vor 1978 errichtet wurden. Aufgrund ihrer verhältnismäßig großen, nicht angebauten Außenfläche in Bezug auf das beheizte Volumen besteht hier besonders hohes Einsparpotenzial durch die energetische Sanierung.

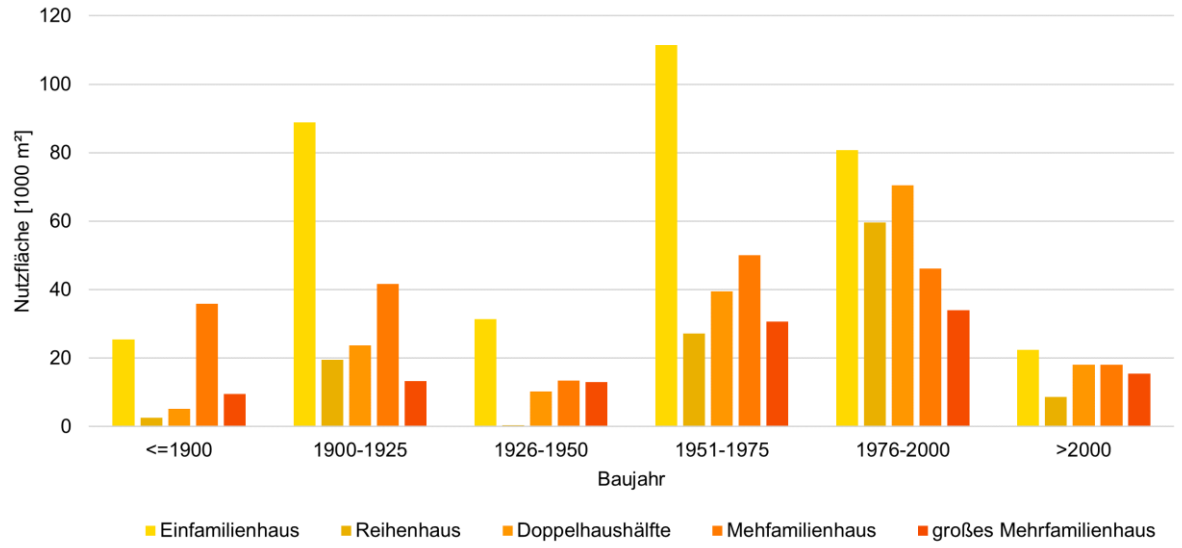


Abbildung 5: Gebäudestruktur der Wohngebäude in Holzkirchen nach Baujahr und Bautyp

Betrachtet man die Struktur der Wärmenachfrage des Wohngebäudebestands, so entfällt auch hier ein großer Anteil (45 %) auf die freistehenden Einfamilienhäuser. Zusammen mit den Reihenhäusern und Doppelhaushälften sind sie für etwa 70 % der Wärmenachfrage des Wohngebäudebestandes verantwortlich (Abbildung 6).

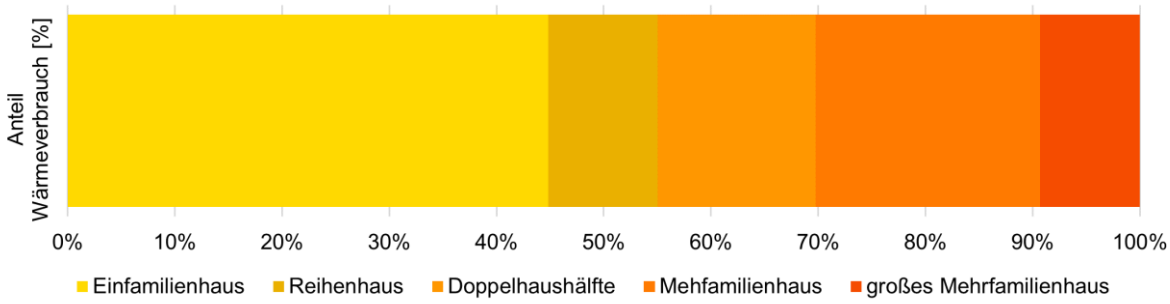


Abbildung 6: Gebäudestruktur der Wohngebäude in Holzkirchen

Die Wärmedichte in Megawattstunden pro Hektar und Jahr [MWh/(ha · a)] fasst den Wärmebedarf mehrerer Gebäude zusammen und hebt somit Siedlungsbereiche mit einer hohen Wärmenachfrage hervor. Abbildung 7 zeigt exemplarisch den Raumwärme- und Warmwasserbedarf von Gebäuden als Wärmedichte. Der Prozesswärmebedarf von Unternehmen ist in dieser Darstellung nicht enthalten, die Informationen hierzu sind jedoch im gebäudescharfen Wärmekataster eingearbeitet.

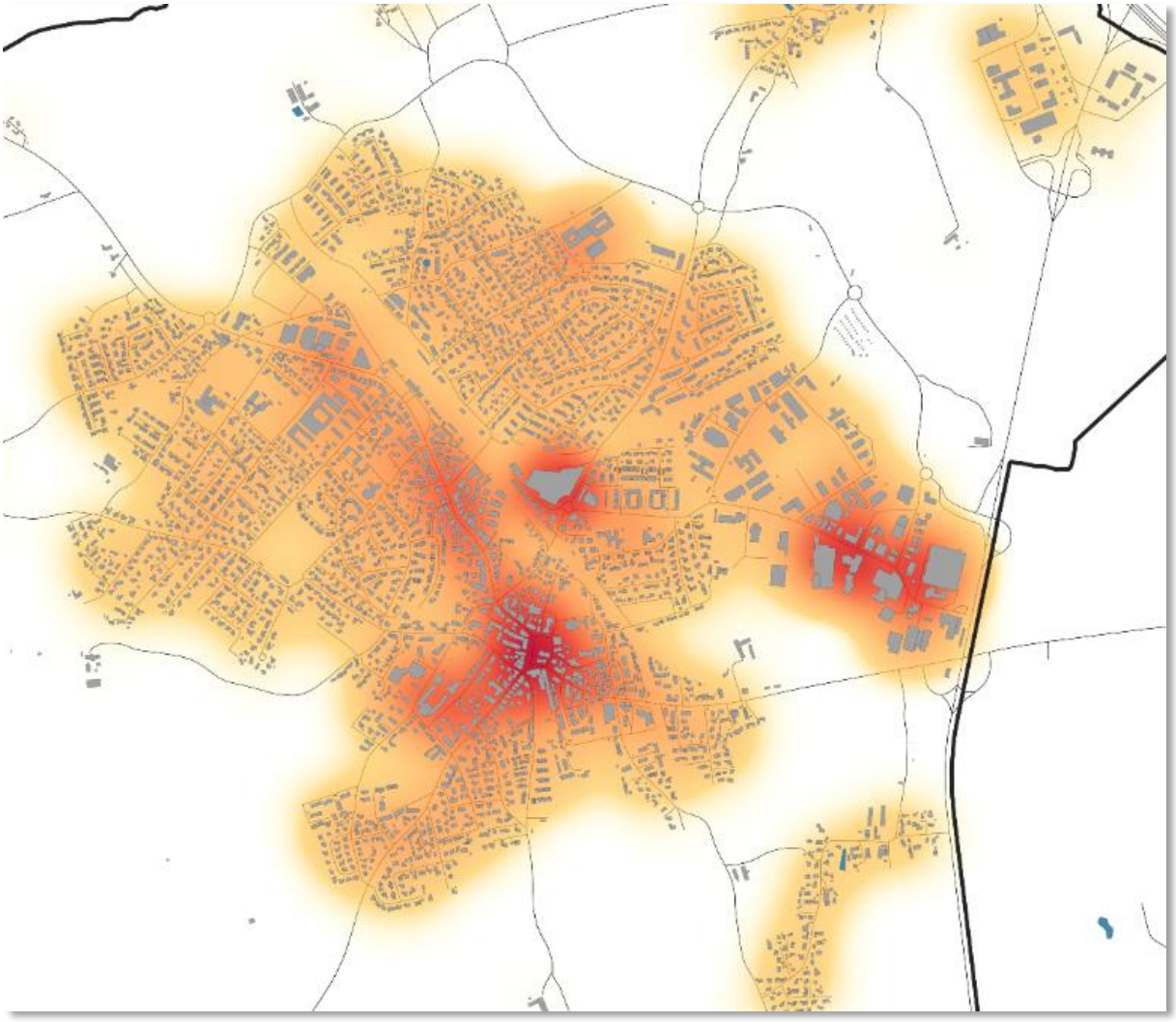


Abbildung 7: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte (Raumwärme-und Warmwasserbedarf, ohne Prozesswärme) auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters

Weiterhin bildet das Wärmekataster die Energieeffizienz jedes Bestandsgebäudes ab. Wie in Abbildung 8 ersichtlich, liegt ein großer Teil der Wohngebäude dabei im Bereich von 80 bis 120 kWh/(m²a). Deren Energieeffizienz entspricht damit den Mindestanforderungen der Wärmeschutzverordnung von 1995. Gebäude mit einem spezifischen Wärmebedarf größer als 140 kWh/(m²a) sind auf dem energetischen Stand von Gebäuden aus den 60er und 70er Jahren und sollten vorrangig in eine Maßnahmenentwicklung zur Erstenergieberatung und energetischen Sanierung einbezogen werden. Dies betrifft in etwa 38,7 % der Gebäudenutzfläche. Die Energieeffizienz des Wohngebäudebestands ist in der Karte „Spez_Heizwärmebedarf_WG“ gebäudescharf dargestellt.

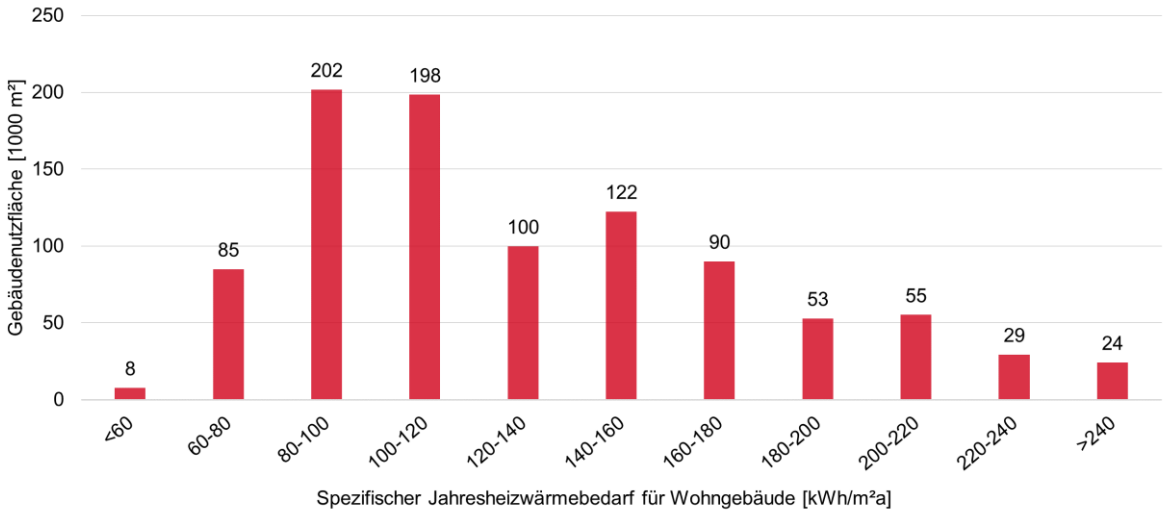
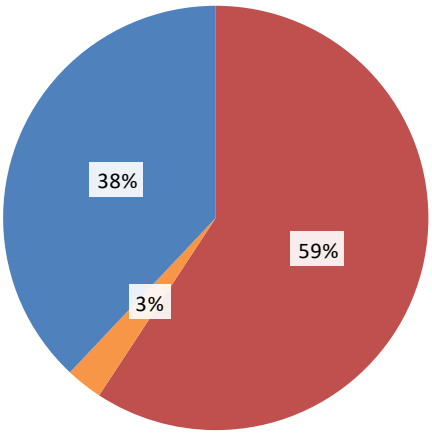


Abbildung 8: Die Wohnflächen in Holzkirchen nach spezifischen Jahresheizwärmebedarf

Die Daten des Wärmekatasters dienen weiterhin als Planungsgrundlage für Wärmeverbund- und Fernwärmeversorgungslösungen. Einen ersten Hinweis zu Gebieten mit hoher Wärmeabnahme liefert die Wärmeverbrauchsdichte, die für Holzkirchen der Karte ‚Wärmeverbrauchsdichte' zu entnehmen ist.

3.2.3 Wärmebedarf und Anteil erneuerbare Energien

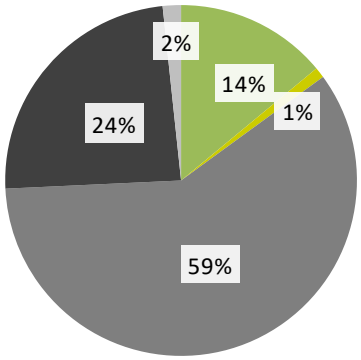
Der jährliche Endenergiebedarf für die Wärmeversorgung aller Verbrauchergruppen beläuft sich auf rund 164.867 MWh pro Jahr. In Abbildung 9 ist die Aufteilung des Wärmebedarfs in die einzelnen Verbrauchergruppen dargestellt. Den höchsten Wärmebedarf weist die Verbrauchergruppe Private Haushalte auf.



Wärmeverbrauch nach Sektoren	MWh/a	Anteil
Private Haushalte	97.667	59%
Kommunale Liegenschaften	4.597	3%
Wirtschaft	62.603	38%
Gesamt	**164.867**	**100%**

Abbildung 9: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2017/2018 in MWh

Analog zum Strombedarf wird der Wärmebedarf den einzelnen Energieträgern zugeteilt (Abbildung 10). In Summe werden im thermischen Bereich rund 24.649 MWh, entsprechend rund 15 %, aus erneuerbaren Energieformen erzeugt. Der Hauptanteil erneuerbarer Energieträger an der Wärmebereitstellung stellt mit 14 % die feste Biomasse bereit. Darunter sind Holzeinzelfeuerstätten, Hackschnitzel- und Pelletkessel zusammengefasst. 1 % des Wärmebedarfs wird durch Solarthermie für Brauchwassererwärmung und Heizungsunterstützung gedeckt. Mit einem Anteil von 58 % bzw. 24 % dominieren jedoch Erdgas und Heizöl die Wärmebereitstellung.



Wärmeverbrauch nach Energieträger	MWh/a	Anteil
Erneuerbare Energien	24.649	15%
feste Biomasse	23.041	14%
Solarthermie	1.609	1%
Fossile Energieträger	140.217	85%
Erdgas	97.774	59%
Heizöl	39.675	24%
Sonstige	2.769	2%
Gesamt	**164.867**	**100%**

Abbildung 10: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2017/2018 in MWh

3.3 Sektor Strom

3.3.1 Stromnachfrage

Zur Berechnung des Stromverbrauchs in jedem Gebäude, wurden typische nutzflächenspezifische Stromverbrauchswerte nach 28 verschieden Gebäudenutzungsarten zusammengetragen. Jedem Gebäude wurde anschließend der entsprechende spezifische Stromverbrauch anhand der Nutzungskategorien zugewiesen und mit der Nutzfläche des Gebäudes multipliziert. Die verwendeten spezifischen Werte sind in Tabelle 3 aufgelistet.

Tabelle 3: Die spezifischen Stromverbrauchskennwerte

Nutzungskategorie	Spezifischer Stromverbrauch [kWh/a]
Parlaments- Gerichts- und Verwaltungsgebäude gesamt	25
Bürogebäude allgemein	35
Rathäuser	20
Polizeidienstgebäude gesamt	30
Gebäude für wissenschaftliche Lehre und Forschung gesamt	65
Gebäude für Untersuchung und Behandlung (nicht stationär)	80
Pflegeheime gesamt	50
Schulen gesamt	10
Kindertagesstätten gesamt	20
Kindergärten	20
Einfamilienwohnhäuser - freistehend	20
Einfamilienwohnhäuser - Reihenhaus	20
Einfamilienwohnhäuser - Doppelhaus	20
MFH	30
GMH	30
Sozialgebäude	20
Gaststätten	95
Cafés	70
Hotels	50
Jugendherbergen	20
Gewerbliche Produktionsstätten gesamt	40
Verkaufsstätten gesamt	50
Ladengebäude	60
Bank- und Postfilialen	35
Werkstätten gesamt	20
Kfz-Pflegehallen	65
Feuerwehren	30
Kirchen	20

Des Weiteren wurden reale Stromverbrauchsdaten aus den Datenerhebungsbögen der Industrie sowie der kommunalen Liegenschaften in die Ergebnisse eingepflegt. Des Weiteren wurden die Wohngebäude in fünf Kategorien unterteilt und für die Berechnungen dem jeweiligen Wohngebäudetyp entsprechende spez. Bedarfskennwerte zugeordnet.

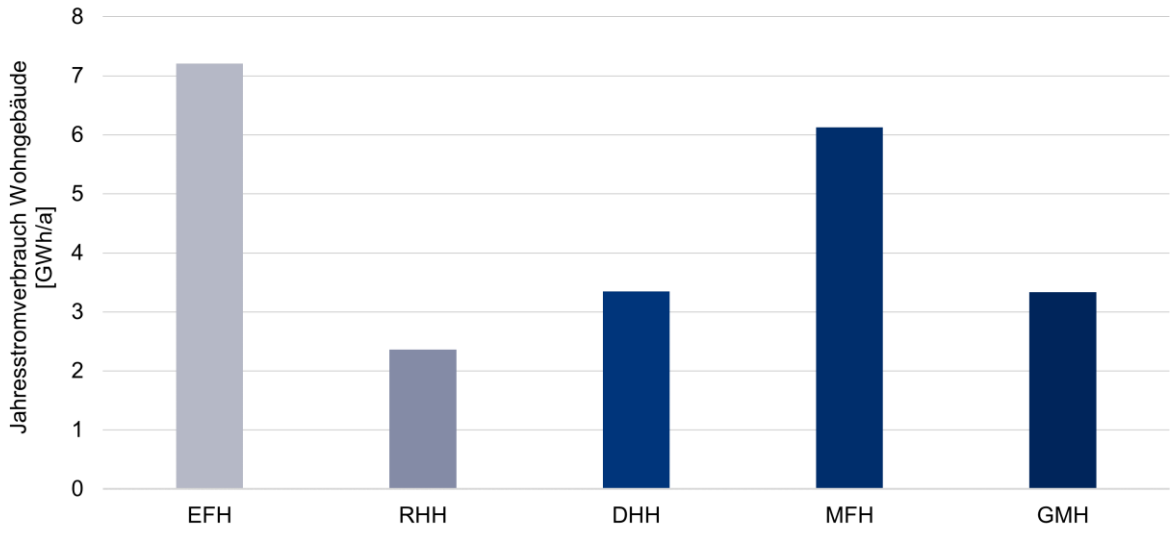
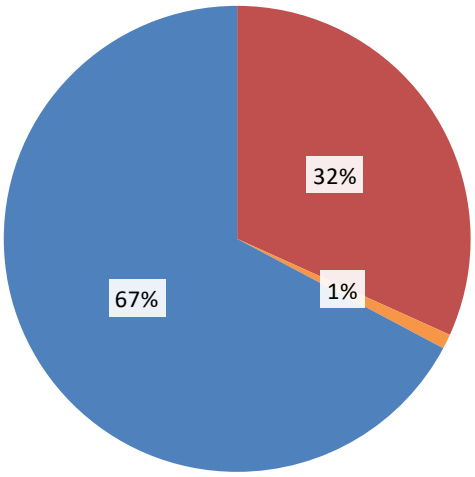


Abbildung 11: Der spez. Strombedarf in den Wohngebäuden nach Gebäudetyp

3.3.2 Strombedarf und Anteil erneuerbare Energien

Der Strombedarf im Markt Holzkirchen im Jahr 2017/2018 weist mit 69.766 MWh pro Jahr einen Anteil von rund 30 % am Gesamtendenergiebedarf auf. Zur Ermittlung des Strombedarfes wurden die Daten des tatsächlichen Strombezuges der Endverbraucher aus dem öffentlichen Netz seitens der Netzbetreiber zur Verfügung gestellt [EVU Strom]. Die Aufteilung des Strombedarfes in die einzelnen Verbrauchergruppen zeigt, dass der Sektor Wirtschaft mit 67 % den größten Anteil einnimmt.

Es muss berücksichtigt werden, dass im Markt Holzkirchen zahlreiche Unternehmen mit energieintensiven Arbeitsschritten ansässig sind und dadurch der Energiebedarf im Sektor "Wirtschaft" höher ist als in anderen Kommunen.



Strombezug nach Sektoren	MWh/a	Anteil
Private Haushalte	22.155	32%
Kommunale Liegenschaften	714	1%
Wirtschaft	46.897	67%
Gesamt	**69.766**	**100%**

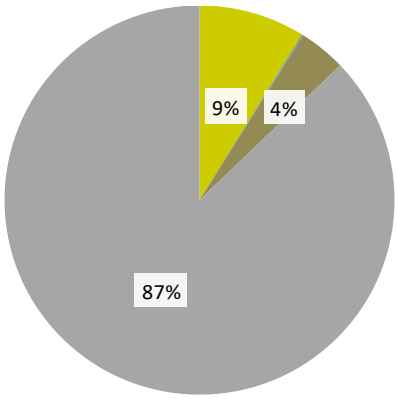
Abbildung 12: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2017/2018 in MWh

Anschließend wurde der Strombezug den Erzeugungsmengen der jeweiligen Energieträger gegenübergestellt. Hierfür wurden die eingespeisten Strommengen aus Energie-Erzeugungsanlagen im Gemeindegebiet genauer analysiert. Zu beachten ist dabei, dass die Eigenstromnutzung aus erneuerbaren Erzeugungsanlagen und KWK-Anlagen hierbei nicht im Anteil des jeweiligen Energieträgers enthalten ist, da hierzu keine Daten des Netzbetreibers vorliegen. Stattdessen wird die tatsächlich im Gemeindegebiet erzeugte und eingespeiste Strommenge aus erneuerbaren Energien berücksichtigt und dem Strombezug gegenübergestellt.

Die Stromeigennutzung führt in dieser Betrachtung zu einer Minderung des Strombezugs aus dem Stromnetz. In einer Gemeinde, in der viele Anlagen zur Stromeigennutzung (z.B. Photovoltaik) betrieben werden, ist somit der tatsächliche Stromverbrauch größer als der Strombezug aus dem Netz. Ebenso kann hier von einem höheren Anteil erneuerbarer Energien ausgegangen werden. Die angewandte Bilanzierungsmethodik ist jedoch entscheidend für eine kontinuierliche Fortschreibung des Teil-Energienutzungsplans und der Energiebilanz, da nur diese Daten den EVU exakt und vollumfänglich vorliegen.

Hinweis: Aufgrund der Festlegung auf das Bilanzjahr 2017/2018 wurden die im Jahr 2019 neu errichteten EEG- und KWK-Anlagen nicht mehr berücksichtigt. Seit Juli 2019 speist die Geothermieanlage Holzkirchen Strom in das öffentliche Netz ein. Die dort erzeugten Strommengen wirken sich erheblich auf die Energiebilanzen und Anteile Erneuerbare Energien im Marktgebiet aus. Zu installierten elektrischen Leistung und zur zukünftigen Stromproduktion liegen jedoch keine Zahlen vor.

Abbildung 13 zeigt die bilanzielle Verteilung der Einspeisung erneuerbarer Energien am Gesamtstrombezug. In Summe wurden im Jahr 2017/2018 bilanziell rund 6.227 MWh, entsprechend rund 9 %, aus erneuerbaren Energien in das öffentliche Versorgungsnetz eingespeist. Der Großteil der Einspeisung kann dabei der Stromproduktion von Photovoltaikanlagen zugeordnet werden.



Strombezug u. Einspeisung	MWh/a	Anteil
Photovoltaik	6.155	9%
Wasserkraft	58	0%
Biogas	14	0%
feste / flüssige Biomasse	0	0%
Windkraft	0	0%
Einspeisung erneuerbare Energien	6.227	9%
Stromeinspeisung KWK (fossil)	2.722	4%
Restlicher Strommix	60.818	87%
Gesamt	**69.766**	**100%**

Abbildung 13: Strombezug und Einspeisung erneuerbarer Energieträger und KWK im Jahr 2017/2018 in MWh

3.4 Sektor Verkehr

Für die Ermittlung der Stromnachfrage bei aufkommender Elektromobilität im Markt Holzkirchen wurden relevante Verkehrsinfrastrukturdaten sowie Kennzahlen des Mobilitätssektors gefiltert und zusammengestellt. Dabei wird schwerpunktmäßig auf das für Holzkirchen im Jahr 2016/17[3] ausgearbeitete „Integrierte Mobilitätskonzept“, auf die Ergebnisse der Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ “ [4] sowie auf eigene Recherchearbeiten und Analysen zurückgegriffen.

3.4.1 Straßen und Verkehrswege, ÖPNV-Linien

Durch den Markt Holzkirchen verlaufen mehrere überregional bedeutsame Verkehrsachsen. Dazu zählen die Bundesautobahn A 8 zwischen München und Rosenheim, die nordöstlich des Zentrums verläuft, sowie die Bundesstraßen B 13 und B 318 zwischen München und Bad Tölz respektive Holzkirchen und Tegernsee. Die B 13 durchquert – im Gegensatz zur B 318 – das Zentrum von Holzkirchen. Sie kreuzt dort die Staatsstraßen St 2573 und St 2073, was eine mengenmäßig hohe Verkehrsbelastung mit entsprechenden negativen Begleiterscheinungen wie Lärm- und Luftverschmutzung im Zentrum der Marktgemeinde zur Folge hat.

[3] SVK (Stadt- und Verkehrsplanungsbüro Kaulen) (2017): Integriertes Mobilitätskonzept. Erläuterungsbericht. München.

[4] Follmer, Gruschwitz, Kestermann (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Kurzreport Bayern. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn, Berlin.

Im Bereich des Öffentlichen Personennahverkehrs bieten die S-Bahn München, der Meridian und die Bayerische Oberlandbahn (BOB) eine in hoher Frequenz getaktete Zugverbindung mit einer Fahrzeit von unter 30 bis 40 Minuten in die Landeshauptstadt München sowie in Richtung Tegernsee, Lenggries, Bayrischzell, Bad Tölz und Rosenheim. Von großer Bedeutung für die Nutzung des öffentlichen Schienenverkehrs ist hierbei, dass Holzkirchen die letzte Station des MVV-Tarifverbundes abbildet und somit Pendler aus dem Umland Holzkirchens vom eigenen Pkw auf die Schiene umsteigen, um den günstigeren Verbundtarif ab Holzkirchen in Richtung München nutzen zu können.

Im Gegensatz zum Schienenverkehr, hat der straßengebundene öffentliche Verkehr in Holzkirchen eine geringere Bedeutung unter den potenziellen Verkehrsteilnehmern und in der ÖV-Nachfrage. Das ist auf uneinheitliche Tarifstrukturen, die unregelmäßige Taktung der Regionalbuslinien – aufgrund der starken Orientierung am Schülerverkehr -, sowie die uneinheitliche Linienführung und die nicht ausreichende Taktung der Ortsbuslinien zurückzuführen. Darüber hinaus ist die Ausstattung an Bushaltestellen durch teilweise fehlende Wartehäuser, Mülleimer oder Sitzgelegenheiten mangelhaft und unattraktiv im Gesamtbild der Nutzung.

Im Dezember 2019 erschien der Endbericht des Nahverkehrsplans für den Landkreis Miesbach, zu dem Holzkirchen gehört. In diesem Rahmen sollen die Problemstellen des ÖPNV behoben werden[5]. Dies ermöglicht auch den Einsatz von Elektrobussen.

3.4.2 Stellplatzanlagen und deren Auslastung

Das Angebot an öffentlichen Parkplätzen im Zentrum von Holzkirchen ist in Bezug auf die Nachfrage sehr groß. Im Mobilitätsentwicklungskonzept der Marktgemeinde wurde im Umkreis von 500 Metern um den Marktplatz eine Kapazität von 1.303 öffentlichen Parkplätzen ermittelt. In einem Radius von 200 Metern um den Marktplatz wurde im Mobilitätskonzept eine Auslastung von 40 bis 70 Prozent angegeben.

Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplans wurde die Anzahl öffentlicher, privater und gewerblicher Stellplatzanlagen detailliert für die gesamte Gemeinde ermittelt. Sie werden für die Ermittlung des heutigen und zukünftigen Strombedarfs im Gebäudebestand benötigt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen einsehbar:

[5] gevas humberg & partner (2019): Nahverkehrsplan für den Landkreis Miesbach. Endbericht. München.

Tabelle 4: Öffentliche und gewerbliche Stellplatzanlagen in Holzkirchen

Pkw-Stellplätze	Nutzungsart
2636	öffentliche/sonstige Nutzung
2339	Industrie- und Gewerbe
964	Sport-, Freizeit- und Erholung
367	Wohnen
163	Bahnverkehr
15	Friedhof

Tabelle 5: Private Stellplatzanlagen in Holzkirchen

Gebäudetyp	Anzahl Stellplätze	Anzahl Garagen	Gebäude gesamt
EFH freistehend	1454	1221	1626
Reihenhaus	119	98	787
Doppelhaus	261	239	978

Von besonders hoher Bedeutung sind die Park + Ride Anlagen in Holzkirchen, da täglich insgesamt 4.329 Personen aus Holzkirchen zu ihrem Arbeitsort pendeln, wobei 43 Prozent das Ziel München haben[6]. Hinzu kommt die erwähnte Tarifgrenze bei Holzkirchen. Dies führt dazu, dass der am meisten genannte Fahrzweck der P+R Nutzer in Holzkirchen der Beruf ist (52 Prozent). Um einen Umstieg vom eigenen Pkw auf die Verkehrsmittel des ÖPNV zu ermöglichen, wird eine ausreichende Kapazität an Parkplätzen am Bahnhof benötigt. Die Transver GmbH hat 2015 die Auslastung der P+R Anlagen am Bahnhof in Holzkirchen ausgewertet und kam zu dem Ergebnis, dass tagsüber zwischen ungefähr 9 und 15 Uhr bei den meisten Parkanlagen am Bahnhof eine Auslastung von über 90 Prozent erreicht wird.

[6] Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München (PV) (2017): Markt Holzkirchen. Landkreis Miesbach. Gemeindedaten. Ausführliche Datengrundlagen 2016. München.

Die Ergebnistabelle mit der Auslastung der Parkplätze in Holzkirchen in Abhängigkeit von derTageszeit ist im Anhang (Tabelle: Auslastung der Parkplatzanlagen am Bahnhof Holzkirchen) aufgeführt. [7]

3.4.3 Verkehrsströme (Binnenverkehr, Quell-/Zielverkehr, Durchgangsverkehr)

Im Rahmen des Mobilitätsentwicklungskonzepts der Marktgemeinde Holzkirchen wurden Befragungen der Verkehrsteilnehmer*innen an zwei Standorten durchgeführt, um erstens die Verkehrsströme zu quantifizieren und zweitens den Fahrtzweck zu ermitteln. Die Ergebnisse der Untersuchung hinsichtlich Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr für den Standort „Markt“ sind in Abbildung 1 dargestellt. Knapp 80 Prozent der Fahrten, die den Standort „Markt“ passieren, beginnen und/ oder enden in Holzkirchen und liegen somit im kommunalen Einflussbereich. Diese Zahlen werden zusammen mit dem typenspezifischen Stromverbrauch der Elektrofahrzeuge für die Bestimmung des täglichen Ladebedarfs benötigt.

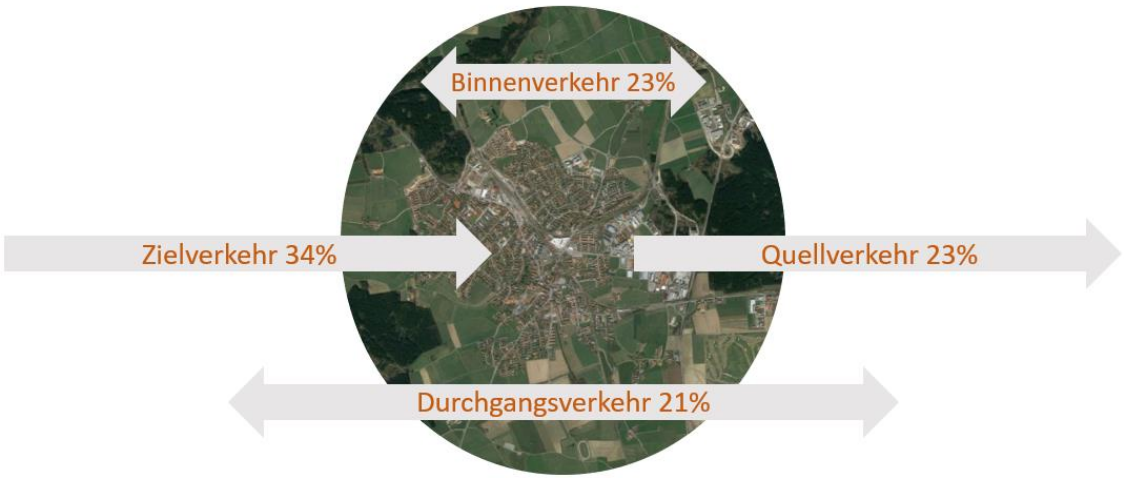


Abbildung 14: Verkehrsströme in der Münchner Straße in Holzkirchen, eigene Darstellung[8]

3.4.4 Verkehrszweck und Verkehrsmittelwahl

Der meist genannte Fahrtzweck an den Standorten „Markt“ und „Tölzer Straße“ ist wieder der Beruf (mit 44 respektive 51 Prozent), gefolgt von den Fahrtzwecken Freizeit und Einkauf. Am seltensten wurden die Fahrtzwecke Ausbildung und Gewerbe genannt. In Abbildung 2 werden die Ergebnisse der

[7] Transver GmbH (2015): Verkehrliche Untersuchungen im Umfeld des Bahnhofes Holzkirchen im Auftrag der BahnPark GmbH.

[8] SVK (Stadt- und Verkehrsplanungsbüro Kaulen) (2017): Integriertes Mobilitätskonzept. Erläuterungsbericht. München.

Befragung am Standort „Markt“ dargestellt. Aus der Studie „Mobilität in Deutschland“ geht hervor, dass in Bayern durchschnittlich nur 27 Prozent aller Wege zum Zweck der Arbeit und 28 Prozent aller Wege aufgrund von Freizeitaktivitäten zurückgelegt werden. Die große Differenz dieser Zahlen könnte auf die Erhebung der Daten an vereinzelten Standorten in Holzkirchen zurückzuführen sein. Die Fahrzwecke werden für die zeitliche Verteilung des Ladens an einem Tag benötigt.

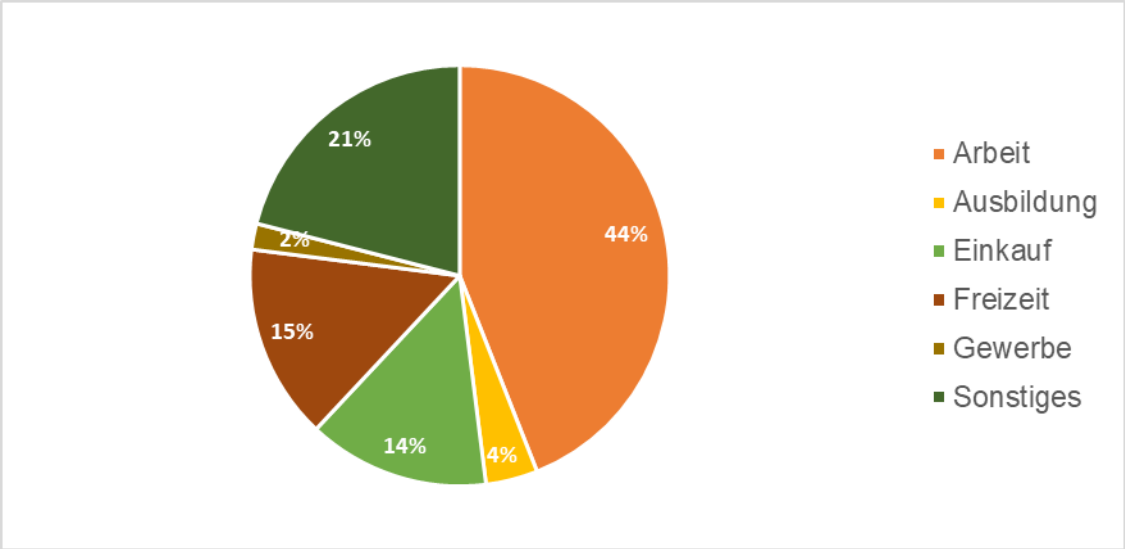


Abbildung 15: Fahrtzweck am Standort "Markt" in Holzkirchen, eigene Darstellung[9]

Im Rahmen von Zählungen für das Mobilitätskonzept Holzkirchen wurde der Modal Split (Anteil der Verkehrsmittel am Verkehrsaufkommen) an einzelnen Standorten ermittelt. An den Standorten der Zählungen – an den Hauptverkehrsachsen der Marktgemeinde Holzkirchen – wurde ein Kfz-Anteil von 80 bis 90 Prozent gemessen. Dieser Anteil ist nicht auf die gesamte Gemeinde Holzkirchen zu übertragen. Die Studie Mobilität in Deutschland hat die durchschnittliche Verkehrsmittelwahl für Oberbayern ermittelt, die in Abbildung 3 dargestellt ist.

[9] SVK (Stadt- und Verkehrsplanungsbüro Kaulen) (2017): Integriertes Mobilitätskonzept. Erläuterungsbericht. München.

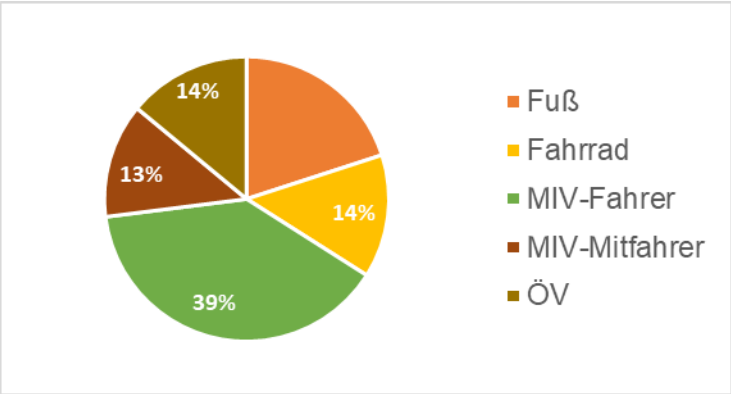


Abbildung 16: Modal Split in Oberbayern, eigene Darstellung[10]

Die Recherche zum Fahrtzweck und zum Modal Split lassen die Interpretation zu, dass

- der MIV-Anteil an den Hauptverkehrsachsen in Holzkirchen im Vergleich zum durchschnittlichen MIV-Anteil in Oberbayern besonders hoch ist. Um mobilitätsbezogene Treibhausgasemissionen zu vermeiden, sollte deshalb der MIV umgestaltet werden: Zum einen durch eine Verlagerung auf den Umweltverbund und zum anderen durch die Förderung umweltfreundlicherer Individualfahrzeuge wie beispielsweise E-Fahrzeuge.
- die meisten Fahrten in Holzkirchen werden zum Zweck der Arbeit, der Freizeit und des Einkaufs zurückgelegt. Die verkehrlichen Maßnahmen zur Umsetzung der oben genannten Ziele sollten deshalb direkt die Mobilitätsbedürfnisse dieser Zielgruppen ansprechen.

3.4.5 Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge

Der Ladeatlas Bayern bietet einen Überblick über nahezu alle öffentlichen Ladestationen in Bayern sowie zusätzliche Informationen wie Kosten, Bezahlsystem oder Ladeanschluss. Im Folgenden finden sich drei Ausschnitte zur aktuellen Verteilung der LIS im Südbayerischen Raum.

[10] Follmer, Gruschwitz, Kestermann (2019): Mobilität in Deutschland – MiD Kurzreport Bayern. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur. Bonn, Berlin.

Südbayern im Norden mit Ingolstadt begrenzt:

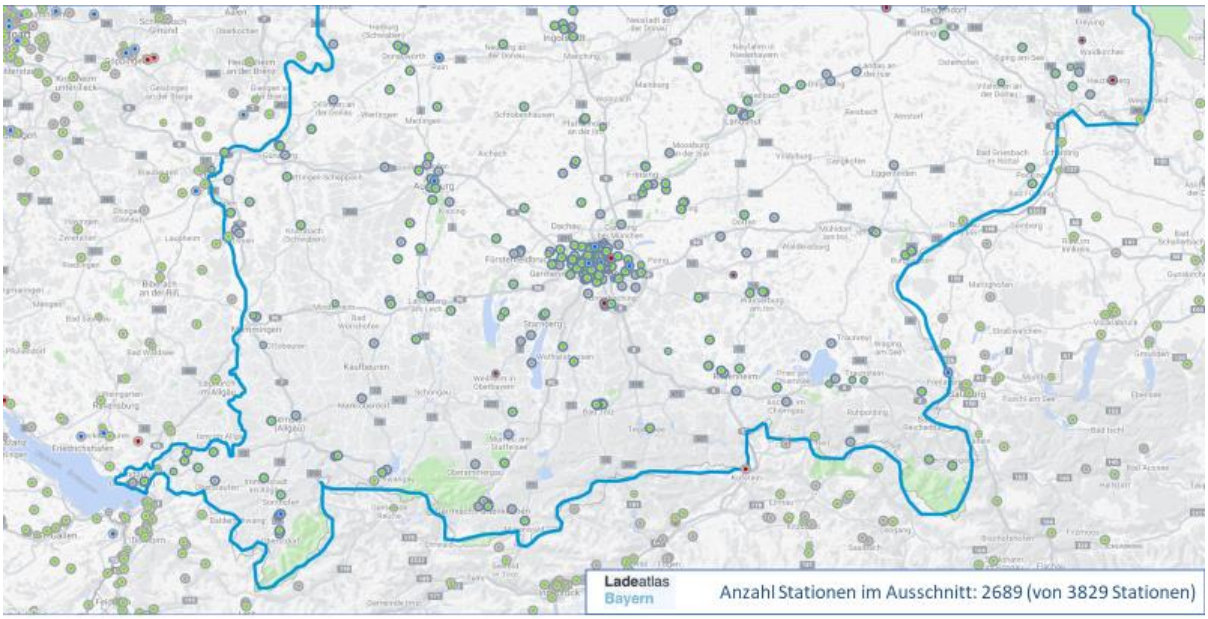


Abbildung 17: ***Verteilung der LIS in Südbayern***[11]

Südlich der Landeshauptstadt München mit den wirtschaftlich starken Orten Rosenheim, Bad Tölz und Starnberg (Pendlerschwerpunkte in der Region):

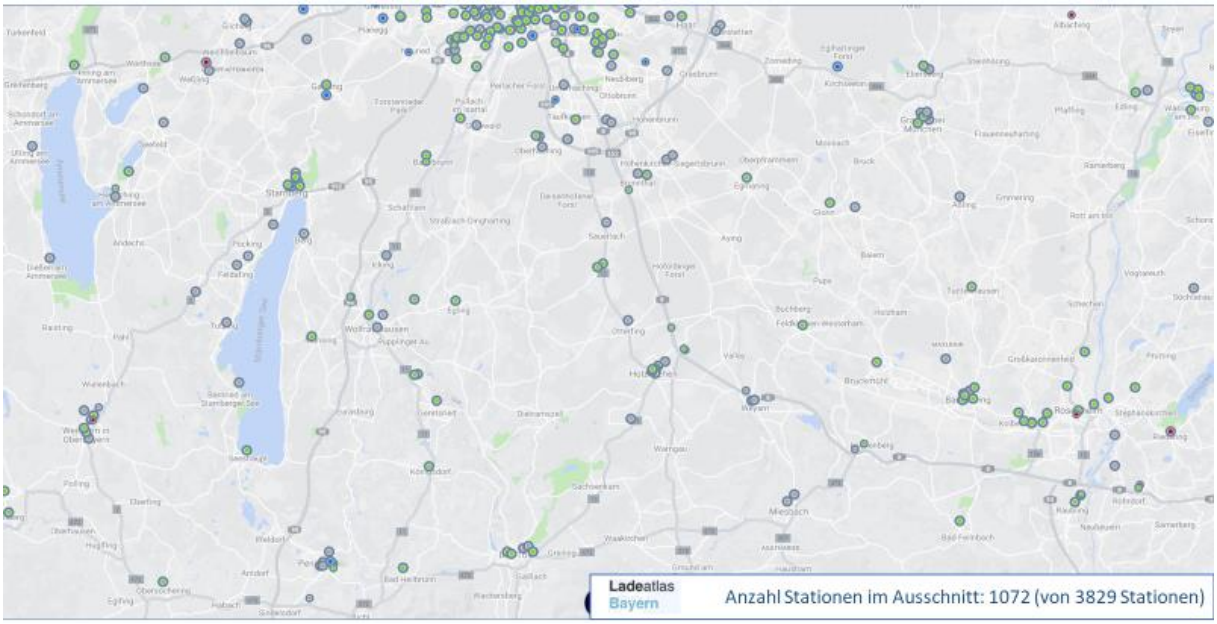


Abbildung 18: ***Verteilung der LIS im Süden Münchens***[12]

[11] Ladeatlas Bayern (2020). https://ladeatlas.elektromobilitaet-bayern.de/. (aufgerufen am 20.01.2020)

[12] Ebd.

In der Marktgemeinde Holzkirchen sind elf Ladestandorte verzeichnet (Stand Januar 2020), von denen sich sieben im Zentrum von Holzkirchen (s. Abb. 14), drei an der Bundesautobahn A 8 und einer an der Bundesstraße B 13 befinden.[13]

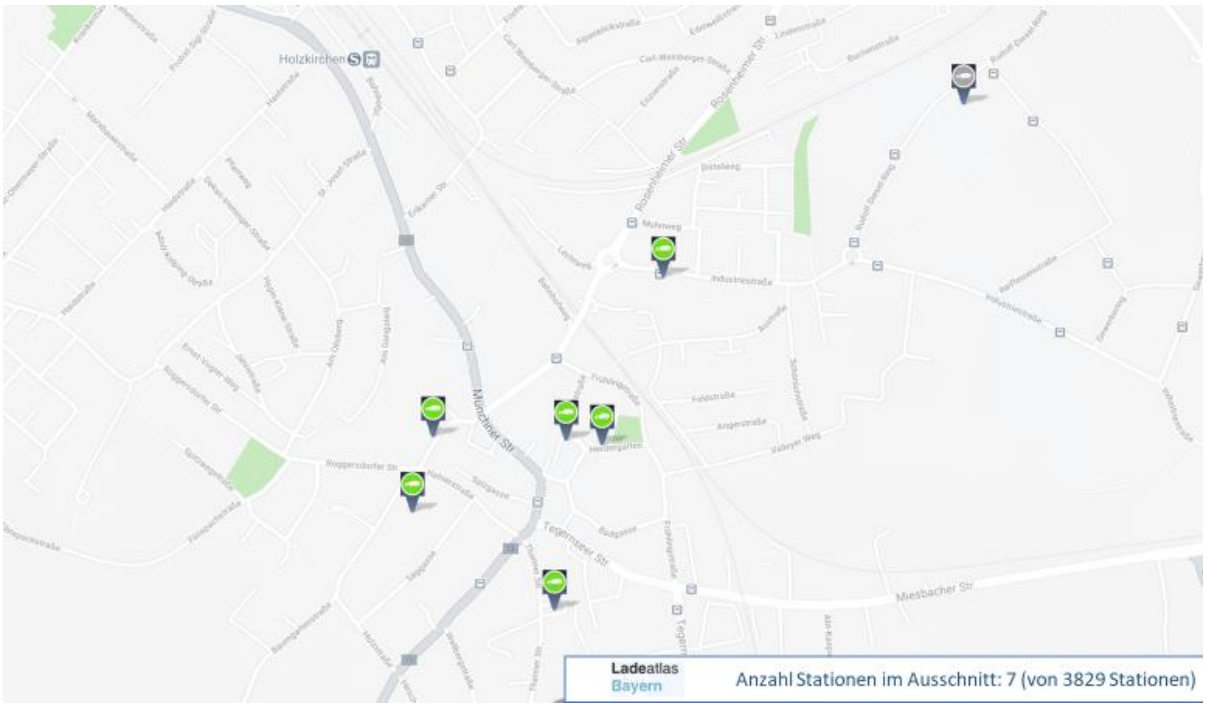


Abbildung 19: ***Verteilung der LIS in der Markgemeinde Holzkirchen[14]***

Der Ladeatlas gibt Auskunft zu den einzelnen Ladestationen:

- Die **LIS Thanner Straße 4** verfügt über zwei 22 kW Anschlüsse, Abrechnungsmöglichkeiten über LINK, APP, RFID und Direct. Die Nutzungsprognose gibt wieder, dass die LIS montags, mittwochs, freitags kaum, dienstags, donnerstags und samstags zur Mittagszeit bzw. in den Abendstunden bevorzugt in den Stunden von 12-18 Uhr genutzt wird.
- Die **LIS Baumgartenstraße 7b** verfügt über zwei 22 kW Anschlüsse, Abrechnungsmöglichkeiten über LINK, APP, RFID und Direct. Die Nutzungsprognose gibt wieder, dass die LIS Montag bis Mittwoch und Freitag bevorzugt in den Mittagsstunden, donnerstags über Mittag sowie in den frühen Abendstunden, samstags und sonntags in den frühen Abendstunden genutzt wird.

[13] Ladeatlas Bayern (2020). https://ladeatlas.elektromobilitaet-bayern.de/. (aufgerufen am 20.01.2020)

- Die **LIS Baumgartenstraße 5A** verfügt über zwei 22 kW Anschlüsse, Abrechnungsmöglichkeiten über LINK, APP, RFID und Direct. Die Nutzungsprognose gibt wieder, dass die LIS montags in den Abendstunden, dienstags bis donnerstags kaum, freitags und samstags in den Abendstunden und am Sonntag in den Nachmittagsstunden zwischen 12:00 und 18:00 Uhr genutzt wird.
- Die **LIS Herdergarten 2** verfügt über zwei 22 kW Anschlüsse, Abrechnungsmöglichkeiten über LINK, APP, RFID und Direct. Die Nutzungsprognose gibt wieder, dass die LIS montags, in den Mittags- und frühen Abendstunden, dienstags bis donnerstags in den Mittagsstunden um 12:00 Uhr herum, freitags in den Nachmittagsstunden, samstags in den Abendstunden und sonntags in den Mittags- bzw. Abendstunden genutzt wird.
- Die **LIS Marktplatz 2** ist die am meisten genutzte LIS unter den hier aufgeführten. Die verfügt über zwei 22 kW Anschlüsse, Abrechnungsmöglichkeiten über LINK, APP, RFID und Direct. Laut der Prognose des Ladeatlas Bayern ist sie über die 24 stündige Öffnungszeit hinweg durchweg gut genutzt.
- Die **LIS Sudetenstraße** wird montags, dienstags und mittwochs in der Mittagszeit, mittwochs und freitags in den frühen Mittags- und Abendstunden, samstags zwischen 12:00 und 18:00 Uhr und sonntags in den späten Abendsunden ab 22 Uhr genutzt.
- Die **LIS Rudolf-Diesel-Ring** verfügt über einen 22 kW Anschluss, Abrechnungsmöglichkeiten über App und RIFD; die Nutzung ist auf Zielgruppen beschränkt; zur Nutzungsprognose werden keine Angaben gemacht.

Insgesamt ist festzustellen, dass die vorhanden LIS-Infrastruktur zwar genutzt wird, aber bis auf die Ladesäule am Rathaus nicht in übermäßiger Häufigkeit teilweise sogar selten. Die Ladesäulen sammeln sich im Stadtzentrum Holzkirchens. In fußläufiger Entfernung finden sich u.a. die Agentur für Arbeit, Restaurants und Einkaufsmöglichkeiten, das Eisstadion sowie, die Grundschule sowie Arztpraxen.

Zu den privaten Ladestationen in den Eigenheimen gibt es keine Recherchemöglichkeit. Mit dem Inkrafttreten von § 19 der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) am 21. März 2019 ist die Neuerrichtung, Erweiterung oder Änderung hauseigener Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge dem Netzbetreiber vor deren Inbetriebnahme zu melden. Bei einer Überschreitung der Summen-Bemessungsleistung von 12 Kilovoltampere bedarf es zudem einer Genehmigung durch den Netzbetreiber.[15]

3.4.6 Ladeverhalten in der Elektromobilität

Die Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ zeigt, dass 92 Prozent der Elektroautos aus Privathaushalten auf privaten Stellplätzen parken. Betrachtet man alle Pkw – unabhängig von der Antriebsart – parken 75 Prozent auf privaten Stellplätzen. Der hohe Anteil bei Elektroautos ist durch die Lademöglichkeit zu Hause zu erklären. Diese Beobachtung wird unterstützt durch die Analyse des Ladeverhaltens von Elektroautos von The Mobility House 2017. Die Ergebnisse (vgl. Abbildung 20) zeigen, dass die meisten privaten Nutzer von Elektrofahrzeugen dieses täglich am Wohnort laden. Ein Drittel verfügt zusätzlich über eine Lademöglichkeit am Arbeitsplatz. Lediglich 20 Prozent der Ladevorgänge finden im öffentlichen Raum statt. Gewerbliche Nutzer von Elektrofahrzeugen laden zum großen Teil auf dem Betriebsgelände, die Hälfte der Nutzer lädt die Fahrzeuge jedoch auch häufig auf dem eignen Privatgrundstück. Das Ladeverhalten geht als Grundgröße in die Berechnung des Strombedarfs für Elektrofahrzeuge eine. Eine Übersicht über das durchschnittliche Ladeverhalten soll die folgende Abbildung 5 wiedergeben:

[15] Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz (2019): Verordnung über Allgemeine Bedingungen für den Netzanschluss und dessen Nutzung für die Elektrizitätsversorgung in Niederspannung (Niederspannungsanschlussverordnung - NAV) § 19 Betrieb von elektrischen Anlagen, Verbrauchsgeräten und Ladeeinrichtungen, Eigenanlagen.

Abbildung 20: ***Ladeverhalten Elektromobilität, eigene Darstellung [Quelle: The Mobility House (2018): Beitrag zur Vortragsreihe auf der Messe Intersolar in München]***

3.4.7 Entwicklung des E-Mobilität-Marktes und Profil der potenziellen Nutzergruppe

Als wichtiger Indikator muss die Entwicklung des Marktes für E-Mobilität und die zukünftige Zusammensetzung der Verkehrsmittel – insbesondere der Kraftfahrzeuge - auf den Straßen hinsichtlich der potenziellen Nutzergruppen (in Holzkirchen) betrachtet werden.

Entwicklung des E-Mobilitäts-Marktes

Für den Ausbau der Elektromobilität im Bundesgebiet gibt es seit 2016 unterschiedliche politische Anreize und Instrumente:

- Umweltbonus für Neufahrzeuge, verlängert bis 2020
- Finanzielle Förderungen zur Verbesserung der Ladeinfrastruktur
- Steuervergünstigungen dienstlicher Fuhrparks (Ladevorgänge, Befreiung von Kfz-Steuer)
- Finanzielle Unterstützung bei der Beschaffung von Elektroahrzeugen für die öffentliche Hand
- Fahrplan für einheitliche Standards (DIN 2017) der Nationalen Plattform Elektromobilität (NPE) sowie die Deutsche Normungsroadmap Elektromobilität 2020 der Bundesregierung

Diese Maßnahmen stehen in Zusammenhang mit der parallel verlaufenden Entwicklung des Fahrzeugmarktes und der Batterieproduktion bzw. der technologischen Weiterentwicklung und bedingen die zukünftige Fahrzeugzusammensetzung. Insbesondere die Entwicklungen im Bereich der Batterie spielen eine tragende Rolle, da diese die teuerste Komponente am Fahrzeug darstellt und den Marktpreis maßgeblich mitbestimmt. In den elektrisch betriebenen Fahrzeugen werden nach Abschätzung der aktuellen Marktsituation, weiterhin die Lithium-Ionen-Batterien als dominierende Speichertechnologie den Markt beherrschen. Die Energiedichten der Batterien werden auf Grund der Fortschritte in der Forschung kontinuierlich ansteigen und damit die Reichweiten-Zuverlässigkeit deutlich erhöhen (Steigerung der Energiedichte bis 2022 um weitere 15 %[16]). Zudem werden,

- nicht zuletzt auf Grund der neuen EU-Regelungen, die ab dem Jahr 2021 den neuen Zielwert von 95 gCO_2/km für neu zugelassene Fahrzeuge vorschreiben und bis 2030 noch deutlich verschärft werden sollen,
- auf Grund von zahlreichen Beschlüssen und Aufforderungen zu städtischen Fahrverboten von Diesel- und Benzinfahrzeugen bzw. gänzlichen Verkaufsverboten von konventionell betriebenen Neuwagen sowie
- der Wertwandel innerhalb der Gesellschaft zu umweltfreundlichen Lebensstilen

die Produktions- und Absatzsituationen auf Seiten der Fahrzeughersteller signifikant verändern. Die großen deutschen Fahrzeughersteller haben bereits erste Serienproduktionen von Fahrzeugen eingeleitet, während asiatische Autobauer den Absatzmarkt der elektrisch betrieben Klein- und Mittelklassewagen derzeit weiter dominieren.

In Anbetracht dessen konnten beispielsweise unterschiedliche Szenarien für Deutschland ausgearbeitet werden, die die potenzielle Entwicklung der E-Mobilität in Deutschland wiedergeben:

- 20 % der Neuzulassungen sind im Jahr 2025 ein Elektro- oder Plug-In-Hybridfahrzeug, im Jahr 2030 sind es bereits 50 % (PricewaterhouseCoopers im VDA Konjunkturbarometer)
- nach Shell wird die Marktdurchdringung der Elektrofahrzeuge im Jahr 2040 bei 17 %, alternativ 35 %. Liegen
- Studien des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) und dem Tankstellenbetreiber ARAL erarbeiten ähnliche Szenarien.

[16] De Haan et al. (2018): Szenarien der Elektromobilität. EBP – Hintergrundbericht. Berlin.

In Anbetracht der Veränderung der gesellschaftlichen Werte und der (globalen, regionalen) und lokalen neuen Anforderungen durch den Klimawandel, scheint es wahrscheinlich, dass die elektrisch betriebenen Fahrzeuge (EV und PHEV) im Jahr

- 2025 bei 4 %,
- 2030 bei 11 %
- und 2035 bei rund 28 %

liegen werden[17]. In Kombination mit den Gewichtungsfaktoren der Fahrzeugklassen nach dem Kraftfahrtbundesamt (KBA 2019), können diese Annahmen auf die Fahrzeugzusammensetzung in Holzkirchen übertragen werden:

- Kleinwagen: Anteil von 7,45 %
- Kleinstwagen: Anteil von 20,73 %
- Mittelklassewagen: Anteil von 53,24 %
- Oberklasse- und Sportwagen: Anteil von 18,57%

Profil der potenziellen Nutzergruppe

Die potenziellen Nutzer- und Käufergruppen der Elektromobilität lassen sich wie folgt beschreiben[18]:

- Erstnutzer und Kaufinteresse an privatem E-Pkw: Vollzeitbeschäftigte aus Gemeinden unter 100 000 Einwohnern, mit vergleichsweise höheren Einkommen
- ÖPNV-affine Bürger in überfüllten Innenstadtgebieten (free-floating Carsharing, Stadt der kurzen Wege)
- Pendler in und zwischen Ballungsregionen (stationsbasiert, Zentren an Rändern großer Städte mit der Option zum Umstieg an P+R Anlagen)
- Fuhrpark von Unternehmen mit großer Mitarbeiteranzahl oder Zustelldiensten (gewerblich, aus sekundärem und tertiären Wirtschaftssektor)

[17] De Haan et al. (2018): Szenarien der Elektromobilität. EBP – Hintergrundbericht. Berlin.

[18] Peters, Hoffmann 2011: Nutzerakzeptanz von Elektromobilität. Empirische Studie zu attraktiven Nutzungsvarianten, Fahrzeugkonzepten und Geschäftsmodellen aus Sicht potenzieller Nutzer. Fraunhofer ISI. Karlsruhe.

Richard, Vogel 2017: Elektromobilität in der digitalen Energiewelt. Positionspapier der Deutsche Energieagentur. Berlin

- Freizeitfahrten (vor allem am Wochenende)

Die demographischen Verhältnisse der Marktgemeinde Holzkirchen lassen sich diesbezüglich wie folgt zusammenfassen und beschreiben[19]:

- Positive Bevölkerungsentwicklung mit steigender Tendenz, Wachstumsregion innerhalb des Großraumes Münchens und steigender Kraftfahrzeugbestand seit 2013 - der Bedarf an Mobilität sowie das Verkehrsaufkommen in Holzkirchen und in der Region werden steigen
- Bevölkerungsgruppen -Anteile in Holzkirchen:

Gruppe, Alter	< 15	15 – unter	18 – unter	25 – unter	30 – unter	> 65
Anteil in %	15,3	3,3	8	5,5	49,3	18,4

- Insbesondere in den Altersgruppen ab 30 Jahren finden sich Vollzeitbeschäftigte bzw. Pkw-affine Mobilitätsbedarfe – in Holzkirchen nehmen diese den größten Anteil in der Bevölkerungsgruppe ein
- Steigende Stimmenanteile für Grüne in den letzten drei Jahrzehnten bei Landtags-, Bundestags- und Europawahlen sind in Holzkirchen erkennbar (Hinweis auf den Wertewandel der Gesellschaft)
- Gemäß der Lohn- und Einkommensstatistik lebt eine vergleichsweise wohlhabende Wohnbevölkerung in Holzkirchen – damit erhöht sich das Potenzial für Käufe der E-Mobilität
- Es lässt sich eine räumliche Konzentration großer Firmen in und um Holzkirchen erfassen, die teilweise über größere eigene Fahrzeugflotten verfügen

Damit lässt sich insgesamt feststellen, dass das Potenzial für den Anstieg der Elektrofahrzeuge in der Marktgemeinde seitens der politischen, wirtschaftlichen und demographischen Situation sehr hoch ist.

Neben der Ermittlung der endogenen Faktoren, die das Mobilitätsverhalten in Holzkirchen bestimmen, werden zudem exogene Faktoren erfasst werden, die die Stromnachfrage bei aufkommender Elektromobilität in der Marktgemeinde beeinflussen.

[19] Bayerisches Landesamt für Statistik 2019: Markt Holzkirchen. Eine Auswahl statistischer Daten. In: Statistik kommunal 2018. Fürth.

Marktgemeinde Holzkirchen 2017: Integriertes Mobilitätskonzept. Holzkirchen.

3.4.8 Entwicklung der Reichweite, der Akkukapazität und des Verbrauchs von Elektrofahrzeugen

Im Rahmen des ENPs wurde eine umfangreiche Marktanalyse zu Reichweite, Akkukapazität und Verbrauch von Elektrofahrzeugen durchgeführt. Dafür wurden die verschiedenen Elektro- (E-) und Plug-in-Hybrid- (PHEV-) Fahrzeugmodelle in je vier Klassen eingeteilt: Kleinstwagen, Kleinwagen, Mittelklassewagen und Oberklasse- bzw. Sportwagen.

Die Marktanalyse hat ergeben, dass die Spanne der Reichweite bei E-Fahrzeugen von 80 bis 632 Kilometer und bei PHEV-Fahrzeugen von 40 bis 300 Kilometer reicht. Die durchschnittlichen Reichweiten der Fahrzeugklassen sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Die Studie „Mobilität in Deutschland 2017“ hat ergeben, dass deutsche Bürger*innen im Jahr 2017 pro Tag durchschnittlich 39 Kilometer in einer Zeit von einer Stunde und 20 Minuten zurücklegten. **Folglich wäre für die meisten in Deutschland zurückgelegten Wege pro Tag die Reichweite der aktuell auf dem Markt vorhandenen Elektrofahrzeuge ausreichend**.

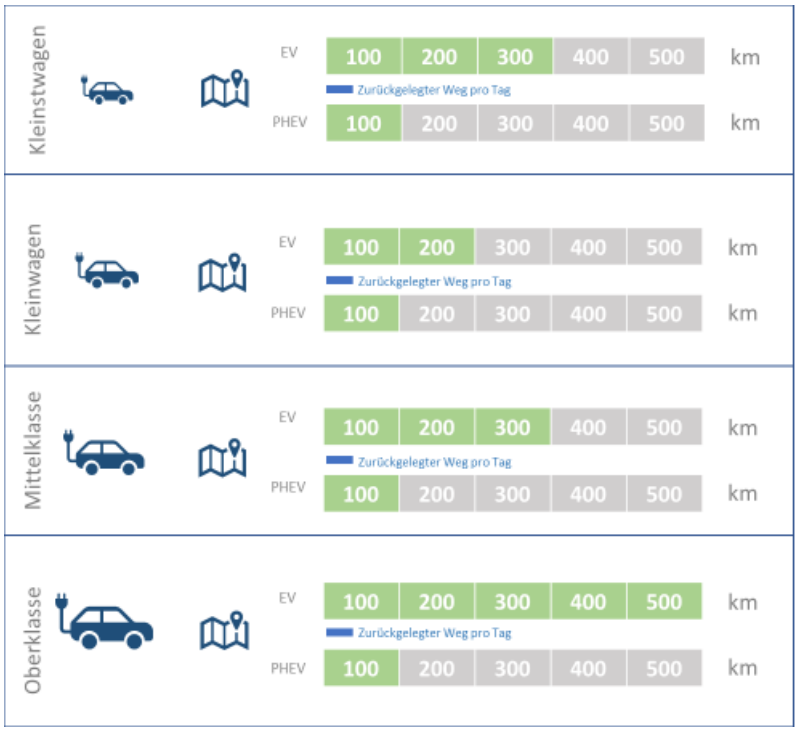


Abbildung 21: Vergleich der durchschnittlichen Reichweiten von EV und PHEV [*Quelle: ENIANO (2019): Marktrecherche zu Elektrofahrzeugen und Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen]*

In Abbildung 21 sind die durchschnittlichen Reichweiten in grün dargestellt. Bei den Plug-in-Hybriden liegt die durchschnittliche Reichweite bei reinem Elektroantrieb unter 100 km, jedoch über dem Durchschnitt der ermittelten zurückgelegten Wege der Bundesbürger*innen (blauer Balken).

Die Marktanalyse hat weiterhin ergeben, dass die Spanne der Akkukapazität von E-Fahrzeugen von 6,1 kWh bis 120 kWh reicht und durchschnittlich 45 kWh beträgt. Der Energiebedarf pro 100 Kilometer liegt im Durchschnitt bei 16 kWh. Die gesamte Marktanalyse ist detailliert im Anhang aufgeführt. Diese fahrzeugspezifischen Daten sind Grundlage für die Ermittlung des heutigen und zukünftigen Ladebedarfs der Elektrofahrzeuge in Holzkirchen.

3.4.9 Neue Geschäftsmodelle[20] für die Elektromobilität in Holzkirchen

Die neuen Antriebsformen der Zukunft – so auch die Elektromobilität – können neben ihrem umweltfreundlichen Nutzen auch einen bedeutenden Wirtschaftszweig auf unterschiedlichen Ebenen darstellen. Für eine erfolgreiche Integration der Elektromobilität in einer Region und darüber hinaus, muss jedoch ein geeignetes Ökosystem für die Angebots- und Nachfrageseite in den Kommunen geschaffen werden.

3.4.9.1 Formen von Geschäftsmodellen und Dienstleistungen:

Passgenaue und dynamische Geschäftsmodelle können die Akzeptanz bei den (potenziellen) Nutzern erhöhen und gleichzeitig die Wirtschaftskraft einer Region stärken. Dieses Ökosystem fußt auf regionalspezifischen Dienstleistungen und neuen, innovativen Geschäftsmodellen (Beispiele):

- **Beratungsleistungen und Bürgerinformation**: Angelehnt an die bereits erfolgreich durchgeführte Energiekarawane im Jahr 2018 in Holzkirchen, bietet es sich an, eine ähnliche Kampagne als Informationsveranstaltung für die Bürger und Unternehmen vor Ort zu organisieren. Dabei könnten neben der informationsgebenden Funktion, auch Absichten oder Tendenzen hinsichtlich der Beschaffung eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs und entsprechender Infrastruktur abgefragt werden.

[20] NOW GmbH (2019): Elektromobilität in deutschen Kommunen. Bestandsaufnahme. Im Auftrag des BMVI. Berlin, Karlsruhe

- **Ladebezogene Dienstleistungen**: Darunter verstehen sich einerseits technisch bezogene Dienstleistungen wie beispielsweise Batteriewechsel oder die Wartung und Reparatur von E-Fahrzeugen und Ladeinfrastrukturen, aber auch mobilitätsunterstützende Dienstleistungen wie beispielsweise intelligentes Lademanagement und die Bereitstellung von IT-Plattformen.

  In Anbetracht der derzeitigen Unklarheiten im Bereich der Preiszusammensetzungen und Abrechnungsmodellen, kann eine logisches, transparentes und unkompliziertes Abrechnungsmanagement für private, halböffentliche und öffentliche Ladeinfrastrukturen die Attraktivität bei potenziellen Nutzern erhöhen.

- **Flottenmanagement**: Darunter kann einerseits verstanden werden, die ansässigen Unternehmen innerhalb eines betrieblichen Managements zu unterstützen oder mit ihnen zu kooperieren oder aber andererseits auch die Elektrifizierung der eigenen kommunalen Fahrzeugflotte angedacht werden.

- **Intermodale Mobilität**: Insbesondere für „Zweifler“ wird Elektromobilität attraktiv, wenn sie nicht als alleiniges Verkehrsmittel dient, sondern als einfach zu integrierender Bestandteil der täglichen Wegekette. Im Bereich des ÖPNV können dies kommunale Angebote durch elektrifizierte Shuttle-Zubringer sein, im MIV durch elektrifizierte Fahrzeuge, die an und zwischen hoch frequentierten Knotenpunkten unkompliziert genutzt werden können (**Carsharing**).

- **Vertragskombinationen aus Wohnen und Fahren**: Als konkret formuliertes Geschäftsmodell können Vertragskombinationen genannt werden. Insbesondere für Wohnanlagen, die seitens der öffentlichen Hand zur Verfügung gestellt werden, können Mietverträge die Nutzung eines öffentlichen Carsharings im Mietpreis enthalten. Bereits in anderen Regionen hat sich das Wohnanlagen-Carsharing etabliert, wobei Nutzern eine Sonderkondition eingeräumt wird sobald sie die Sharing-Fahrzeuge der Wohnanlage anstatt eines eigenen Fahrzeugs nutzen.

- **Opportunity Charging**: Dieses Angebot kann sich im Bereich des MIV an Nutzer richten, die ihr Fahrzeug beispielsweise während eines Einkaufs laden möchten. Im ÖPNV wird Opportunity Charging bei Bussen eingesetzt, die an speziellen Haltestellen induktiv geladen werden.

Dienstleistungen spielen neben technischen Fragestellungen eine bedeutende Rolle in der Entwicklung eines funktionierenden Elektromobilitätssystems. In erster Linie dienen sie dazu, die Akzeptanz bei den Nutzern zu erhöhen. In zweiter Linie tragen sie damit aber auch dazu bei, die Wirtschaftlichkeit des Elektroökosystems insgesamt zu erhöhen.

3.4.9.2 Regionsspezifischer Bedarf:

In der Marktgemeinde Holzkirchen müssen potenzielle Geschäftsmodelle auf verschiedenen Ebenen und Nutzergruppen betrachtet werden:

- **Bürger**: Seit 21. März 2019 ist eine Meldepflicht der hauseigenen Wallbox im Gesetz verankert ist. In § 19 der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) ist festgehalten, dass die Inbetriebnahme von Ladeinfrastrukturen für Elektrofahrzeuge dem örtlichen Netzbetreiber vorab zu melden sind. Wenn die Summenbemessungsleistung der Wallbox 12 Kilovoltampere pro Anlage überschreitet, ist zudem die Zustimmung des Netzbetreibers bzgl. der Installation einzuholen. Dies soll dazu beitragen, Straßenzüge hinsichtlich ihrer Netzauslastung nicht zu überfrachten. Diese Informationen und Anforderungen können in Form einer Energiekarawane an die Bürger herangetragen werden. Gleichzeitig können über den Dialog auch plausible Einschätzungen für den Einzug der Elektromobilität für Siedlungsquartiere gewonnen werden.
- **Gewerbegebiete**: Gewerbegebiete sind sehr heterogen gestaltet, wodurch individuelle Betrachtungen nötig sind und eine entsprechende Vorgehensweise in der Planung wie folgt erforderlich ist:
    1. Definition der Zielgruppen und Ermittlung des grundsätzlichen Bedarfs (z. B. Arbeitnehmer oder Kunden)
    2. Definition der Anforderungen an die notwendige Ladeinfrastruktur
    3. Klärung notwendiger Genehmigungen
    4. Überlegungen zu einem Einsatz intelligenter Technologien wie Energiespeicher, Lastmanagement und Abrechnungssysteme
    5. Auswahl und Beschaffung der Ladeinfrastruktur

Um auch die Unternehmen in den Gewerbegebieten von Holzkirchen zu motivieren, ihre eigenen Energieansätze für das Laden von Elektrofahrzeugen zu entwickeln, sollte eine direkte Ansprache und individuelle Untersuchung von Lösungsansätzen durch die Kommune stattfinden.

- **Durchgangsverkehr:** Personen, die Holzkirchen durchfahren, spielen grundsätzlich eine deutlich untergeordnete Rolle in der Betrachtung von lokalen Geschäftsmodellen für Elektromobilität. Dennoch sollte für Holzkirchen der gebrochene Durchgangsverkehr, der außerhalb der Gemeindegrenzen beginnen und am Bahnhof Holzkirchen enden, um dort auf den Schienenverkehr nach München umzusteigen, für Holzkirchen für lokale Geschäftsmodelle beachtet werden. Hier wird in Zukunft Ladebedarf entstehen, der mit neuen Geschäftsmodellen im Umfeld des Bahnhofs attraktiv beantwortet werden muss.

3.4.9.3 Aktuelle übergeordnete Problemfelder, die hinsichtlich der Umsetzung von Maßnahmen im Bereich der Elektromobilität beachtet werden müssen:

- **Ladeinfrastrukturbetreiber:** Die bundesweit angestrebte flächendeckende Errichtung von Ladeinfrastruktur (LIS) seit 2008 konnte durch das bestehende Regelwerk für öffentliche Straßen sowie für private Flächen noch nicht in beabsichtigtem Format umgesetzt werden. Da die spezifischen Anforderungen von LIS in den gängigen Regelwerken bislang kaum Berücksichtigung finden, bestehen für Ladeinfrastrukturbetreiber weiterhin Rechts-, Investitions- und Planungsunsicherheiten. Änderungen und Anpassungen im Rechtsrahmen auf Bundes- und Landesebene sind jedoch absehbar.
- **Nutzer**: Auf Nutzerseite sorgen die mangelnde technische Interoperabilität (beispielsweise Stecker und Ladekabel), unterschiedliche Benutzeroberflächen der Medien (Funktionen an den Ladesäulen bzw. über Web-Dienste wie Apps) wie auch die verschiedenen Voraussetzungen für den Zugang bzw. die Abrechnung für Hürden und Unzufriedenheit bei der Nutzung von LIS. Mit dieser unsicheren Nachfrageseite entsteht parallel für Ladeinfrastrukturbetreiber, insbesondere auf öffentlicher Seite, ein erhöhtes wirtschaftliches Risiko, da der Return of Investment (ROI) nicht unbedingt gewährleistet scheint. Zudem verstärkt es die Nachfrage nach Laden zu Hause und am Arbeitsplatz.
- **Erwartete Entwicklung:** Experten aus der Mobilitätswelt sind sich, auch entgegen der aktuellen Meinungen von Automobilherstellern, einig, dass die Elektromobilität als alternative Antriebsform einen bedeutenden Anteil unter den Verkehrsmitteln einnehmen wird. Dabei wird dies kein revolutionärer Prozess, sondern mehr ein evolutionärer sein, der über lange Sicht unsere Nutzungsformen in der Mobilität beeinflussen wird. Wirtschaftlich starke Regionen wie die Marktgemeinde Holzkirchen, mit einer vergleichsweise kurzen Distanz zu den Wirtschaftszentren München, Rosenheim und Salzburg, nehmen dabei über lange Sicht eine Vorreiterrolle hinsichtlich der Umsetzung von innovativen Geschäftsmodellen ein.

3.4.10 Preismodelle der Stromanbieter an Ladeplätzen und Preissensitivität des Endkunden[21], [22]

Die Bepreisung des Ladestroms ist, neben unklaren regulatorischen Rahmenbedungen für den Ausbau der LIS sowie deren unsicheren Wirtschaftlichkeit, derzeit eine weitere Komponente, die den Ausbau der alternativen Antriebsform verzögert. Dabei spielen die folgenden Faktoren derzeit eine tragende Rolle, auf die in geeigneter Weise regional und überregional reagiert werden muss:

- Mangelnde Transparenz bei der Zusammensetzung der Ladestrompreise
- Unsicherheiten bzgl. der Zulässigkeit von Abrechnungsmodellen
- Eine hohe Anzahl von unterschiedlichen Nutzungs- und Abrechnungsmodellen über Ladekarten oder Lade-Apps (in Deutschland gibt es derzeit über 300 unterschiedliche Ladekarten)
- Schwer nachvollziehbare rechtliche Rahmenbedingungen auf der Angebots- und Nachfrageseite:
    - Abrechnung beim Kunden: technische Schnittstellen zur Abrechnung unterliegen dem Mess- und Eichrecht (MessEG, MessEV) und dem Preisrecht (PAngV)
    - Interoperabilität: Regulation auf Bundesebene durch die Ladesäulenverordnung (LSV)
    - Einspeise- und Abrechnungskonzepte: Beachtung des Energiewirtschaftsgesetz (EnWG), der Niederspannungsanschlussverordnung (NAV) und dem Messstellenbetriebsgesetz (MsbG)

Im Fokus der Betrachtung von Geschäftsmodellen und der weiteren Konzeption sollte der Interessensausgleich zwischen den verschiedenen Akteuren stehen:

- **Betreiber von LIS** sowie von eRoaming-Plattformen sind auf ein wirtschaftliches Geschäftsmodell angewiesen (leistbar durch hohe Grundgebühren oder zeitbasierte Tarife).
- **Betreiber von Stromverteilnetzen** nehmen eine Abwägung zwischen der Aufnahme in ihr Serviceportfolio oder der Auslagerung von Ladestromangeboten vor.

[21] Deutsche Energie-Agentur GmbH (dena) (2019): Urbane Energiewende. dena-Projekt. Abschlussbericht. Teil C: Gutachterliche Ausarbeitung zu regulatorischen Herausforderungen. Berlin.

[22] The Mobility House (2019): Elektroauto öffentlich laden: Welcher Ladetarif ist der Richtige für mich?

- Für **Nutzer** spielt die Transparenz der Kosten eine große Rolle – die Zusammensetzung der Preise muss nachvollziehbar sein – und es sollten keine zu großen preislichen Unterschiede zum eigenen Haushaltsstroms sein.
- Für **Verbraucherschutzbehörden** müssen die Preise entsprechend den geltenden Regelungen transparent aufgeführt werden sein.
- Über den Preis können seitens der **kommunalen Ordnungsbehörden** kurze Standzeiten und eine geringe Fehlnutzung erzielt werden.

Die Wahl des Nutzers eines öffentlichen Ladestromanbieters ist abhängig vom Mobilitätsverhalten einer Person:

- Roaming-Anbieter: Hierbei handelt es sich um Ladekarten, die insbesondere für Notfallllader – also Personen, die überwiegend zuhause laden – geeignet sind, da sie Zugang zu verschiedenen Anbietern geben (Kooperationen aus verschiedenen Anbietern)
- Örtliche Stromversorger: Energieversorger, die eine Lade-App anbieten, über die Ladestationen gefunden und das Laden bezahlt werden kann – die Abrechnung erfolgt entsprechend dem geladenen Strom – und besonders attraktiv für Gelegenheitslader ist (Gelegenheitslader: Personen, die viel in der Stadt unterwegs sind und gelegentlich ihr Auto dort z. B. während eines Einkaufs aufladen).
- Automobilhersteller: Abrechnungssysteme, die lediglich den Fahrzeugen der jeweiligen Marke vorbehalten sind

Zu den klassischen Bezahlmodellen zählen Grundgebühren und Prepaid-Tarife. An öffentlichen Ladesäulen werden die Preise mehrheitlich nach den folgenden Faktoren berechnet (einzeln oder als Kombination):

- Dauer der Ladung: Hierbei erfolgt die Berechnung des Preises anhand der Dauer des Ladevorgangs an der Ladesäule.
- Menge der Ladung: Hier erfolgt die Abrechnung der abgegebenen Lademenge (kWh).
- Grundgebühr: Zusätzlich zu den Faktoren der Dauer und der Lademenge kann ein Grundpreis zur Nutzung anfallen.
- Startgebühr: Vom Anbieter kann ein einmaliges Entgelt für den Start des Ladevorgangs erhoben werden.

Insbesondere die Kombinationen von den Faktoren führen zu intransparenten Preisen.

Die aktuellen Preise der größten Anbieter in Deutschland/Europa sind als tabellarischer Überblick im Anhang (Tabelle: Anbieter von öffentlichen Ladesäulen im Vergleich) einzusehen:

Für die weitere Ausarbeitung von entsprechenden Geschäftsmodellen und Konzepten für Holzkirchen bezüglich Elektromobilität, spielt die Preissensitivität von Nutzern eine große Rolle (sie beschreibt das Maß, in welchem die Käufer auf Preisveränderungen reagieren). Für viele Nutzer spielt es eine erhebliche Rolle, dass der Strompreis an Ladesäulen nicht höher sein darf als der eigene Haushaltsstrom. Derzeit sind die Infrastrukturkosten einer Ladesäule relativ hoch und die Tendenz derzeit steigend. Diese Investitionen müssten teilweise auf die Nutzer umgelegt werden, was den Preis für die eigentliche Ladung erhöht.

3.4.11 Ladetechnologien an Ladeplätzen

Ladestationen können entweder als **Wallboxen** an der Wand montiert werden oder als **Ladesäulen** stehen. Es werden zwei verschiedene Arten des Ladens der Batterien von Elektroautos unterschieden: das konduktive – kabelgebundene – Laden und das induktive – kabellose – Laden. Eine dritte Möglichkeit besteht darin, die „leeren" Fahrzeugbatterien gegen aufgeladen Akkus zu tauschen – das sogenannte „**Wechselbatteriesystem**".

Das **induktive** Laden wird in Europa bisher nicht kommerziell betrieben und befindet sich noch in der Erprobungsphase. Die Energieübertragung erfolgt hierbei durch ein **elektromagnetisches Feld** zwischen zwei Spulen: einer Primärspule im Boden und einer Sekundärspule an der Unterseite des Fahrzeugs. Das **konduktive** Laden kann wiederum über verschiedene Arten erfolgen: Entweder wird Wechselstrom geladen, welcher im Fahrzeug in den zum Laden benötigten Gleichstrom umgewandelt wird – sogenanntes **AC-Laden** – oder es wird Gleichstrom geladen, der bereits außerhalb des Fahrzeugs umgewandelt worden ist – sogenanntes **DC-Laden**. Das AC-Laden kann sowohl **1-phasig**, wobei eine von drei Phasen des Niederspannungs-Verteilnetzes genutzt wird, als auch **3-phasig**, wobei alle drei Phasen des Niederspannungs-Verteilnetzes genutzt werden, geschehen. Die verschiedenen konduktiven Ladetechnologien unterscheiden sich besonders hinsichtlich ihrer Ladeleistung.

Diese ist in Tabelle 3 dargestellt. Auf Grund der hohen Ladeleistung des DC-Ladens wird diese Technologie häufig als „**Schnelladestation**" bezeichnet. [23]

[23] Nationale Plattform Elektromobilität (2013): Technischer Leitfaden Ladeinfrastruktur. Berlin.

Tabelle 6: Typische Ladeleistung je Ladetechnologie

Ladetechnologie	Ladeleistung [kW]
AC 1-phasig	bis 3,7
AC 3-phasig	bis 43
DC	bis 170

Bei den öffentlichen Ladestationen im Zentrum von Holzkirchen handelt es sich um AC-Ladesäulen mit einer Leistung von maximal 22 kW. Die drei Ladestationen, die sich an der A 8 befinden, weisen eine maximale Leistung von 50 beziehungsweise 350 kW auf. [24]

Da sich einige Ladetechnologien noch in der Entwicklungs- und Erprobungsphase befinden, fluktuiert das Angebot am Markt stark. Es bestehen große Unsicherheiten hinsichtlich zukünftiger Ladeinfrastrukturlösungen und die Angst, dass die neu errichteten Ladestationen hinsichtlich der Technologie schnell veraltet sein werden. Deshalb werden hier die zu erwartenden Entwicklungen bis 2030 hinsichtlich der Ladetechnologien und -leistungen zusammengefasst: [25]

- Experten teilen die Meinung, dass weiterhin das konduktive Laden die am weitesten verbreitete Ladetechnologie sein wird.
- Im Bereich des konduktiven Ladens werden die bereits dominierenden Systeme des Steckertyps 2 (AC-Laden) und des Combined Charging Systems (CCS) (DC-Laden) weiterhin große Bedeutung haben. Eine Ablösung durch andere Systeme, wie beispielsweise das japanische CHAdeMO-System wird als unwahrscheinlich eingeschätzt.
- Beim AC-Laden sehen Experten eine Leistung von 22 kW als dominierend bis 2030 an. Eine Durchsetzung des AC-Ladens mit 43 kW wird durchschnittlich nur zu 28 Prozent als wahrscheinlich angesehen.
- Beim DC-Laden wird eine Leistung von 150 kW überwiegen. Aber auch eine Leistungssteigerung bis zu 350 kW wird als wahrscheinlich eingeschätzt.

[24] Ladeatlas Bayern (2020). https://ladeatlas.elektromobilitaet-bayern.de/. (aufgerufen am 20.01.2020)

[25] Bayern Innovativ, Fraunhofer IAO (2019): Zukünftige Ladeinfrastrukturen. Technologien und Trends. Nürnberg.

- Im Bereich des Heimladens sind höhere Leistungen zu erwarten. Bereits 2018 wurden DC-Wallboxen mit einer Leistung von bis zu 24 kW vorgestellt.
- Bei der zukünftigen Bedeutung von induktiv-statischen Ladetechnologien sind sich Experten uneinig. Es bestehen große Unsicherheiten, ob diese Ladetechnologie den Vorsprung des konduktiven Ladens aufholen kann, insbesondere auf Grund von hohen Kosten und der bisher geringen übertragbaren Ladeleistung.
- Dem induktiv-dynamischen Laden schreiben Experten weniger Technologieeinsatzwahrscheinlichkeit bis 2030 zu, als dem induktiv-statischen Laden, da hierbei die Kosten für Infrastruktur noch höher und die technologische Entwicklung weniger fortgeschritten ist.

Diese Trends sollten bei der Planung der weiteren Entwicklung der Ladeinfrastruktur für Elektroautos in Holzkirchen berücksichtigt werden. Für Holzkirchen bieten sich dabei folgende Entwicklungsmöglichkeiten:

- Hinsichtlich der öffentlichen Ladeinfrastruktur müssen neue Konzepte entwickelt werden, die sich den aktuellen Trends anpassen und sowohl für die Gemeinde als auch für die Nutzer eine attraktive Preispolitik verfolgen.
- Die Gestaltung der öffentlichen Ladeninfrastruktur betreffend, sollten innovative Lösungen gefunden werden, um beispielsweise die Ladeinfrastruktur in das Stadtbild zu integrieren. Dazu zählen beispielsweise die Angliederung der Ladesäulen an Laternen, Verkehrsschilder oder Begrenzungs-Poller anlagern oder versenkbare Ladesäulen.
- Für das Heimladen müssen neue Regelungen definiert werden, damit die Netzkapazität bei erstens steigender Heimlade-Leistung und zweitens steigender Nutzung von Elektromobilität nicht überschritten wird.
- Die Gemeinde kann für mögliche Forschungsprojekte im Bereich des induktiven Ladens als potenzieller Pilotraum sich anbieten. Die Vorteile solcher Pilotprojekte für Holzkirchen sind eine Imagesteigerung der Gemeinde, ein positiver Einfluss auf die Wirtschaft sowie eine positive Ausstrahlung von Elektromobilität auf die Einwohner.

Fazit:

München aber auch Salzburg liegen in der sicheren Reichweite (Hin- und Rückweg) heutiger Elektrofahrzeuge. Der Berufsverkehr von und nach Holzkirchen als auch über den Bahnhof (Umsteigen auf den ÖPNV) ist überdurchschnittlich, der MIV-Anteil ebenso. Die Ermittlung der Stellplatzzahlen in Holzkirchen hat zudem eine sehr hohe Anzahl privater Stellplätze ergeben, die das Laden zu Hause erleichtern, wenn stromseitig möglich. Dies wird tendenziell den Wechsel von fossil angetriebenen Fahrzeugen zu elektrischen Fahrzeugen in den kommenden Jahren in Holzkirchen beschleunigen. Damit müssen:

- die Ladestromversorgung an den privaten Stellplätzen als auch
- bei den Arbeitgebern des Gewerbes sichergestellt,
- an P+R-Anlagen sichergestellt sowie
- das schnelle Laden mit Gleichstrom im Ortsgebiet ermöglicht werden.

4 Potenzialanalyse

Basis für die Ausarbeitung der Potenzialanalyse ist zunächst die Festlegung auf einen Potenzialbegriff. Der vorliegende Teil-Energienutzungsplan orientiert sich bei der Potenzialbetrachtung am **erschließbaren Potenzial**. Bei der Ermittlung des erschließbaren Potenzials werden neben den wirtschaftlichen Aspekten auch ökologische Aspekte, Akzeptanzfragen und institutionelle Fragestellungen berücksichtigt. Demnach werden sowohl mittelfristig gültige wirtschaftliche Aspekte als auch gesellschaftliche und ökologische Aspekte bei der Potenzialerfassung herangezogen.

Der angenommene **Betrachtungszeitraum** zur Ermittlung der Potenziale zur Energieeinsparung und Steigerung der Energieeffizienz erstreckt sich bis zum Zieljahr 2035. Die dargestellten Ergebnisse beziehen sich stets auf den Endzustand im Jahr 2035 (Ausbauziel) im Vergleich zum Ausgangszustand im Bilanzjahr 2017. Als Normierungsbasis dient der Zeitraum eines Jahres, d. h. alle Ergebnisse sind als Jahreswerte nach Umsetzung der Ausbauziele angegeben.

4.1 Energetische Sanierung von Gebäuden

4.1.1 Methodik und Datengrundlage

Für die Potentialanalyse zur energetischen Sanierung wurde ein Sanierungskataster auf Basis des 3D-Gebäudemodells für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude erstellt. Für jedes enthaltene Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar. Jeder Sanierungsvariante liegen Maßnahmen der energetischen Gebäudesanierung zu Grunde. Hierzu zählen beispielsweise die Dämmung von Außenwänden, Dachflächen und Kellergeschossdecken oder der Austausch von Fenstern, um einen höheren Energiestandard zu erreichen. Für denkmalgeschützte Gebäude wurden spezielle Varianten ausgewiesen, welche den rechtlichen Rahmen und die geringeren Anforderungen an Sanierungsmaßnahmen im Denkmalschutz berücksichtigen. Für jedes Gebäude und jede Sanierungsvariante wird der Wärmebedarf getrennt nach Raumwärme und Warmwasser ausgewiesen, da die energetische Sanierung den Warmwasserbedarf kaum beeinflusst.

Für den Wohngebäudebestand wurden nachfolgend gelistete Sanierungsvarianten berechnet:

EnEV 2016	**Das Szenario basiert auf den vorgegebenen Gebäudekennwerten für energetische Bestandssanierungen der Energiesparverordnung 2016.**
KfW Effizienzhaus 100	Das KfW Effizienzhaus 100 entspricht dem energetischen Primärenergiebedarf dem EnEV 2009 Referenzhaus für Neubau und Sanierung. Das Sanierungsszenario entspricht den technischen Mindestanforderungen für Sanierungen auf Basis des Merkblatts zum KfW Effizienzhaus vom Institut Wohnen und Umwelt.
KfW Effizienzhaus 70	Das KfW Effizienzhaus 85 weist einen maximalen Primärenergiebedarf von 85 % des EnEV 2009 Referenzhauses für Neubau und Sanierung auf. Das Sanierungsszenario entspricht den technischen Mindestanforderungen für Sanierungen auf Basis des Merkblatts zum KfW Effizienzhaus vom Institut Wohnen und Umwelt.
KfW Effizienzhaus 55	Das KfW Effizienzhaus 55 weist einen maximalen Primärenergiebedarf von 55 % des EnEV 2009 Referenzhauses für Neubau und Sanierung auf. Das Sanierungsszenario entspricht den technischen Mindestanforderungen für Sanierungen auf Basis des Merkblatts zum KfW Effizienzhaus vom Institut Wohnen und Umwelt.

Für Nicht-Wohngebäude wurden folgende Sanierungsvarianten berechnet:

EnEV 2016	Das Szenario basiert auf den vorgegebenen Gebäudekennwerten für energetische Bestandssanierungen der Energiesparverordnung 2016 für kommunale Gebäude und wird entsprechend auf alle Nicht-Wohngebäude ausgeweitet.
KfW Effizienzhaus 70	Das Szenario orientiert sich am KfW Effizienzhaus 70 Szenario für Wohngebäude. Die Unterschiede in den technischen Mindestanforderungen zwischen Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden werden aus den beiden EnEV 2016 Szenarien abgeleitet.

Für die Entwicklung von Zukunftsstrategien für Fernwärme- oder Gasversorgungsinfrastrukturen bildet das Sanierungskataser Szenarien einer künftigen Nachfrage ab, was die perspektivische Wirtschaftlichkeit der Netze darstellbar macht. Es bietet damit strategisch-technische Entscheidungsgrundlagen für Netzausbaustrategien in Kommunen.

Weiterhin bietet das Sanierungskataster maßnahmenscharfe Informationen zum Sanierungspotenzial einzelner Gebäude, die als Grundlage für die Identifikation städtebaulicher Sanierungsgebiete mit energetischen Missständen dienen können. Maßnahmen wie etwa die Erstellungen von geförderten Quartierskonzepten lassen sich daraus ableiten.

Die Informationen zum Sanierungspotenzial können darüber hinaus in Aktivitäten zur Energie-Erstberatung einfließen und die Gestaltungen kommunaler Förderprogramme stützen

4.1.2 Ergebnisse

Das Sanierungskataster weist für jedes Bestandsgebäude maßnahmenscharfe Sanierungsvarianten für die Gebäudehülle aus. Zu jeder Variante wird das Einsparpotenzial gegenüber dem Ist-Zustand, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die reduzierte Wärmenachfrage ausgewiesen.

Die Sanierungspotenziale für die Marktgemeinde Holzkirchen wurden in der Karte „Spez_Einsparpotential_KfW70_WG“ aufbereitet. Energieeffiziente Gebäude erscheinen in der Kartendarstellung grün, rot eingefärbte Gebäude weisen hingegen ein hohes Energieeinsparpotenzial durch energetische Sanierung auf. Wie in nachfolgender Abbildung zu sehen, stechen beispielsweise alte Einfamilienhäuser mit hohem Sanierungspotenzial in Rottönen hervor.

Abbildung 22: Ausschnitt des Sanierungskatasters am Beispiel des KfW 70 Effizienzhaus Szenarios

Aufgrund unterschiedlicher Gebäudekubaturen und Baustrukturen wird mit einer energetischen Sanierungsmaßnahme nicht immer der gleiche Effekt erzielt. Die mittlere Effektivität einer Sanierung auf den Standard EH 55 bezogen auf den Wärmeverbrauch ist in Holzkirchen vor allem bei Mehrfamilienhäusern und großen Mehrfamilienhäusern hoch, freistehende Einfamilienhäuser bieten aufgrund der geringen Anbaugrade ebenfalls hohe Potenziale (vgl. Abbildung 23).

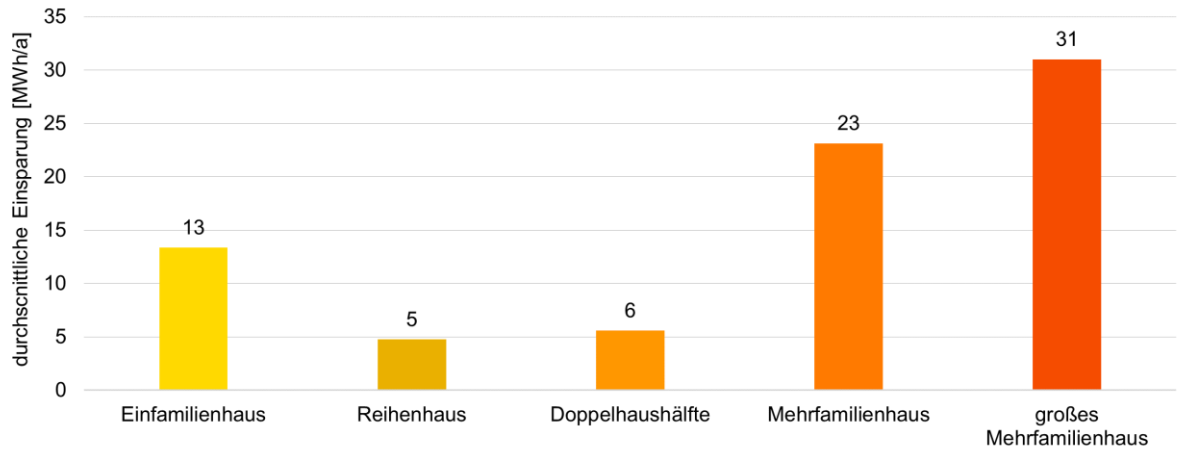


Abbildung 23: Durchschnittliche Einsparung im Wärmeverbrauch nach Gebäudetyp bei einer Sanierung auf KfW 55 Effizienzhausstandard

Stellt man unterschiedliche Sanierungstiefen für den Holzkirchner Wohngebäudebestand gegenüber, so ist erkennbar, dass vor allem über die Varianten ‚EnEV2016' und ‚KfW 100' eine große Einsparung (14 % und 30 %) erreicht werden kann. Sehr ambitionierte Varianten wie ‚KfW 55' verhelfen zu einer noch deutlicheren Einsparung im Wärmeverbrauch. Aufgrund des gleichbleibenden Warmwasserbedarfs sowie des Nutzverhaltens (z.B. Wärmeverluste durch regelmäßige Fensterlüftung) verlieren diese in der Praxis jedoch an Effektivität (die Differenz zwischen KfW 70 und KfW 55 % liegt bei nurmehr 4 %).

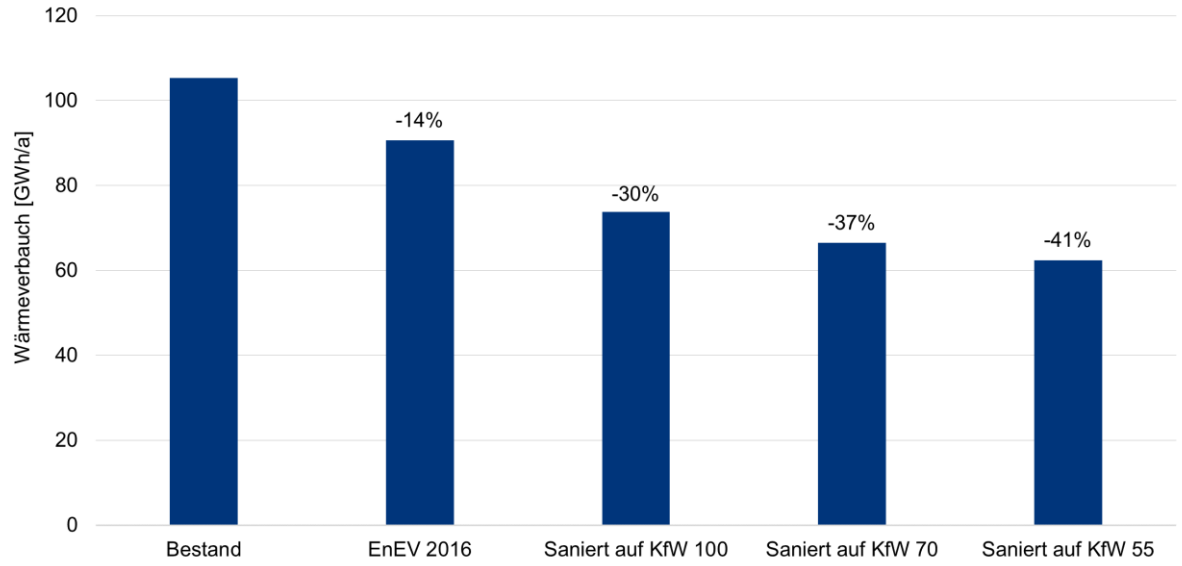


Abbildung 24: Reduktion des Wärmeverbrauchs durch Sanierung des Wohngebäudebestands für definierte Sanierungstiefen

Um den zukünftigen Einfluss der energetischen Sanierung auf den Wärmeverbrauch des Wohngebäudebestandes bis 2035 darzustellen, wurde eine übliche Sanierungsquote von 2 % auf den Gebäudebestand angewendet. Übertragen bedeutet dies die jährliche, energetische Sanierung von etwa 77 Gebäuden. Ausgehend von den energetisch ineffizientesten Gebäuden wurde eine Sanierungstiefe entsprechend des KfW 70 Effizienzhausstandard berechnet. Insgesamt könnten somit 17 % des Wärmeverbrauchs der Wohngebäude bis 2035 eingespart werden, was einer Reduktion von derzeit ca. 105 GWh/a auf etwa 87 GWh/a entspricht. Nachfolgendes Diagramm stellt die Aufteilung der jährlich sanierten Gebäude unterteilt nach Gebäudetyp sowie die entsprechende Einsparung dar.

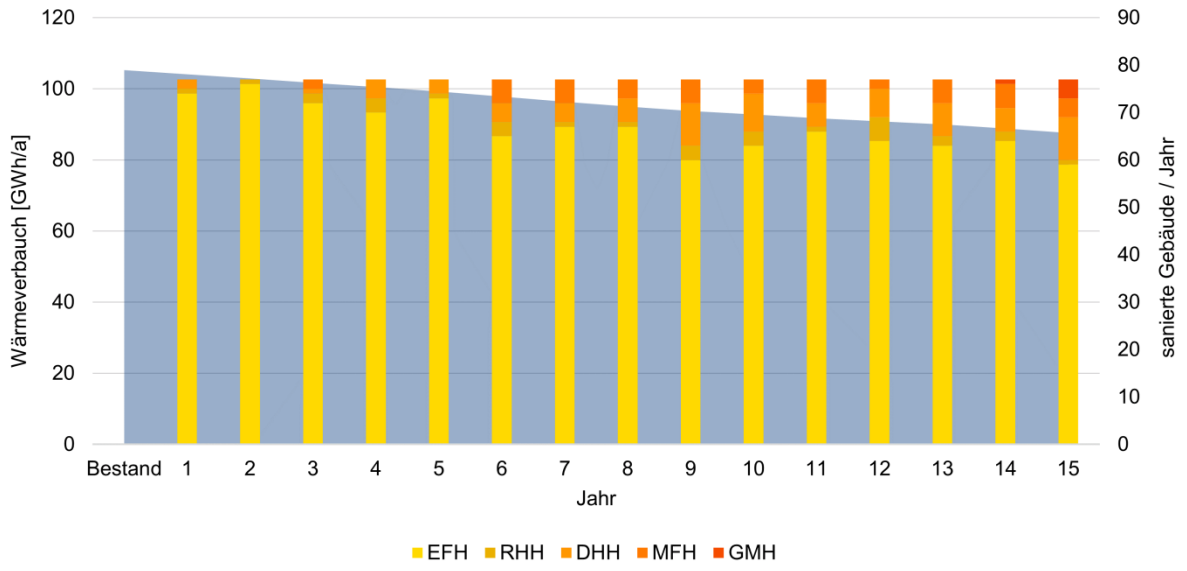


Abbildung 25: Beispielhafte Darstellung des Wärmeverbrauchs bei einer Sanierungsquote von 2 % über 15 Jahre bei Wohngebäuden im Markt Holzkirchen

Die hier zu Grunde gelegte Sanierungsrate und Sanierungstiefe liegt über dem Bundesdurchschnitt, könnte jedoch über entsprechende Informations-, Beratungs- und Fördermaßnahmen erreicht werden. Diese sind mit den Ausbauzielen und der bestehenden Fernwärmeinfrastruktur abzustimmen.

Eine Erhöhung der Sanierungsquote auf 3 % (entspricht etwa 116 Gebäuden pro Jahr) könnte Einspareffekte von bis zu 24 % hervorbringen. Dies zeigt, dass im Wohngebäudebestand noch erhebliche Einsparpotenziale zu heben sind, sofern die Steigerung im Rahmen allfälliger Sanierungstätigkeit einen entsprechenden Stellenwert bei den Holzkirchner Gebäudeeigentümern einnimmt.

4.2 Fernwärmeausbaupotenzial

4.2.1 Straßenzugsweise Wärmebelegungsdichte

Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplanes wurde aus den Daten des gebäudescharfen Wärmekatasters für das gesamte Gemeindegebiet eine straßenzugsweise Wärmebelegungsdichte ermittelt. Die Wärmebelegungsdichte gibt an, wie viel Nutzwärme pro Trassenlänge und Jahr in einem potentiellen Fernwärmenetzsegment abgesetzt werden könnte. Die Wärmebelegungsdichte wird in kWh/(trm a) angegeben.

Die Wärmebelegungsdichte stellt eine wesentliche Kenngröße für Planung und Dimensionierung von Wärmenetzen dar. Als Faustregel gilt: Je höher die Wärmebelegungsdichte eines Wärmenetzes ist, desto niedriger ist der spezifische Wärmeverlust und umso wirtschaftlicher lässt sich das Wärmenetz betreiben. Als Grenzwert für wirtschaftlichen Netzbetrieb kann eine Wärmebelegungsdichte von 1.500 kWh/(trm a) angenommen werden, dieser Wert wird auch in einschlägigen Förderprogrammen (z.B. „Bioklima“ [TfZ]) als Fördervoraussetzung festgelegt.

Für die Marktgemeinde Holzkirchen wurde auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters und des Straßennetzes die Wärmebelegungsdichte für jeden Straßenzug ausgewiesen. Zusätzlich wurden die Längen der erforderlichen Hausanschlussleitungen zum jeweiligen Straßensegment hin gesondert berücksichtigt.

In nachfolgender Abbildung ist die Wärmebelegungsdichte pro Straßensegment beispielhaft für das Holzkirchner Bahnhofsquartier dargestellt.

Abbildung 26: Wärmebelegungsdichte pro Straßensegment auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters

Die ermittelte Wärmebelegungsdichte dient als Grundlage für die strategische Netzausbauplanung und die Entwicklung von Fernwärmeprojekten im Gemeindegebiet. Die ermittelten Wärmebelegungsdichten wurden in der Kartendarstellung „Wärmebelegungsdichte_Straßenzug“ aufbereitet.

4.2.2 Netzausbauvarianten

Das erstellte Wärmekataster soll zukünftig auch für weiterführende Betrachtungen zum Ausbau des bestehenden Fernwärmenetzes herangezogen werden, um sinnvolle Ausbauvarianten identifizieren zu können und den Anschluss weiterer Quartiere vorantreiben zu können. In enger Abstimmung mit den beteiligten Akteuren werden hier exemplarisch zwei Netzausbauvarianten konkret betrachtet. Zum einen wird eine Netzerweiterung Richtung Ortsteils Marschall südlich von Holzkirchen untersucht (Abbildung 27).

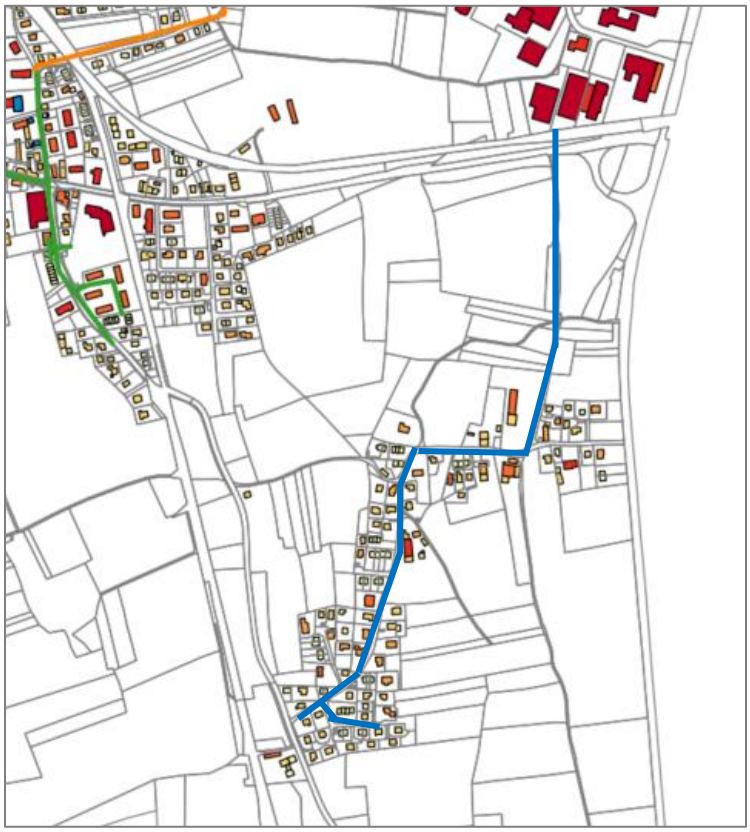


Abbildung 27: Trassenverlauf im Netzabschnitt „Marschall“

Wie aus Tabelle 7 hervorgeht, ist aufgrund der weiten Entfernung zum Bestandsnetz selbst bei einer hohen Anschlussdichte keine ausreichende Wärmebelegung gegeben. Dabei wurden mögliche Sanierungsmaßnahmen, wie in Kapitel 4.1 beschrieben, noch nicht berücksichtigt. Durch Einsparmaßnahmen würde sich die Wärmebelegung weiter verringern.

Tabelle 7: Kenndaten der Netzerweiterung „Marschall“

Kenndaten des Wärmenetzes		Anschlussdichte			
		100%	80%	60%	40%
Netzlänge	[m]	4.440	4.060	3.670	3.280
Heizleistung	[kW]	3.540	2.830	2.120	1.410
Nutzwärmebedarf	[kWh/a]	3.692.000	2.953.000	2.215.000	1.477.000
Verlustwärme	[kWh/a]	764.000	720.000	676.000	632.000
Verlust	[%]	21%	24%	31%	43%
Wärmebelegung	[kWh/m·a]	830	730	600	450

Aufgrund des Geschosswohnungsbaus und der engen Bebauung sind im betrachteten Gebiet „Otto-Mair-Ring“ bessere Bedingungen gegeben (Abbildung 28).

Abbildung 28: Trassenverlauf im Netzabschnitt „Otto-Mair-Ring“

Bei einer Anschlussdichte >80 % sind die Voraussetzungen für einen energetisch sinnvollen und voraussichtlich wirtschaftlichen Betrieb gegeben. Jedoch müssten die Auswirkungen möglicher Sanierungsmaßnahmen auf die Wärmebelegungsdichte vorab detailliert geprüft werden.

Tabelle 8: Kenndaten der Netzerweiterung „Otto-Mair-Ring“

Kenndaten des Wärmenetzes		Anschlussdichte			
		100%	80%	60%	40%
Netzlänge	[m]	690	630	560	500
Heizleistung	[kW]	830	660	500	330
Nutzwärmebedarf	[kWh/a]	1.125.000	900.000	675.000	450.000
Verlustwärme	[kWh/a]	110.000	101.000	93.000	84.000
Verlust	[%]	10%	11%	14%	19%
Wärmebelegung	[kWh/m·a]	1.630	1.430	1.210	900

4.3 Energetische Optimierung beim Verkehr

4.3.1 Methodik und Datengrundlage

Der Endenergieverbrauch im Verkehr soll laut Bundesregierung bis 2050 um 40 % gegenüber dem Jahr 2005 gesenkt werden. Die bundesweiten Nachhaltigkeitsstrategie (2026) sieht als erste Etappe bereits bis 2030 eine Minderung des Endenergieverbrauch um 15 bis 20 % gegenüber dem Wert aus 2005 [BMU]. Diese ambitionierten Ziele können vor allem dann zielgerichtet erreicht werden, wenn nach dem Bottom-Up-Prinzip gearbeitet wird. Das bedeutet, einzelne Teilprobleme zu identifizieren und diesen mit entsprechenden Maßnahmen zu begegnen.

Da der Verkehr ein Drittel des Energieverbraus darstellt, muss zur Erreichung dieser Ziele insbesondere der Verkehrssektor energetisch nachhaltigen optimiert werden. D. h., dass sowohl auf der Ebene der Entstehung von Verkehr als auch der Verkehrsmittelwahl Lösungen zur Minimierung des Energiebedarfs umgesetzt werden müssen. Der Vorteil: Mit der Minimierung des Energieverbrauchs im Verkehr können gleichzeitig auch Umfeld- und Umweltprobleme minimiert, die Verkehr mit sich bringt. Sei es der Verbrauch öffentlicher Flächen durch ruhenden Verkehr, die Belastung durch Lärm an (viel) befahrenen Verkehrswegen oder der messbare Ausstoß gesundheitsschädlicher Gase und Schwebstoffe.

Die Marktgemeinde Holzkirchen liegt sowohl im Übergang zwischen dem urbanen Raum und den ländlichen (Naherholungs-) Gebieten des Ballungsraums München als auch zwischen übergeordneten und nachgeordneten Verkehrsnetzen. Sie liegt damit am Brennpunkt der Mobilitätsentwicklung von zunehmenden motorisierten Pendler- und Freizeitverkehren mit ihren einhergehenden negativen Begleiterscheinungen. Derzeit werden in der Marktgemeinde bis zu 90 % der Fahrten im Binnen-, Quell-/Ziel- und Durchgangsverkehr mit dem Pkw zurückgelegt obwohl sich Holzkirchen mit seinen rund 18.000 Bürgern*innen in der Siedlungsausdehnung kleinräumig darstellt. Mit Blick auf die derzeitige positive

wirtschaftliche und demographische Entwicklung Holzkirchens und des bayerischen Oberlands insgesamt, ist auch zukünftig eine Zunahme des Verkehrsaufkommens und -bedarfs zu erwarten.

Die Marktgemeinde Holzkirchen hat es sich daher zum Ziel gesetzt, mit entsprechenden Werkzeugen, wie beispielsweise dem vorliegenden Teil-Energienutzungsplan, die Sektoren Energie und Verkehr gemeinschaftlich zu betrachten und effiziente Maßnahmenkonzepte für eine umweltsensible und nachhaltige Mobilität für die Umwelt und Bürger*innen ihrer Region tatkräftig umzusetzen.

Für die Bereiche Verkehr und Mobilität in Holzkirchen bedeutet das unter dem Fokus der Elektromobilität

- die Probleme und Belastungen durch Verkehr zu identifizieren,
- die lokalen Potenziale für die Einführung einer umweltsensitiven Mobilität zu definieren,
- die relevanten verfügbaren Verkehrssysteme auf ihre Anwendbarkeit zu überprüfen,
- deren Effekt hinsichtlich Primärenergieeinsparungen und Emissionsreduktion zu untersuchen und
- geeignete Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Emissionsbilanz zu formulieren und schließlich in die Umsetzung zubringen.

4.3.2 Probleme und Belastungen durch Straßenverkehr und Potenziale der Elektromobilität in Holzkirchen

Zu den Hauptverursachern der unterschiedlichsten Umwelt- und Umfeldbelastungen zählt der Straßenverkehr, dessen Entstehung aus dem menschlichen Bedarf an Mobilität resultiert. Es ist äußerst komplex und auch nicht immer möglich, die Schäden an Mensch und Umwelt zu quantifizieren. Die negativen Begleiterscheinungen des Straßenverkehrs führen nicht nur zu erkennbaren gesundheitlichen und ökologischen Belastungen, sondern bedingen auch volkswirtschaftliche Kosten, die von der Gesellschaft – und damit den Bürgern*innen der Gemeinde Holzkirchen - zu tragen sind. Die Schäden lassen sich mehreren Kategorien zuordnen:

- Schädigungen durch den Natur- und Flächenverbrauch auf lokaler Ebene
- Schäden durch Luftverschmutzung anhand von emittierten Treibhausgasen und Feinstauben auf lokaler und globaler Ebene
- Beeinträchtigungen durch Lärm auf lokaler Ebene
- Gefährdung der persönlichen und physischen Sicherheit auf Wegen

Wie kann diesbezüglich eine nachhaltige, umweltsensitive und energetisch optimierte Mobilität in der Marktgemeinde Holzkirchen aussehen und welchen Beitrag kann und wird die Elektromobilität liefern?

Im Folgenden soll nun aufgeführt werden, welche Beeinträchtigungen aus den genannten Kategorien in der Marktgemeinde zu finden sind, welchen Beitrag zur Minderung die Elektromobilität leistet und ob es anderen zusätzlichen Maßnahmen bedarf. Die Maßnahmen im Einzelnen finden sich in Kapitel 4.3.5.

4.3.2.1 Schädigungen durch den Natur- und Flächenverbrauch auf lokaler Ebene

Unter ruhendem Verkehr werden – im Gegenzug zum fließenden Verkehr - parkende, haltende und nicht fahrbereite Fahrzeuge verstanden. Bei einer umweltorientierten verkehrlichen Entwicklung spielt der intelligente Umgang mit dem ruhenden Verkehr eine essenzielle Rolle, denn:

- öffentlicher und vor allem städtischer Raum sind ein knappes Gut, das den unterschiedlichsten Ansprüchen und Nutzungen unterliegt
- durch die Belegung von Stellplätzen entsteht Parksuchverkehr. Dieser ist besonders umweltschädlich, da Fahrzeuge zum einen mehrfach gebremst und angefahren werden, was den Schadstoffausstoß sowie die Lärmbelastung erhöht und zum anderen den verfügbaren Platz deutlich weiter einschränkt indem Begegnungsverkehre in Straßen verlangsamt werden und es zu Stausituationen kommt. Zu bestimmten Zeiten machen Parksuchverkehre 50 – 80 % des gesamten Verkehrs in Innenstadtzonen aus.
- Pkw-geeignete Straßen und Stellflächen versiegeln Naturfläche und schränken damit einerseits das Ökosystem auf lokaler Ebene ein und verschlechtern das subjektiv wahrnehmbare Stadtbild, andererseits wird dadurch auch den umweltfreundlicheren Verkehrsarten wie Fußgängern, Radfahrern oder den öffentlichen Verkehrsmitteln Flächen genommen.
- Parkende Fahrzeuge an Straßenrändern erhöhen die Gefahr für Fußgänger und Radfahrer, da der Raum insgesamt unübersichtlich wird.

Im Integrierten Mobilitätskonzept Holzkirchen wird auf die genannte Problematik des ruhenden Verkehrs hingewiesen. Darin heißt es u.a. „der Verkehr wird in der Marktgemeinde Holzkirchen durch den Kraftfahrzeugverkehr (Kfz-Verkehr) geprägt. (…) Die Belastungen durch Lärm und Abgase sind hoch. Die öffentlichen Räume sind stark am Kfz-Verkehr ausgerichtet. Viele Einwohner fühlen sich hierdurch eingeschränkt. (…) Die Kfz-Zählung bestätigt die Einschätzung der Bürgerinnen und Bürger, dass die Belastungen im Marktgemeindezentrum am höchsten sind“. Problematisch ist dabei, dass die innerörtlichen Hauptverkehrsachsen durch das Gemeindezentrum führen und diese eine überregionale Bedeutung haben. Dies bedeutet, dass hier Parksuchverkehre auf Durchgangsverkehre stoßen.

Potenzial der E-Mobilität:

Durch den zunehmenden Einsatz von alternativ betrieben Fahrzeugen kann die Anzahl der Fahrzeuge, und damit der Flächenverbrauch an sich, nicht reduziert werden. Auch der Sicherheitsfaktor für andere Verkehrsteilnehmer würde damit nicht erhöht. Deutlich minimiert würden jedoch die lokale Lärm- und

Schadstoffbelastung. Dies könnte durch die Bevorzugung von E-Fahrzeugen im Parkraummanagement erzielt werden, wobei die Parkplatzsuche für Kfz-Fahrer mit konventionellen Fahrzeugen unattraktiv würde (Verkehrsverbesserung). Hierzu ist eine flächendeckende Versorgung der Stellplätze mit Ladeinfrastrukturen Voraussetzung. Für eine deutliche Reduktion der Verkehre insgesamt, braucht es zusätzliche Maßnahmen der Verkehrsverlagerung und -vermeidung (vgl. Kapitel 4.3.5).

4.3.2.2 Beeinträchtigungen durch Luftverschmutzung anhand von emittierten Treibhausgasen und Feinstauben auf lokaler Ebene

Die Luftqualität in den Städten des Freistaats verschlechtert sich in den letzten Jahren kontinuierlich. Folglich wurden in den großen Städten auf Grund erhöhter Feinstaubwerte in den vielbefahrenen Regionen Umweltzonen eingerichtet. Seit 2005 gibt es in Europa definierte Tagesgrenzwerte für Partikelgrößen 10 Mikrometer in Höhe von 50 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft, die nicht öfter als 35 Mal im Jahr überschritten werden dürfen, sowie ein Jahresmittelwert in Höhe von 40 Mikrogramm pro Kubikmeter. In Holzkirchen wird seit Oktober 2019 die Feinstaubbelastung im Rahmen des Projekts „Citizen Science Feinstaub Messungen“ an der Tegernseer Straßen gemessen [SchGe Verkehr]

- Die Grenzwerte für Partikel mit 10 Mikrometer wurden zwischen Oktober 2019 und Anfang Februar 2020 bereits an 15 Tagen mit Tagesmittelwerten überschritten, davon an vier Tagen mit über 90 Mikrogramm pro Kubikmeter.
- Die Grenzwerte (25 Mikrogramm pro Kubikmeter) für Partikel mit einer Größe von 2,5 Mikrometern wurden im gleichen Zeitraum bereits an 21 Tagen der Tagesmittelwert erreicht oder überschritten.

Im Integrierten Mobilitätskonzept findet sich zudem folgende Bewertung der Abgasemissionen in Holzkirchen:

> „Die Belastung der Anwohner durch (…) und Abgase ist einer der Anlässe, ein Mobilitätskonzept zu initiieren.“

Die Beeinträchtigungen durch Abgas- und Feinstaubbelastungen durch den motorisierten Individualverkehr in der Gemeinde sind als Problemfeld erkannt.

Potenzial der E-Mobilität:

Elektrofahrzeuge können lokale Belastungen durch Emissionen mindern. Auf der Straße verursacht ein E-Fahrzeug keine CO_2 – oder andere Treibhausgasemissionen. Auch gesamtheitlich betrachtet – Emissionsausstoß entlang der Produktionskette bis hin zur Stromerzeugung – sind E-Fahrzeuge auch auf

globaler Ebene als Baustein der Energie- und verkehrswende umweltfreundlicher als konventionell betriebene Fahrzeuge, insbesondere dann, wenn regenerative Strom geladen wird.

Wie aus Abbildung 29 hervorgeht, kann der Ausbau und die Förderung der Elektromobilität seitens der öffentlichen Hand und der Versorger in Holzkirchen einen wesentlichen Beitrag zur Entlastung der Innenstadt beitragen.

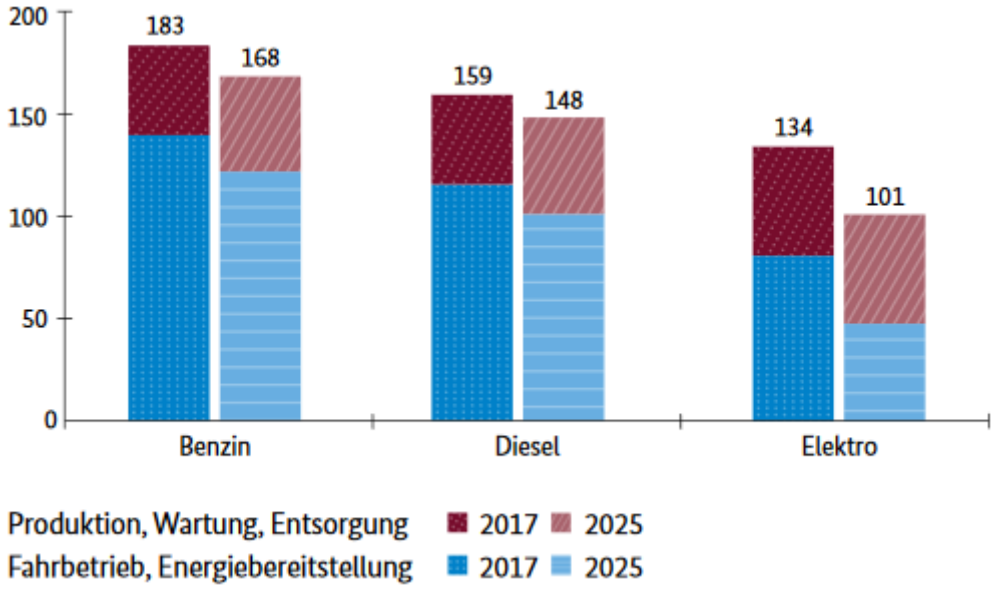


Abbildung 29: CO2 – Emissionen in Gramm pro Fahrzeug-Kilometer über den gesamten Lebenszyklus am Beispiel eines Pkw der Kompaktklasse auf der Datenbasis des Umweltbundesamtes

4.3.2.3 Beeinträchtigungen durch Lärm auf lokaler Ebene

Entsprechend der bundesweiten Lärmkartierung aus dem Jahr 2017 geht hervor, dass nachts ca. 13,2 Prozent und tagsüber rund 19,1 Prozent der Bevölkerung gesundheitsschädlichem Lärm ausgesetzt sind – eine Überschreitung der Lärmgrenzen kann zu gesundheitlichen Schäden führen. Als größte Lärmquelle wird dabei Straßenverkehr identifiziert. Das Bayerische Staatsministerium für Umwelt- und Verbraucherschutz erarbeitet derzeit eine Lärmaktionsplanung für Hauptverkehrsstraßen außerhalb von Ballungsraumen und für Bundesautobahnen in Ballungsräumen. Damit sollen die Lärmschutzstandards weiter ausgebaut und eine höhere Lebensqualität geschaffen werden.

Holzkirchen zählt im Bereich der Hauptverkehrsstraßen B13, B318 und der A8 zu den betroffenen Gemeinden im Rahmen der Lärmaktionsplanung. Im Mobilitätskonzept wurde folgende Bewertung zur Lärmbelastung getroffen:

> „Die Belastung der Anwohner durch Verkehrslärm (…) ist einer der Anlässe ein Mobilitätskonzept zu initiieren. Das Konzept zielt auf eine Geschwindigkeitsdämpfung und einer Reduzierung

der Kfz-Verkehrsmengen. (…) Einen entsprechenden Lärmaktionsplan kann die Marktgemeinde erstellen lassen (Bestandteil des Maßnahmenkonzepts).“

Potenzial der E-Mobilität:

Die effizientesten Mittel, um diesem Problem zu begegnen, sind Verkehrsvermeidung und die Verlagerung des Verkehrs auf die Verkehrsmittel des Umweltverbunds. Elektrisch betriebene Fahrzeuge können innerhalb dieser Maßnahmen einen Beitrag leisten. Sie sind im Antrieb und bei Geschwindigkeiten bis zu 25 km/h erheblich leiser als konventionell betriebene Fahrzeuge. Bei hohen Geschwindigkeiten gleichen sich die Lautstärken durch Abrollgeräusche der Reifen auf der Fahrbahn nahezu an. Mit einer Bevorzugung von Elektrofahrzeugen im Innenstadtgebiet, können sie daher neben den Verkehrsmitteln des Umweltverbunds einen weiteren Beitrag auf lokaler Ebene leisten.

4.3.2.4 Gefährdung der persönlichen und physischen Sicherheit auf Wegen

Das Gefahrenpotenzial auf bundesdeutschen Straßen ist unverändert hoch. Durch eine Zunahme des Verkehrsaufkommens, erhöhte Stressfaktoren (z.B. Stau, E-Scooter, Parkplatzsuche etc.), Zeitdruck und verkehrsgefährdende Wetterverhältnisse (z. B. Schnee, Starkregen, Orkanböen) verschärfen sich die alltägliche Verkehrssituation kontinuierlich.

Im Mobilitätskonzept Holzkirchen wurden primär die Münchner Straße sowie die Tegernseer Straße mit einer Vielzahl von Gefahrenpunkten erkannt.

Potenzial der E-Mobilität:

Elektromobilität kann an dieser Stelle keinen erkennbaren Beitrag leisten. Vielmehr muss auf die im Konzept genannten Maßnahmen der Verkehrsvermeidung und -verlagerung zurückgegriffen werden.

4.3.3 Effekte hinsichtlich der Emissionsreduktion durch die energetische Optimierung im Verkehr

4.3.3.1 Effekte im motorisierten Individualverkehr

Im Verkehrssektor, primär im motorisierten Individualverkehr, dominieren Verbrennungsmotoren. Sie zählen zu den Hauptverursachen der Feinstaub- und Abgasbelastungen:

- Ein großer Teil der in Verbrennungsmotoren verbrauchten Endenergie wird nicht in Bewegungsenergie umgewandelt. Rund zwei Drittel, der in den Kraftstoffen Benzin und Diesel gespeicherten Energie, gehen durch Abwärme und Reibungsverluste verloren. Elektrische Antriebe nutzen dagegen über zwei Drittel der eingesetzten Energie für den Vortrieb.

- Zudem ist der Ausstoß von Kohlendioxid (CO_2) ein allgegenwärtiges lokales wie auch globales Problem. Neben weiteren gesundheits- und klimaschädlichen Gasen nimmt Kohlendioxid den größten Anteil der Emissionen bei Verbrennungsmotoren ein. Elektrofahrzeuge fahren ohne Emissionen und belasten ihr direktes Umfeld nicht. Insgesamt sind sie so „sauber“, wie es auch der geladene Strom ist. Die folgende Abbildung gibt die gesamte CO_2-Bilanz entlang des Produktlebenszyklus von Verbrennungs- und Elektrofahrzeugen, entsprechend des geladenen Stroms, wieder:

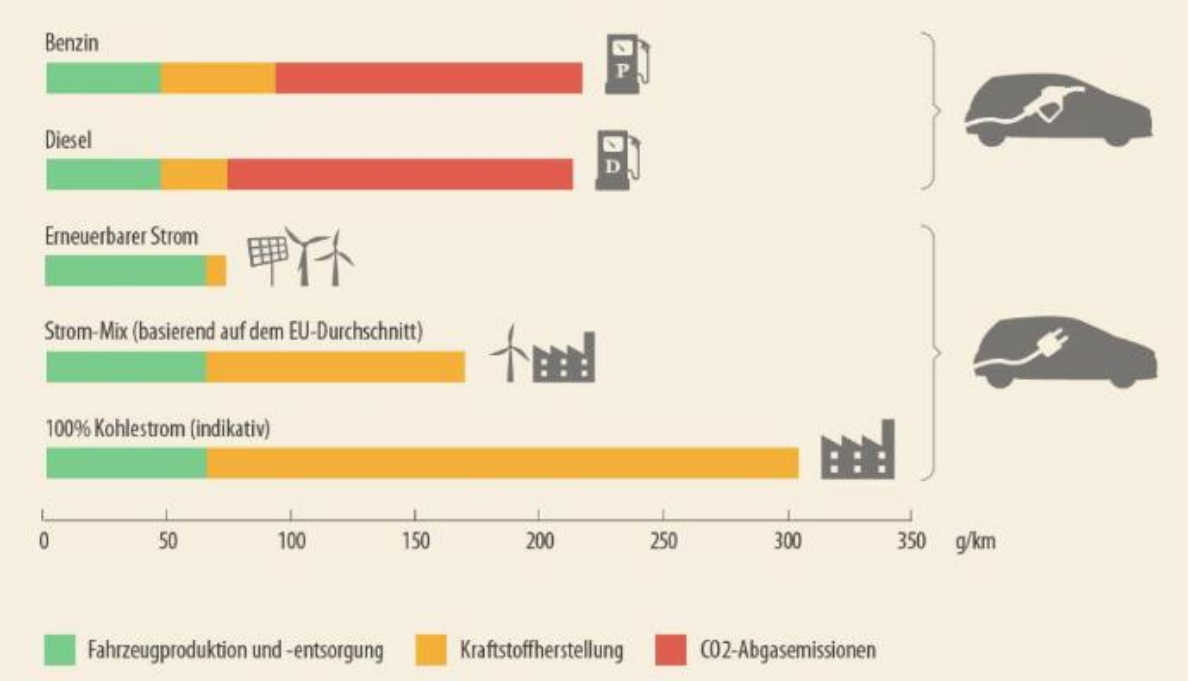


Abbildung 30: CO2-Lebenszyklusemissionen verschiedener Fahrzeug- und Kraftstoffarten [EU Emission]

Auch wenn die die Technologien und Filtersysteme bei neuen Verbrennern effizienter werden, so steigt die Fahrzeugleistung und damit indirekt auch wieder der Emissionsausstoß. Elektrofahrzeuge erzeugen in der Herstellung mehr CO_2 als konventionelle Fahrzeuge, jedoch relativiert sich die Belastung deutlich mit der Nutzung regernativen Stroms bzw. unter Ladungen aus dem aktuellen Strom-Mix. Zudem strebt die Autoindustrie an, nicht nur ihre Fahrzeuge zukünftig CO_2-arm zu produzieren, sondern bei Elektrofahrzeugen die Wiederverwendung und das Recycling der Batterien deutlich zu verbessern.

Da die Feinstaubbelastung durch Reibungsvorgänge im und beim Fahrzeug äußerst komplex auf lokaler Ebene zu quantifizieren ist, sollen im vorliegenden ENP Beispielrechnungen verdeutlichen, inwiefern der erhöhte Einsatz von Elektrofahrzeugen die CO_2-Bilanz eines jeden Holzkirchener Bürgers mit dem Umstieg auf Elektromobilität verbessert werden kann. Dies kann bei entsprechenden Ergebnissen dazu motivieren, entsprechende Maßnahmen einzuleiten und die notwendigen Infrastrukturen für Elektromobilität zu etablieren.

Das Einsparpotenzial hinsichtlich der CO_2-Emissionen durch Elektromobilität soll auf der Grundlage von folgenden Annahmen errechnet werden:

Tabelle 9: Datengrundlagen Mobilität Holzkirchen

Inhalt	Wert
Demografische mobilitätsrelevante Faktoren:	
Einwohner*Innen Holzkirchens	16.830
Anzahl Haushalte Holzkirchen (Schätzung auf Grundlage der Annahmen)	8.415
Durchschnittliche Personenzahl je Haushalt	2
Anteil mobiler Personen an der Einwohnerzahl (alle Tage)	86%
Anzahl der Wege pro Person und Tag	3,2
Tagesstrecke pro Person in km	40
Unterwegszeit pro Person in min	78
Modal Split – nach Personenkilometern (Raum Bayern)	
MIV	56%
MIV-Mitfahrer	20%
ÖV	18%
Fahrrad	4%
Zu Fuß	3%
Pkw -Nutzung	
Anzahl (auch) privat genutzter Pkw in Holzkirchen	10105

Die grundlegenden Informationen zu den Annahmen bezogen auf die Marktgemeinde kommen aus der repräsentativen Erhebung „Mobilität in Deutschland (MiD)“ aus dem Jahr 2019 und „Statistik Kommunal“(2019), wobei die Informationen aus der statistischen Datenbank des Freistaats generiert werden, um fundierte und aussagekräftige Gemeindeprofile zu erstellen [MiD] [Stat.Komm].

In Tabelle 10 sind die getroffenen Annahmen zur Fahrzeugverteilung und deren Emissionswerte aufgelistet.

Tabelle 10: Durchschnittlicher CO2-Ausstoß in g/km nach Fahrzeugklassen

Segment	Durchschnitt CO2-Austoß g/km
Kleinstwagen	103,5
Kleinwagen	108,6
Kompakt- und Mittelklasse	121,27
Oberklasse- und Sportwagen	176,37
Nach HBEFA	180

Die Annahmen der durchschnittlichen CO_2-Werte wurden einem Fahrzeugvergleich, aufgestellt durch „Auto Motor Sport“ und aufgeteilt nach Segmenten, entnommen. Dabei wurden, hinsichtlich ihrer CO_2-Emission in g/km, die effizientesten Fahrzeugmodelle nach Segmenten verglichen. Der angegebene Durchschnittswert beschreibt damit den Mindestausstoß an CO_2 durch einen Fahrzeugnutzer [AMS Emission]. Für einen mittleren durchschnittlichen CO_2-Austoß eines Pkw wurde das Handbuch für Emissionen (HBEFA) herangezogen. Laut der aktuellen Version stößt ein Pkw 180 Gramm CO_2 pro Kilometer aus. Entsprechend der angenommenen Werte kann eine Spanne angegeben werden, in der sich durch den Einsatz der Elektromobilität eine minimale bzw. durchschnittliche CO_2-Einsparung für die Bürger der Gemeinde Holzkirchen ergeben.

Die Aufteilung, welche Fahrzeugklassen von den Einwohnern Holzkirchens bevorzugt gefahren werden, wurde dem Kraftfahrtbundsamt (2019) entnommen (Tabelle 11).

Tabelle 11: Gewichtungsfaktoren der Fahrzeugklassen nach KBA [KBA]Kraftfahrtbundesamt 2019):

Segment	Gewichtung (%)
Kleinstwagen	7,45
Kleinwagen	20,73
Mittelklasse	53,24
Oberklasse	18,57

Für die Entwicklung des Anteils der elektrisch betriebenen Fahrzeuge am gesamten Bestand der Fahrzeuge werden die Werte des Hintergrundberichts der EBP „Szenarien der Elektromobilität in Deutschland herangezogen. Im Falle des Szenarios „Climate Forced Mobility“ werden elektrisch betriebene Fahrzeuge folgende Anteile einnehmen:

- Im Jahr 2025 machen E-Fahrzeuge vier Prozent,
- 2030 elf Prozent und
- 2035 rund 28 Prozent am Gesamtbestand der Pkw in Deutschland aus.

Dieses Szenario bietet sich vor allem deshalb an, da es die Klimaziele und deren geplante Dekarbonisierung des Straßenverkehrs bis 2050 der Bundesregierung berücksichtigt, womit entsprechende (verpflichtende) Maßnahmen verbunden sind. Zudem werden darin Faktoren des „Technology-Focused Mobility“ Szenarios berücksichtigt, was bedeutet, dass antriebstechnologische Faktoren und Zulassungsverbote einbezogen werden; damit beschrieben wird hier im vorliegenden Fall ein Maximalszenario für die Entwicklung der Elektromobilität in Holzkirchen.

CO_2-Belastung durch den MIV:

Auf Grundlage der genannten Annahmen lassen sich folgende Aussagen in Bezug auf die wahrscheinlichen CO_2-Einsparungen für Holzkirchen treffen:

Täglich sind ca.14.000 Personen der Einwohner*innen Holzkirchens mobil – das bedeutet, sie bewegen sich zur Erfüllung ihrer Bedürfnisse oder entsprechend eines

- Zwecks von einem zum anderen Ort – zu Fuß, mit dem Rad, mit dem Bus, als Mitfahrer eines Pkw oder alleine mit dem eigenen Auto.
- Von den mobilen Einwohner*innen legen knapp 8.100 ihre täglichen Wege allein – ohne Mitfahrer - mit dem Pkw zurück.
- Insgesamt legen die mobilen Einwohner Holzkirchens mit ihrem Pkw täglich 324.000 Personenkilometer zurück. Entsprechend den unterschiedlichen Fahrzeugsegmenten ergeben sich gefahrene Kilometer wie folgt:

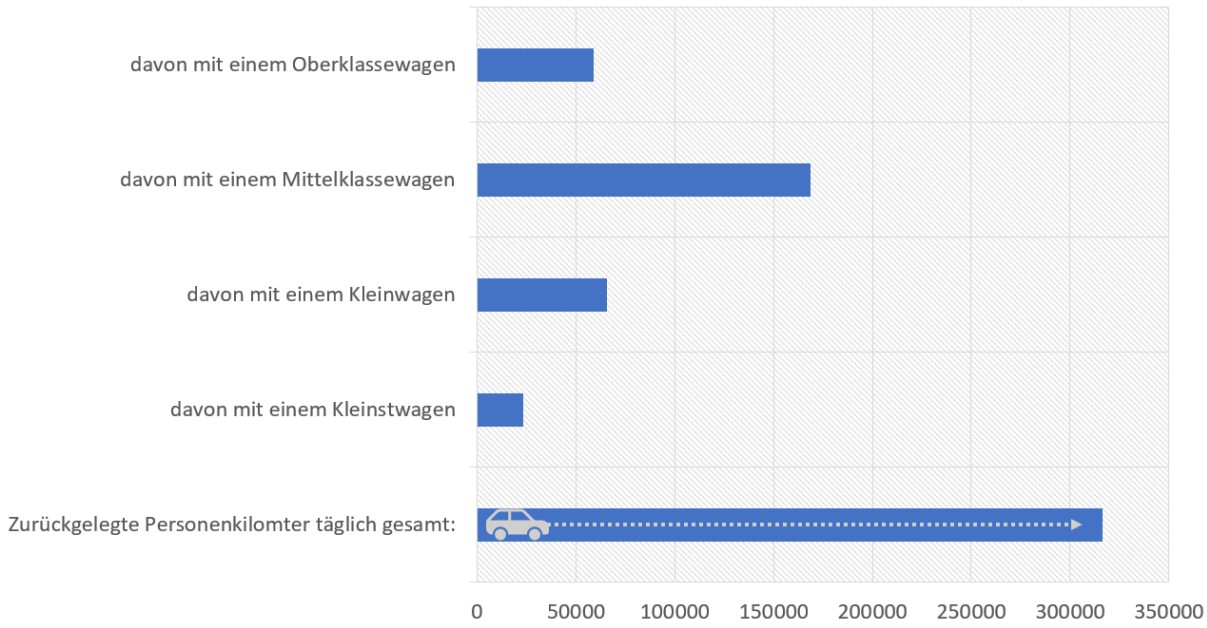


Abbildung 31: Zurückgelegte Personenkilometer nach Fahrzeugsegment

Aus den gefahrenen Kilometern der Einwohner*innen ergibt sich der CO_2-Ausstoß in Tonnen je Fahrzeugsegment pro Tag (Abbildung 32).

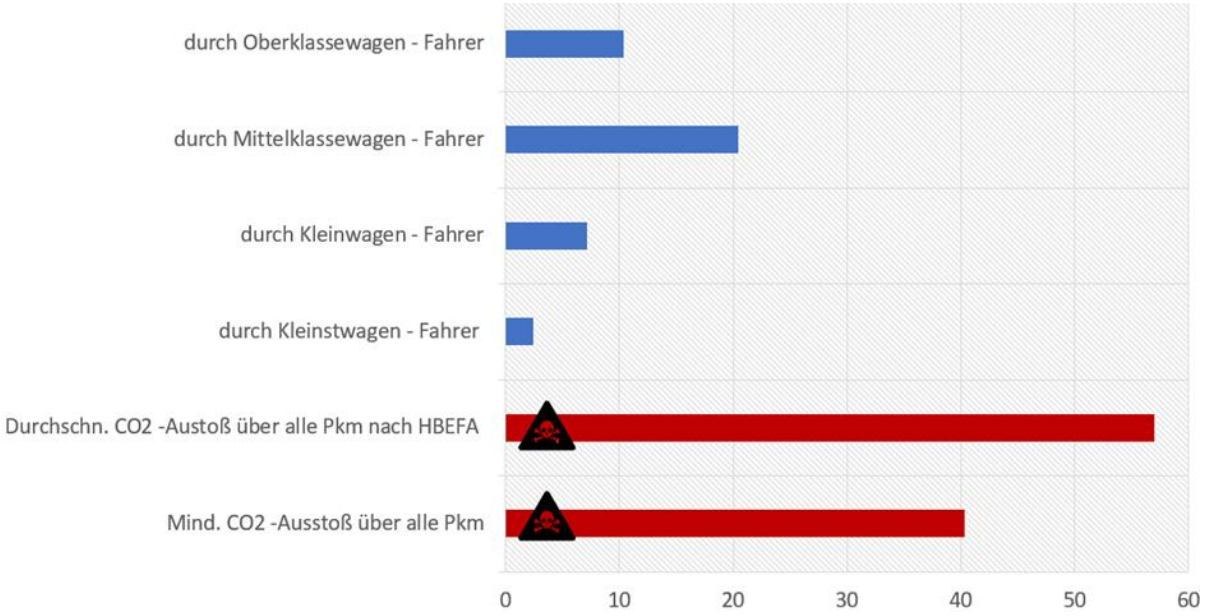


Abbildung 32: CO_2-Ausstoß pro Tag nach Fahrzeugsegment in t

Der tägliche CO_2 – Ausstoß durch Pkw-Fahrten der mobilen Einwohner Holzkirchens liegt insgesamt bei mindestens 41 und durchschnittlich 58 Tonnen. Daraus ergibt sich ein jährlicher Pro-Kopf-Ausstoß eines Holzkirchener Pkw-Fahrers von 1,86 bis 2,63 Tonnen. Laut Verbraucherzentrale Deutschland

fallen jährlich bei einem Bundesbürger durchschnittlich ca. 2,6 Tonnen CO_2 für die Mobilität insgesamt an (Pkw, Bus, Flug etc.) [VZBV]

CO_2-Einspareffekte durch Elektromobilität:

Bei der Ermittlung von Einspareffekten wurde von Elektrofahrzeugen mit einer lokalen Emission von 0 Gramm CO_2/km ausgegangen und dem Bezug von regenerativen Energien zur Ladung der Fahrzeugbatterie. Es werden die drei Szenarien vorgelegt, wonach Elektrofahrzeuge einen Anteil am Pkw-Gesamtbestand von vier, elf und 28 Prozent einnehmen:

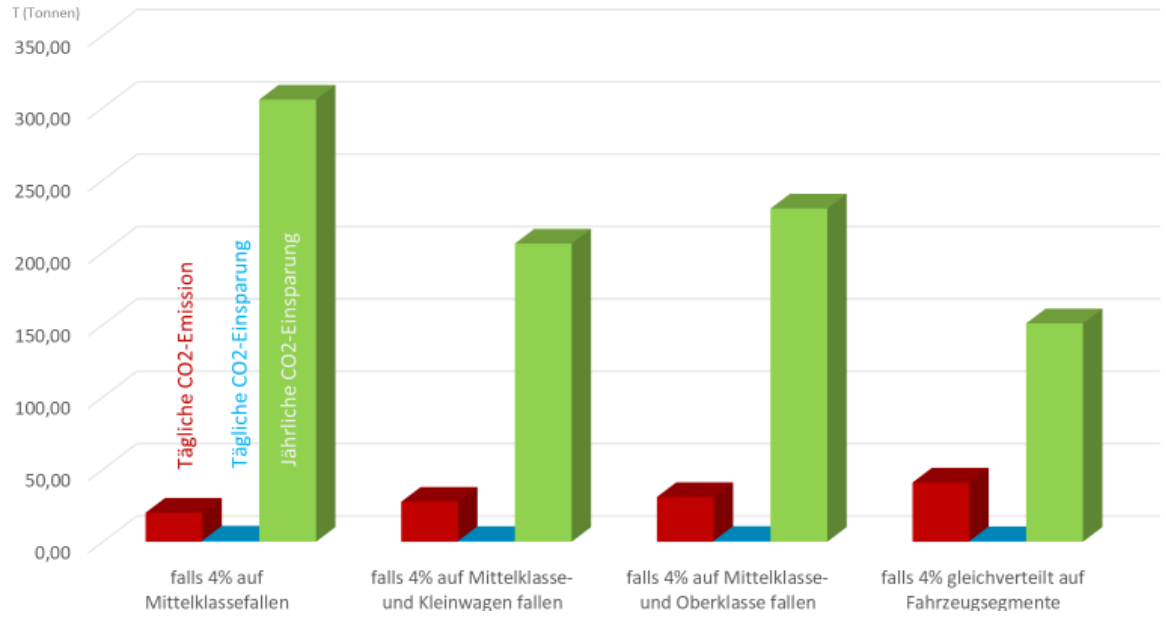


Abbildung 33: Szenario 2025: 4% der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben

Im Szenario für das Jahr 2025 liegt der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge in Holzkirchen bei 4 Prozent. Verteilen sich die Anteile gleichmäßig auf die Fahrzeugsegmente liegt der tägliche Einspareffekt bei 410 kg CO_2 pro Tag und bei 150 t CO_2 im Jahr. Die stärksten Effekte würden erzielt, wenn die Anteile der elektrisch betriebenen und täglich gefahrenen Fahrzeuge in den Segmenten der Mittelklasse liegen würden – hier könnten täglich bis zu 840 kg CO_2 und jährlich rund 300 Tonnen CO_2 eingespart werden.

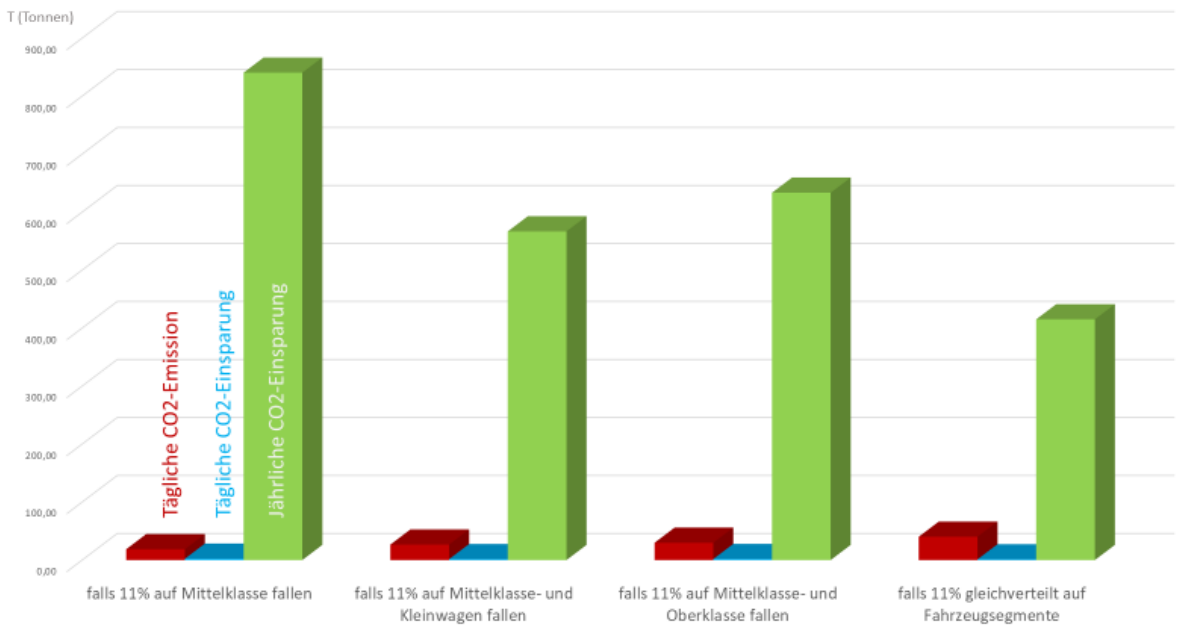


Abbildung 34: Szenario 2030: 11 % der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben

Im Szenario für das Jahr 2030 liegt der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge in Holzkirchen bei 11 % . Verteilen sich die Anteile gleichmäßig auf die Fahrzeugsegmente liegt der tägliche Einspareffekt bei 1140 kg CO_2 pro Tag und bei 415 t CO_2 im Jahr. Die stärksten Effekte würden erzielt, wenn die Anteile der elektrisch betriebenen und täglich gefahrenen Fahrzeuge auch hier wieder im Segment der Mittelklasse zu finden wäre – hier könnten täglich bis zu 2300 kg CO_2 und jährlich rund 840 Tonnen CO_2 eingespart werden.

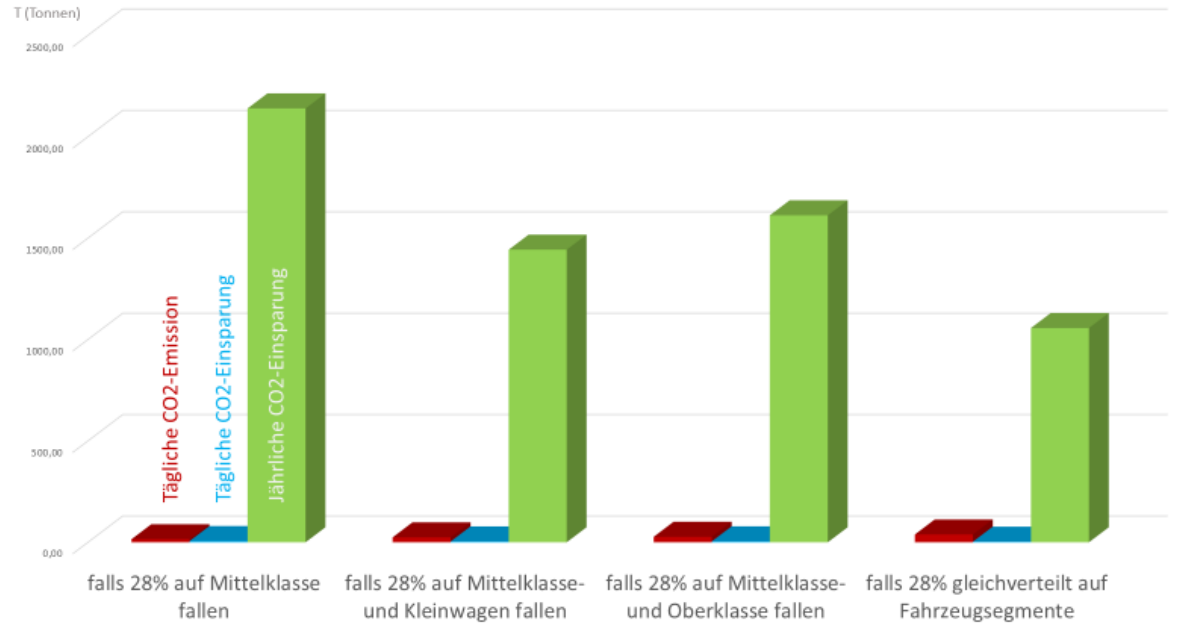


Abbildung 35: Szenario 2035: 28% der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben

Im Szenario für das Jahr 2035 liegt der Anteil der elektrisch betriebenen Fahrzeuge in Holzkirchen bei 28 %. Verteilen sich die Anteile gleichmäßig auf die Fahrzeugsegmente liegt der tägliche Einspareffekt bei 2890 kg CO_2 pro Tag und bei 1056 t CO_2 im Jahr. Die stärksten Effekte würden erzielt, wenn die Anteile der elektrisch betriebenen und täglich gefahrenen Fahrzeuge in den Segmenten der Mittelklasse bzw. Oberklasse lägen – hier könnten täglich bis zu 5860 kg CO_2 und jährlich rund 2139 Tonnen CO_2 eingespart werden.

4.3.3.2 Effekte des öffentlichen Nahverkehrs Verkehr (ÖPNV)

Der öffentliche Verkehr gilt als deutlich umweltschonenderes Verkehrsmittel im Gegensatz zum eigenen Pkw. Besonders nachhaltig auf lokaler Ebene ist er dann, wenn er über eine alternative Antriebstechnologie verfügt oder regelmäßig gut ausgelastet ist. Der Einsatz von Dieselbussen dagegen verschlechtert die zumeist vorerst positive Sicht auf den ÖV. Der Einsatz von Elektrobussen wird derzeit insbesondere in größeren Städten vermehrt diskutiert. Dabei stehen jedoch häufig folgende Problemfelder im Fokus: Die Kosten bei der Anschaffung sind wesentlich höher als bei konventionell betriebenen Fahrzeugen. Zudem ist am Markt noch merklich Luft auf der Angebotsseite und die erforderlichen Infrastrukturbeschaffungsmaßnahmen sind ebenso Kosten- wie auch Planungsschwierigkeiten unterworfen. Wie wirkt sich aber die Nutzung von konventionell betriebenen Fahrzeugen auf die lokale CO_2-Mobilitätsbilanz Holzkirchens aus und welche Einspareffekte können sich durch den Einsatz von elektrisch betriebenen Bussen ergeben?

Annahmen, bezogen auf die Buslinien und deren Taktfrequenz:

Um entsprechende Einspareffekte ermitteln zu können, müssen Annahmen getroffen werden. Die Informationen welche Buslinien in Holzkirchen verkehren konnten dem Integrierten Mobilitätskonzept entnommen werden. Dabei wird erwähnt, dass sich die Regionalbuslinien schwerpunktmäßig auf den Schülerverkehr konzentrieren. Daher wird hier unter den Angaben „kein regelmäßiger Takt“ angenommen, dass die Buslinien an Schultagen den Weg insgesamt 6 Mal bedienen – eine Hin- und Rückfahrt morgens vor Schulbeginn, sowie zwei Abholfahrten zu interschiedlichen Zeiten nach Schulschluss sowie die dazugehörigen Rückfahrten. Für die Ortsbusse wurde die im Mobilitätskonzept angegebene Mindest-Taktfrequenz herangezogen. Eine Übersicht gibt die folgende Tabelle:

Tabelle 12: Annahmen gefahrener Weg Holzkirchener Buslinien [nteg. Mob]

Regionalbuslinien	Anzahl der Fahrten	Anzahl einfacher Wege	Gefahrene km einfach	Gesamte Strecke in km je Schuljahr
RVO 9568	"kein regelmäßiger Takt"	6	27	30780
RVO 9561	"kein regelmäßiger Takt"	6	24	27360
RVO 9566	"kein regelmäßiger Takt"	6	21	23940
RVO 9567	"kein regelmäßiger Takt"	6	21	23940
RVO 9553	"kein regelmäßiger Takt"	6	21	23940
Ortsbus Linie 1	1 Stundentakt	22	4	16720
Ortsbus Linie 4	4-mal pro Tag	4	14,8	11248
Ortsbus Linie 5	2 Stundentakt	6	11	12540

Annahmen, bezogen auf CO2-Austoß durch Busse:

Die Angaben zum durchschnittlichen CO_2-Austoß für Dieselbusse wurden dem HBEFA (Handbuch für Emissionen) entnommen – für Busse gilt ein Richtwert von rund 1143 g CO_2/km, also 1,1 kg je Kilometer.

Annahmen, bezogen auf den zukünftigen Einsatz von Elektrobussen in Kommunen:

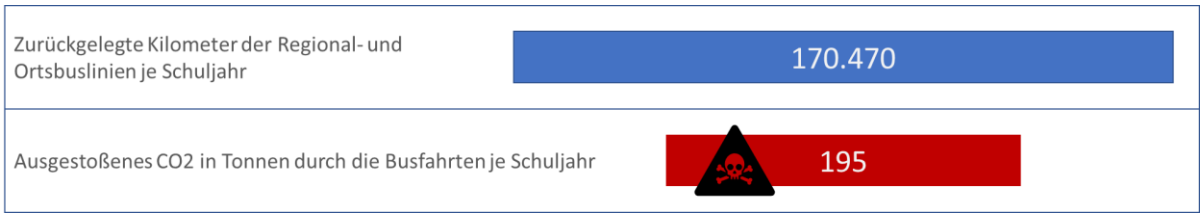
Für das Bundesgebiet kann davon ausgegangen werden, dass sich die Zahl der eingesetzten Elektrobusse in den Stadtgebieten ab diesem Jahr (2020) deutlich erhöhen werden. Die Betriebshöfe und Werkstätten von Kommunen und örtlichen Verkehrsunternehmern bieten diesbezüglich optimale Grundbedingungen für die Errichtung einer entsprechenden Ladeinfrastruktur und die Wartung der Fahrzeuge. Markt- und Nachfragebedingt kostet ein Elektrobus (Beschaffungskosten ohne Infrastruktur) derzeit noch immer rund doppelt so viel wie ein herkömmlicher Dieselbus. Im Betrieb sind E-Busse dennoch günstiger als ihr Diesel-Äquivalent – nach einer Laufleistung von ca. 40 000 km pro Jahr amortisiert sich ein E-Bus bezüglich der Anschaffung. Bei einer Nutzungsdauer von 15 Jahren liegen die Energiekosten E-Busses bei rund 17 Prozent, während die Energiekosten für die Nutzung eines Dieselbusses mit 38 Prozent einen doppelt so hohen Anteil an den Gesamtkosten einnehmen.

Aus Sicht Holzkirchen sollte daher bei einer Überplanung und Verbesserung des ÖPNV im Ortsbereich eine Laufleistung von 40.000 km pro Jahr je Fahrzeug angestrebt werden, um damit den Einsatz von Elektrobussen auch aus wirtschaftlicher Sicht zu ermöglichen.

Da der Einsatz von E-Bussen marktbedingt gerade erst seinen Lauf genommen hat, kann bei einem Einsatz von Elektrobussen in Holzkirchen von einem „Modellcharakter“ ausgegangen werden.

Lokale CO_2-Belastung durch den ÖPNV:

Die lokale CO_2-Belastung der Marktgemeinde Holzkirchen lässt sich aufgrund der Annahmen wie folgt wiedergeben:



Lokale CO_2-Einspareffekte durch Elektromobilität:

Mit einem mengenmäßig größeren Anteil an zurückgelegten Kilometern machen die Regionalbuslinien den größeren Anteil aus: Würden die Regionalbusfahrten durch Fahrten mit E-Bussen ersetzt, könnten mindestens 149 t CO_2 im Jahr in der befahrenen Region insgesamt eingespart werden. Mit dem Einsatz von Elektrofahrzeugen auf den Ortsbuslinien könnten mindestens 46 t CO_2 innerhalb der Marktgemeinde eingespart werden.

4.3.4 Maßnahmen zur Verbesserung der Energie- und Emissionsbilanz im Verkehr

Um die politischen Zielsetzungen hinsichtlich einer Energieverbrauchs- und Treibhausgasemissionsminderung zu erreichen, sollten wirksame Maßnahmen in Holzkirchen eingeleitet werden. Auf europäischer Ebene legt die „Strategie für ein klimaneutrales Europa“ beispielsweise das Ziel eines treibhausgasneutralen Mobilitätssystems bis zum Jahr 2050 fest. Dies soll insbesondere durch eine Verlagerung des Verkehrs auf Verkehrsmittel des Umweltverbunds, vernetztes und automatisiertes Fahren sowie die Stärkung der Elektromobilität geschehen. Auch auf Bundesebene gibt es derartige Zielsetzungen: Im Rahmen des „Klimaschutzplans 2050“ sollen die verkehrsbezogenen Treibhausgasemissionen bis zum Jahr 2030 auf 95 bis 98 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente – von aktuell rund 160 Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente – gesenkt werde [UBA1]. Die kommunale Ebene spielt bei der Umsetzung dieser Ziele eine entscheidende Rolle, da sie die Problemstellungen und Bedürfnisse ihrer

Bürger*innen kennt und diese berücksichtigen kann. Die verschiedenen Maßnahmen können anhand der „Pyramide der nachhaltigen Mobilität“ (vgl. Abb. 1) priorisiert werden.

- Am bedeutendsten sind die Maßnahmen, die dazu führen, dass Verkehr vermieden wird.
- Verkehr, der sich nicht vermeiden lässt, sollte auf Verkehrsmittel des Umweltverbunds verlagert werden.
- Verkehr, der sich weder vermeiden noch verlagern lässt, sollte – zum Beispiel durch die Umstellung von Verbrennungs- auf Elektromotoren – ökobilanziell verbessert werden.

Der Fokus dieses ENPs liegt auf dem zuletzt genannten Punkt, weil hier erstens die größten Überschneidungen und Wechselwirkungen mit dem Energiebereich vorliegen und zweitens das Potential für Elektromobilität in Holzkirchen als besonders groß erachtet wird.

Dieser Abschnitt deckt bewusst alle drei Bereiche ab. Der Bericht „Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050“ des Umweltbundesamtes stellt auf den Seiten 125-135 eine Auswahl von Maßnahmen und Maßnahmenbündel für die drei „Prioritäten-Ebenen“ zusammen, wobei die Umsetzungsebenen „Bund“, „Länder“ und „Kommune“ unterschieden werden.[26] In Anlehnung an diese Aufzählung werden im Folgenden Maßnahmen, die in Holzkirchen bereits verfolgt werden oder zukünftig verfolgt werden können, vorgestellt.

Abbildung 36: Pyramide der nachhaltigen Mobilität[27]

[26] UBA (Umweltbundesamt) (2016): Klimaschutzbeitrag des Verkehrs bis 2050. http://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutzbeitrag-des-verkehrs-bis-2050. (10.02.2020)

[27] STA (Südtiroler Transportstrukturen AG) (2017): Die Pyramide der nachhaltigen Mobilität. https://www.greenmobility.bz.it/projekte/die-pyramide-der-nachhaltigen-mobilitaet/die-pyramide-der-nachhaltigen-mobilitaet/. (07.02.2020)

4.3.4.1 Verkehrsvermeidung:

- **Nachbarschaftsbüros** [Enwe Oberland]: Nachbarschaftsbüros, wie zum Beispiel das in Holzkirchen bereits angestoßene und diskutierte „Pendlerhaus“, ersetzen den realen Pendlerverkehr durch digitale Mobilität. Sie sind eine Form der Telearbeit, in der Mitarbeiter verschiedener Firmen aus der Großstadt in einem ausgelagerten Büro arbeiten. Mit Nachbarschaftsbüros wird daher insbesondere die Zielgruppe der Pendler (gebrochener Durchgangsverkehr) in Ballungsräume wie München angesprochen. Da in Holzkirchen der Mobilitätszweck „Arbeit“ den größten Anteil mit 44 Prozent (s. Kapitel 2.3) einnimmt, ergibt sich hier ein großes Einsparungspotential des realen Verkehrs in den Spitzenstunden.
  Das „Pendlerhaus“ kann im Rahmen der aktuellen Entwicklung des Bahnhofareals am Bahnhof in Holzkirchen entstehen. Mit mandantenfähigen Büros und der Möglichkeit an einer Park+Ride-Anlage auf den ÖPNV umzusteigen, kann eine leistungsfähige abgesetzte Betriebsstätten den Firmen und Ämter in München angeboten werden, um ihren Arbeitnehmern aus den Gebieten Holzkirchen, Tegernsee und Bad Tölz das tägliche Pendel nach München zu minimieren. Zusätzlich zu dem Umstieg von realer auf digitale Mobilität, die das Verkehrsaufkommen erstens signifikant reduziert und zweitens zeitlich entzerrt, wird eine Förderung des Umweltverbunds und der Elektromobilität durch Stationierung weiterer Mobilitätsdienste am Bahnhof angestrebt.
  Die Bürgerstiftung Energiewende Oberland errechnete eine Reduktion um bis zu 20 Prozent des Pendleraufkommens und um bis zu 64 Tonnen CO_2 pro Werktag, wenn Pendlerhäuser mit bis zu 4.000 Arbeitsplätzen in den Landkreisen des Oberlands (Landkreis Miesbach, Bad Tölz, Weilheim-Schongau und Garmisch-Partenkirchen) realisiert werden würden.
  Neben diesen ökologischen und verkehrlichen Potentialen, bieten Nachbarschaftsbüros den Kommunen sowie den beteiligten Unternehmen und Mitarbeitenden weitere ökonomische Vorteile: die Reduktion der Pendlerfahrten schafft Zeitgewinne und Kostenvorteile für Mitarbeitende und Unternehmen; Gewerbestandorte und -einnahmen werden gesichert und ausgebaut; durch eine Verlängerung der Aufenthaltszeit in der Gemeinde erhöht sich der Binnenkonsum sowie das Engagement der Mitarbeitenden in der Heimatgemeinde; die virtuelle Erreichbarkeit und damit die Zeit, in der Mitarbeitende auf Kundenwünsche reagieren können, wird erhöht (nach Auswertungen der BMW-Group im Rahmen des Projektes „TWIST“ um 30 Prozent).

- **Ausrichtung der Siedlungs- und Verkehrsentwicklung an den Klimazielen**[28]**:** Die Gestaltung einer nachhaltigen Mobilität beginnt bereits bei der Siedlungsentwicklung. Die Entfernung zwischen Wohn- und Einkaufsmöglichkeiten sowie die Qualität des Verkehrsnetzes bestimmen die zurückgelegten Distanzen und die Verkehrsmittelwahl. Seit einigen Jahren wird deshalb das Konzept „Stadt und Region der kurzen Wege“ bei der Siedlungsentwicklung verfolgt. Es zielt darauf ab, dass sich die zurückzulegenden Distanzen verkürzen und dadurch leichter zu Fuß oder mit dem Rad zurückgelegt werden können. So kann Verkehrsaufkommen sowohl vermieden als auch verlagert werden.

4.3.4.2 Verkehrsverlagerung:

- **Reduzierung/ Verteuerung öffentlicher Parkplätze:** Eine höhere Bepreisung des einstündigen Parkens im Vergleich zu einer Busfahrt, würde zu einer Umverteilung des Verkehrs vom motorisierten Individualverkehr (MIV) auf den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) führen. Weitere positive Effekte wären ein Flächengewinn, da der MIV flächenintensiver als andere Verkehrsmittel ist, sowie eine Reduzierung des Parksuchverkehrs. Diese Maßnahme würde also neben einer verbesserten Energie- und Emissionsbilanzierung auch eine höhere Aufenthaltsqualität und Verkehrssicherheit erreichen.

  Stellplatzsatzung[29]**:** Seit Juni 2018 liegt in Holzkirchen ein Entwurf zur Änderung der Stellplatzsatzung vor. Er sieht eine Reduzierung des Stellplatzschlüssels und somit langfristig des Stellplatzangebotes vor. Als Gründe für diese Änderung werden eine veränderte Nachfrage der Wohnungsgröße, die zentrale Lage einiger Wohnungen sowie die Entwicklung neuer Mobilitätskonzepte genannt. Eine Änderung der Stellplatzsatzung hätte zur Folge, dass die Nachfrage nach umweltsensitiven Mobilitätsangeboten aber auch Sharing-Systemen steigen würde. Dazu zählen zum Beispiel der ÖPNV, eCarSharing sowie der Fuß- und Radverkehr.

- **E-Lastenräder:** E-Lastenräder bieten eine konkurrenzfähige Alternative zu der Pkw-Nutzung bei Großeinkäufen oder um Kinder in den Kindergarten zu bringen. Eine Stationierung von E-Lastenrädern in Wohnquartieren von Holzkirchen könnte deshalb zu einer Reduzierung des MIV-Anteils im Binnenverkehr beitragen. Eine Anschaffung der Räder wird vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit gefördert (s. Kapitel 3.2.6).

[28] UBA (Umweltbundesamt) (2019): Kommunale Verkehrsplanung. https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/verkehrsplanung/kommunale-verkehrsplanung#integrierte-verkehrsentwicklungsplanung-kommunen-stellen-weichen. (10.02.2020)

[29] Markt Holzkirchen Bauamt/Verw. (2018): Entwurf. 2. Vereinfachte Änderung Bebauungsplan Nr. 81 zur Regelung der Zulässigkeit und Gestaltung von Stellplätzen, Garagen und Fahrradabstellplätzen. Holzkirchen.

- **Entwicklung von Konzepten sowie Ausbau der Infrastruktur für den Rad- und Fußverkehr:** Die Erstellung von Rad- und Fußverkehrskonzepten beinhaltet sowohl die Bedarfsanalyse und Planung des Wegenetzes, als auch von Fahrradabstellanlagen, Beleuchtungsvorrichtungen an Fuß- und Radwegen und Sicherheitskonzepten. Ziel ist es, die Konzeptionierung mit anderen Verkehrsträgern des Umweltverbundes abzustimmen und den Rad- und Fußverkehr attraktiver zu gestalten. Es existieren Förderprogramme für sowohl nicht-investive als auch investive Maßnahmen (s. Kapitel 3.2.6).

- **Errichtung einer Mobilitätsdrehschreibe**[30]**:** Um die intermodale Vernetzung von verschiedenen Verkehrsmitteln und damit die Verlagerung von motorisiertem Individualverkehr auf umweltfreundlichere Verkehrsmittel zu fördern, kann die Errichtung von Mobilitätsstationen in Betracht gezogen werden. Im Zuge der Neuplanungen für das Bahnhofsareal von Holzkirchen soll dort eine „Mobilitätsdrehscheibe“ entstehen, die den Umstieg auf Verkehrsmittel des Umweltverbunds erleichtern kann: Dazu zählen beispielsweise sichere Fahrradabstellanlagen. Zudem kann das örtliche eCarSharing und ein erweitertes Ortsbusangebot (z. B. mit Elektrobussen) integriert werden und mit dem Schienenpersonenverkehr verknüpft werden. Die Errichtung solcher Mobilitätsstationen hat enormes Minderungspotential hinsichtlich der Energie- und Treibhausgasbilanzierung und wird deshalb vom Bund gefördert (s. Kapitel 3.2.6).

4.3.4.3 Verbesserung für den Umstieg auf Elektromobilität:

- **Sonderparkplätze für Elektroautos**[31]**:** Die Ausweisung von Sonderparkplätzen für Elektroautos ermöglicht es Kommunen, vorhandene Stellplätze auf die Nutzung durch Elektroautos zu beschränken. Dies gilt für Ladesäulen und wird über die Beschilderung aus dem Elektromobilitätsgesetz EmoG 2015 geregelt. Dies führt sowohl zu einer Attraktivitätssteigerung von Elektromobilität als auch zu erhöhter Planungssicherheit, einen öffentlichen Ladeplatz vorzufinden, sodass mit einer Verlagerung von Verbrennungsmotoren zu Elektromotoren zu rechnen ist.

[30] PLAN: KOOPERATIV: Bahnhofsareal – gemeinsam weiterdenken. https://www.bahnhof.mitsprechen.com/map/district/mobilitaet. (10.02.2020)

[31] Gesetze-im-Internet (2015): Gesetz zur Bevorrechtigung der Verwendung elektrisch betriebener Fahrzeuge (Elektromobilitätsgesetz - EmoG). https://www.gesetze-im-internet.de/emog/EmoG.pdf. (10.02.2020)

- **Laden für Elektrofahrzeuge:** Elektrofahrzeuge benötigen Ladeinfrastrukturen. Im Gegensatz zu den ersten Annahmen, dass zwingend der Ausbau der öffentlichen Ladeinfrastrukturen für die erfolgreiche Einführung der Elektromobilität notwendig ist, steht heute die Bereitstellung von Ladestrom zu Hause und am Arbeitsplatz im Vordergrund der Bemühungen. Denn, rund 60 % der Elektrofahrzeuge werden heute aber auch zukünftig zu Hause und rund 25 % werden am Arbeitsplatz geladen. Insbesondere die steigenden Batteriekapazitäten erfordern zukünftig ein schnelleres Laden mit Gleichstrom (CCS), so dass öffentliche Ladeinfrastrukturen verstärkt als Schnellladeinfrastrukturen aufgebaut werden müssen. Für Holzkirchen bedeutet dies:
    1. Errichtung von öffentlichen Schnellladesäulen (CCS) in Holzkirchen, um über Zeitersparnis Mehrwert und damit Nutzungen der Ladeinfrastrukturen zu generieren.
    2. Bereitstellung von Wechselstromladesäulen (11 - 22 KW) an Park+Ride-Plätzen, da dort lange Aufenthaltszeiten der Fahrzeuge und die Implementierung eines lokalen Lastmanagements ein gleichmäßiges Laden begünstigt.
    3. Bereitstellung von regelbaren Wallboxen auf Stellplätzen von Wohnhäusern/-anlagen und bei Arbeitsstätten (analog zu Wärmepumpenregelung).
       Da das Stromnetz der Gemeindewerke Holzkirchen Grundlage der Stromversorgung aller in den Maßnahmen 1 bis 3 genannten Ladeinfrastrukturen sowie auch der heutigen öffentlichen AC-Ladestationen ist, sollte auch die Regelung dieser Ladeinfrastrukturen in Holzkirchen durch die Gemeindewerke möglich sein. Hierzu ist ein
    4. Servicekonzept der Gemeindewerke sinnvoll, dass den Bürgen und den Arbeitgebern von Holzkirchen nicht nur Wärme und Haushaltsstrom, sondern auch die Ladeinfrastrukturen (Wallboxen) mit Preis- und Servicemodell anbietet. In dieses Servicemodell können zudem mobilitätsrelevante Dienste (z. B. Stellplatzzugang, -abrechnung, eCar-sharing in Wohnanlagen/-quartieren) einheitlich integriert und über ein Serviceportal (z. B. Chipkarte, HandyApp) dem Kunden zugänglich gemacht werden.

- **Modernisierung der Busflotte des Ortsbusses durch alternative Antriebsformen:**
  Mit der angestrebten Verbesserung des ÖPNV (Ortsbusse) in Holzkirchen sollte die Chance genutzt werden, Elektrobusse einzuführen. Hierzu kann auch auf die Maßnahme zum Laden von Elektrofahrzeugen integriert werden, da für die Elektrobusse eine Schnellladeinfrastruktur mit Gleichstrom entweder im öffentlichen Raum oder in ihrem Betriebshof erforderlich wird.
  Darüber hinaus kann im Rahmen der Nahverkehrsplanung des Landkreises Miesbach auf den Einsatz von Elektro- bzw. Elektrohybridbussen bei den Regional- und Schulbuslinien hingewirkt werden, um im Gemeindegebiet emissionsfreies Fahren der Busse zu realisieren.

- **Digitalisierung im Verkehr und intelligente Verkehrssteuerung:**

Im Rahmen der digitalen Verknüpfung von Mobilitätsdiensten und der Förderung von intermodalen Reiseketten mit emissionsfreien Verkehrsmitteln, muss das Angebot der Marktgemeinde (z. B. Park+Ride, Ladeinfrastrukturen, eSharingsysteme) für die Information und Buchung im Internet den bayerischen Landesauskunftssystemen (BayernInfo/DEFAS Bayern) zur Verfügung gestellt werden. Zudem sind auch die Lenk- und Leitstrategien der Marktgemeinde (Ortumfahrung, Umleitungen, Nutzung von Stellplätzen, Umstieg auf ÖPNV) zu digitalisieren und den Landesauskunftssystemen zu melden.

4.3.5 Umsetzungsrahmen (Bundes- und Landesförderungen)

Zur Umsetzung der im vorherigen Kapitel genannten Maßnahmen existieren auf Bundes- und Landesebene verschiedene Förderprogramme, die umweltverträglichere Mobilitätsformen unterstützen. Auf Bundesebene ist besonders das „Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020“ für den Bereich einer nachhaltigen Mobilität entscheidend. Es handelt sich hierbei um ein Maßnahmenpaket, das unter anderem die Elektrifizierung und Digitalisierung des Verkehrssystems sowie den Radverkehr fördert. In Tabelle 1 sind Förderrichtlinien für die Förderung konkreter, im vorherigen Kapitel genannter Maßnahmen. Einige dieser Förderrichtlinien sind Teil des Sofortprogramms. Zu beachten ist, dass deshalb einige der Förderrichtlinien Ende 2020 auslaufen.[32]

E-Lastenräder:

Förderrichtlinie: Modul 5 – Lastenfahrräder und Lastenanhänger mit Elektroantrieb für den fahrradgebundenen Lastenverkehr im Rahmen der Kleinserien-Richtlinie des BMU

Nächster Projektaufruf: Jederzeit

Link:

https://www.bafa.de/DE/Energie/Energieeffizienz/Kleinserien_Klimaschutzprodukte/Schwerlastenfahrraeder/schwerlastenfahrraeder_node.html

[32] BMVI (Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur): Sofortprogramm Saubere Luft 2017-2020. https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/sofortprogramm-saubere-luft-2017-2020.html. (11.02.2020)

Radverkehr (investiv):

Förderrichtlinie: Förderaufruf für modellhafte investive Projekte zum Klimaschutz durch Stärkung des Radverkehrs im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative des BMU

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (letzter: 01.08.2019-31.10.2019)

Link: https://www.ptj.de/klimaschutzinitiative/radverkehr

Förderrichtlinie: Richtlinie zur Förderung innovativer Projekte zur Verbesserung des Radverkehrs in Deutschland des BMVI

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (letzter: bis 01.08.2019)

Link:

https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/bundesanzeiger-foerderung-innovativer-radverkehr.pdf?__blob=publicationFile

Förderrichtlinie: Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld "Kommunalrichtlinie" des BMU

Nächster Projektaufruf: 01.01.2020-31.03.2020 und 01.07.2020-30.09.2020

Link:https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/richtlinie-zur-foerderung-von-klimaschutzprojekte.html

Radverkehr (nicht investiv):

Förderrichtlinie: Richtlinie zur Förderung von nicht investiven Maßnahmen zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans des BMVI

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (Veröffentlichung zu Beginn des 2. Quartals)

Link: https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/StV/richtlinie-foerderung-massnahmen-radverkehrsplan.pdf?__blob=publicationFile

Mobilitätsstationen:

Förderrichtlinien: Richtlinie zur Förderung von Klimaschutzprojekten im kommunalen Umfeld "Kommunalrichtlinie" des BMU

Nächster Projektaufruf: 01.01.2020-31.03.2020 und 01.07.2020-30.09.2020

Link:

https://www.foerderdatebank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/richtlinie zur-foerderung-von-klimaschutzprojekte.html

Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge:

Förderrichtlinie: Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge in Bayern des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (letzter: 02.12.2019-14.02.2020)

Link: https://www.verkuendung-bayern.de/amtsblatt/dokument/allmbl-2017-7-272/

Förderrichtlinien: Förderrichtlinie Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge des BMVI

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (letzter: 19.08.2019-30.10.2019)

Link:

https://www.bmvi.de/DE/Themen/Mobilitaet/Elektromobilitaet/Ladeinfrastruktur/Ladeinfrastruktur.html

Elektrobusse (Nachrüstung/ Anschaffung):

Förderrichtlinien: Förderrichtlinie für die Nachrüstung von Diesel-Bussen der Schadstoffklassen Euro III, IV, V und EEV im Öffentlichen Personennahverkehr

Nächster Projektaufruf: 4x jährlich

Link:https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/nachruestung-diesel-busse-bund.html

Förderrichtlinien: Richtlinien zur Förderung der Anschaffung von Elektrobussen im öffentlichen Personennahverkehr

Nächster Projektaufruf: Jederzeit

Link:https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMU/anschaffung-von-elektrobussen-im-oepnv.html

Digitalisierung im Verkehr:

Förderrichtlinien: Förderrichtlinie Digitalisierung kommunaler Verkehrssysteme des BMVI

Nächster Projektaufruf: Noch nicht bekannt (letzter: 11.05.2019-30.09.2019)

Link:https://www.foerderdatenbank.de/FDB/Content/DE/Foerderprogramm/Bund/BMVI/digitalisierung-verkehrssysteme-kommunal-bund.html

5 Maßnahmenkatalog

Das Kernziel des Teil-Energienutzungsplans ist die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkataloges, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet und während des Prozesses in den Regionalkonferenzen konkretisiert. Hierbei wurden die Projekte auch in drei Klassen kategorisiert:

- A: Die Kommune hat direkten Einfluss.
- B: Die Kommune hat indirekten Einfluss. Die Entscheidung über die Umsetzung des Projektes wird jedoch nicht (primär) von der Kommune getroffen.
- C: Die Kommune hat geringen bis keinen Einfluss auf die Entscheidung über die Umsetzung, kann jedoch durch Informationsbereitstellung die Maßnahme anstoßen.

Einzelne Projekte aus dem Maßnahmenkatalog wurden im Rahmen des Teil-Energienutzungsplans bereits als Module umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft (siehe Kapitel 6). Tabelle 13 enthält eine Übersicht der definierten Maßnahmen. Eine ausführliche Beschreibung aller Projekte ist im Anhang beigefügt.

Tabelle 13: Maßnahmenkatalog

Nr.	Kateg.	Maßnahme	Priorität und zeitliche Relevanz	Akteure bei Umsetzung
1	A	Wärmeversorgung Wohnhaus Otto-Mair-Ring 2-8	mittelfristig - kein akuter Handlungsbedarf	Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen
2	A	Wärmeversorgung FW Föching	hohe Priorität	Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen
3	A	Erstellung ganzheitliches Energiekonzeptes im Bereich Baumgartenstraße	hohe Priorität - Projektbeginn noch unklar	Markt Holzkirchen
4	A	Gesamtenergiekonzept für den Neubau Areal Frühlingsstraße (Wohnhaus, Bauhof Caritas Kinderhort) und Anschluss an das Fernwärmenetz	mittel- bis langfristig	Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen
5	B	Weitere Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED	Hohe Priorität - schrittweise Umrüstung	Markt Holzkirchen
6	A	Energieeffiziente Beleuchtung für die Turnhalle	Hohe Priorität	Markt Holzkirchen
7	A	Energiekonzept Neubau Bauhof	Hohe Priorität - Ausbau Fernwärme noch unklar	Markt Holzkirchen
8	B	Optimierung und Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes	mittel- und langfristig, fortlaufender Prozess	Gemeindewerke, Gebäudeeigentümer, Markt Holzkirchen
9	A	Photovoltaik mit Stromeigennutzung auf Dächern kommunaler Liegenschaften	Hohe Priorität - zeitnaher Projektstart sinnvoll	Markt Holzkirchen
10	A	Integrales Energiekonzept für das Bahnhofsquartier	Hohe Priorität - zeitlich abhängig von den weiteren Planungsschritten	Markt Holzkirchen
11	A	Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzepts für den Neubau der Mittelschule am bestehenden Grundstück	Hohe Priorität - zeitnaher Projektstart sinnvoll	Markt Holzkirchen / Gemeindewerke Holzkirchen
12	C	Prüfung zum Einsatz eines BHKW / PV-Anlage in Gewerbebetrieben	Firmenspezifisch	Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen
13	C	Abwärmenutzung in Gewerbebetrieben		Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen
14	C	Prozessoptimierung in Gewerbebetrieben		Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen
15	C	Fördermittelberatung in Gewerbebetrieben		Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen
16	C	Austausch alter Ölheizungen im Marktgebiet	mittel- und langfristig, fortlaufender Prozess	Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch Gebäudeeigentümer
17	A	Einführung eines Energiemonitoring	Hohe Priorität	Markt Holzkirchen
18	A	Sicherstellung der Lademöglichkeiten der Elektrofahrzeuge in ganz Holzkirchen durch einen Gemeindeservices "nachhaltig mobil"	Hohe Priorität	Gemeindewerke Holzkirchen
19	C	Emissionsfreier Ortsbus	Hohe Priorität	Landkreis Miesbach / Markt Holzkirchen
20	B	P+R am Bahnhofsareal	Hohe Priorität	Quartiersentwicklung / Markt Holzkirchen

6 Detailbetrachtung einzelner Module aus dem Maßnahmenkatalog

6.1 Modul Baumgartenstraße

6.1.1 Hintergrund

Die kommunalen Wohngebäude in der Baumgartenstraße sind renovierungsbedürftig bzw. abbruchreif. Die Wärmeversorgung der Wohngebäude erfolgt im Ist-Zustand über Ölöfen. Im Folgenden werden verschiedene Maßnahmen für eine nachhaltige und zukunftsfähige Energieversorgung ausgearbeitet. Dabei werden Möglichkeiten zur Integration einer umweltsensitiven Mobilität berücksichtigt.

Zunächst werden für einen möglichen gemeinsamen Wärmeverbund verschiedene Energieversorgungsvarianten gegenübergestellt, wobei auch die Fernwärmeversorgung aus der Geothermieanlage Berücksichtigung findet.

Darüber hinaus werden erweiterte Möglichkeiten zur Eigenversorgung des Gebiets mit elektrischer Energie untersucht. Bei den betrachteten Liegenschaften handelt es sich um Geschosswohnungsbauten mit privaten Bewohnern. Aufgrund dieser Konstellation handelt es sich bei den untersuchten Versorgungsvarianten um keine direkte Stromeigennutzung im rechtlichen Sinn, da verschiedene Letztverbraucher (Mieter) von einem Lieferanten (z.B. BHKW-Betreiber) mit Strom versorgt werden. Daher müssen in einem Arealnetz die Rahmenbedingungen geschaffen werden, dass der im Quartier selbst erzeugte Strom von den Letztverbrauchern genutzt werden kann, mit allen damit verbundenen energierechtlichen Regulierungen. Jedoch können beispielsweise in einer sogenannten Kundenanlage die Letztverbraucher mit Strom versorgt werden, welcher durch die besondere Stellung der Kundenanlage für Letztverbraucher und Produzenten wirtschaftliche Vorteile bringt. Durch die ganzheitliche Betrachtung eines Gebiets können Synergieeffekte genutzt werden, welche die Wirtschaftlichkeit und den Komfort gegenüber dezentraler Energieversorgung entscheidend verbessern kann. Die umfassende Ausarbeitung und Einordnung eines Arealnetzes kann im Rahmen dieser Studie jedoch noch nicht erfolgen, sondern muss im weiteren Planungsprozess detailliert betrachtet werden.

6.1.2 Rahmenbedingungen

Nachfolgende Kapitel beschreiben die Grundlagen, die zur technischen Dimensionierung und wirtschaftlichen Gegenüberstellung der Energieversorgungsvarianten notwendig sind.

Abbildung 37 zeigt eine Vorplanung der Machbarkeitsstudie des Architekten Eberhard von Angerer und des Bauamtes Technik. Im Rahmen dessen wird sich im vorliegenden Konzept an den Angaben dieses Entwurfs (Stand Februar 2017) orientiert und die darin erhobenen Flächen herangezogen.

Abbildung 37: Machbarkeitsstudie Architekt Eberhard von Angerer und Bauamt Technik

6.1.3 Energiebedarf im Quartier

Der zukünftige Strom- und Wärmebedarf ist u.a. abhängig von der Anzahl der Bewohner und deren Nutzerverhalten, außerdem von der Anzahl und Bauweise der Gebäude sowie der künftigen Wohnfläche. Um den Energiebedarf abschätzen zu können wurden auf Grundlage der Machbarkeitsstudie einige Rahmenbedingungen definiert. Es wird der Machbarkeitsstudie entsprechend von 78 Wohnungen mit einer Wohnfläche von insgesamt rund 5.000 m² ausgegangen.

Wärme:

Der Wärmebedarf wird auf 30 kWh/m²*a festgelegt, was in etwa dem Gebäudeenergiestandard KfW 55 entspricht. Für den Warmwasserbedarf werden weitere 12,5 kWh/m²*a angesetzt. Dadurch ergibt sich ein gesamter Jahresnutzwärmebedarf von 227.000 kWh_{th}/a. Der Anteil für die Warmwasserbereitstellung liegt bei 33 %.

Hinzu kommen außerdem Leitungsverluste, die erzeugt werden müssen, aber nicht in den Gebäuden genutzt werden können. Die Größenordnung der Verluste liegt bei ca. 26.000 kWh_{th}/a, sodass sich ein gesamter Erzeugungsbedarf von etwa 253.000 kWh_{th}/a ergibt.

Strom:

Für die Abschätzung des Strombedarfs wurde die Festlegung getroffen, dass im Mittel ca. 2.000 kWh/a je Wohneinheit verbraucht werden. Grundlage dafür sind mittlere Strombedarfe für 2-Personen-Haushalte in Deutschland. Dadurch ergibt sich in Summe ein jährlicher Strombedarf von 156.000 kWh_{el}.

Zusammenfassung:

Nachfolgende Abbildung stellt den monatlichen Verlauf des elektrischen und thermischen Energiebedarfs im gesamten Quartier dar.

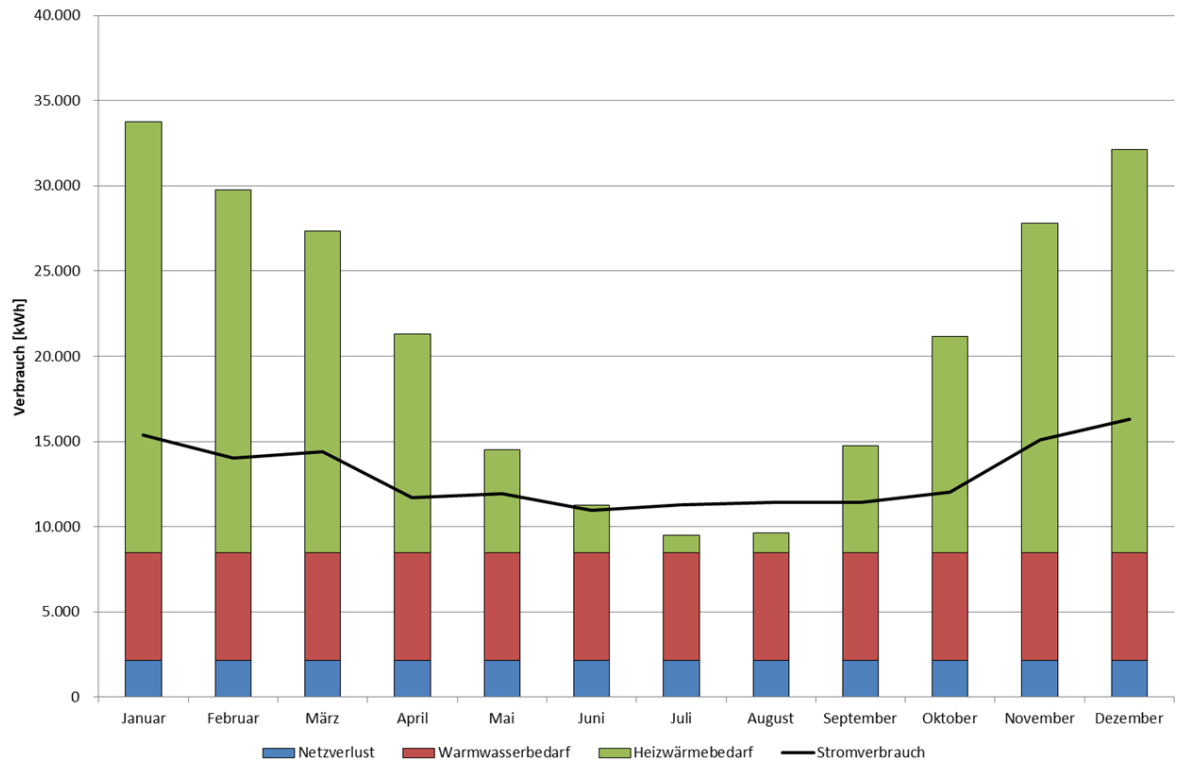


Abbildung 38: Der zukünftige monatliche Energiebedarf im Quartier Baumgartenstraße

6.1.4 Die Versorgungsvarianten

Mit Hilfe der sogenannten Gradtagsmethode der VDI-Richtlinie 2067 können die monatlichen Bedarfswerte vom Jahreswärmebedarf abgeleitet werden. Die Grundidee der Gradtagsmethode basiert auf empirisch ermittelten Monatsbedarfswerten und deren Anteil am Jahresbedarf. Anhand des monatlichen Wärmebedarfs wird die geordnete Jahresdauerlinie des thermischen Energiebedarfs erstellt. Die geordnete Jahresdauerlinie ist das zentrale Instrument für den Anlagenplaner. Die Fläche unter der Jahresdauerlinie entspricht dem Jahresnutzwärmebedarf. Idealerweise sollten sich die meist modular aufgebauten, d.h. in Grund- und Spitzenlastabdeckung unterteilten, Heizanlagensysteme der Jahresdauerlinie annähern.

Werden Wärmeerzeuger in der Grafik flächendeckend eingetragen, kann auf die Laufzeiten und den Anteil an der Jahreswärmebereitstellung der einzelnen Wärmeerzeuger geschlossen werden. Die zu installierende Spitzenleistung richtet sich nach Kennwerten der Kesselvollbenutzungsstunden und dem Wärmebedarf. Dies beruht nicht auf einer Heizlastberechnung und ersetzt nicht die technische Detailplanung.

In Abbildung 39 ist die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs der Nahwärmeverbundlösung dargestellt. Für das gesamte Gebiet ergibt sich demnach eine thermische Spitzenlast von knapp über 150 kW_{th}.

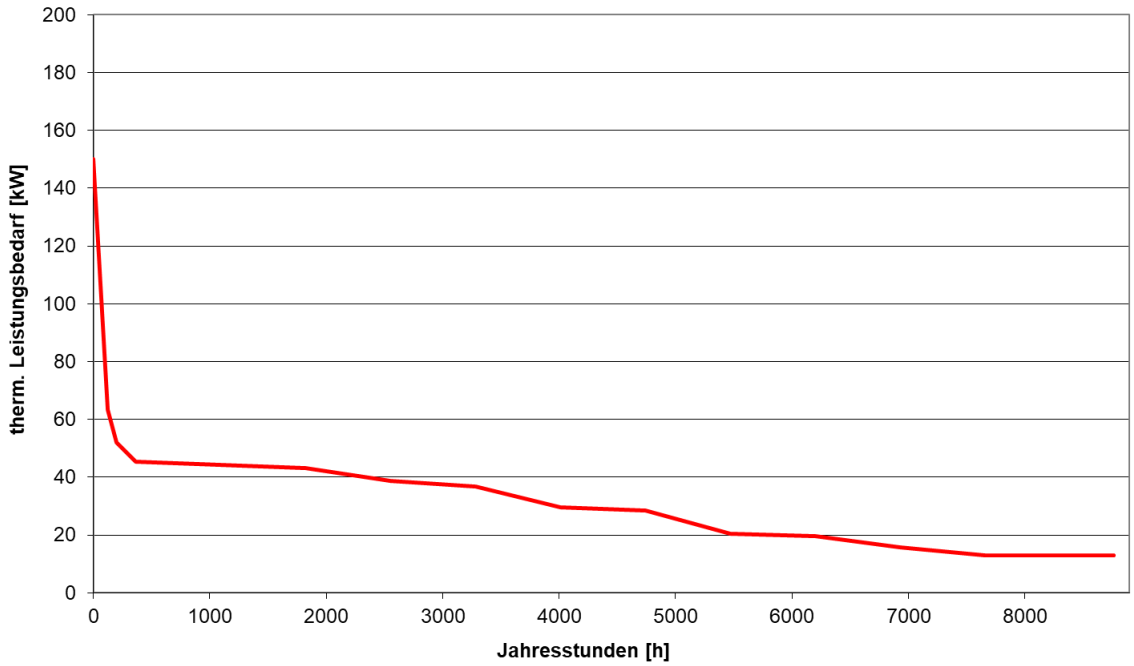


Abbildung 39: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung

Es werden die folgenden Versorgungsvarianten im Wärmenetz betrachtet welche nachstehend genauer erläutert werden:

- Variante 1.0: Erdgaskessel + Solarthermie
- Variante 1.1: Erdgas-BHKW (14 kWel 33 kWth) + Erdgaskessel
- Variante 1.2: Erdgas-BHKW (14 kWel 33 kWth) + Erdgaskessel + Solarthermie
- Variante 1.3: Pelletkessel
- Variante 1.4: Hackgutkessel
- Variante 1.5: Fernwärme Gemeindewerke Holzkirchen

Variante 1.0: Solarthermie mit Spitzenlastkessel

Bei der Variante 1.0 wird eine Solarthermieanlage mit 84 m² zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Als weiterer Wärmeerzeuger kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 150 kW zum Einsatz. Abbildung 40 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern.

Jährlich werden rund 226.000 kWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Rund 15% des Wärmebedarfs wird über die Solarthermieanlage gedeckt.

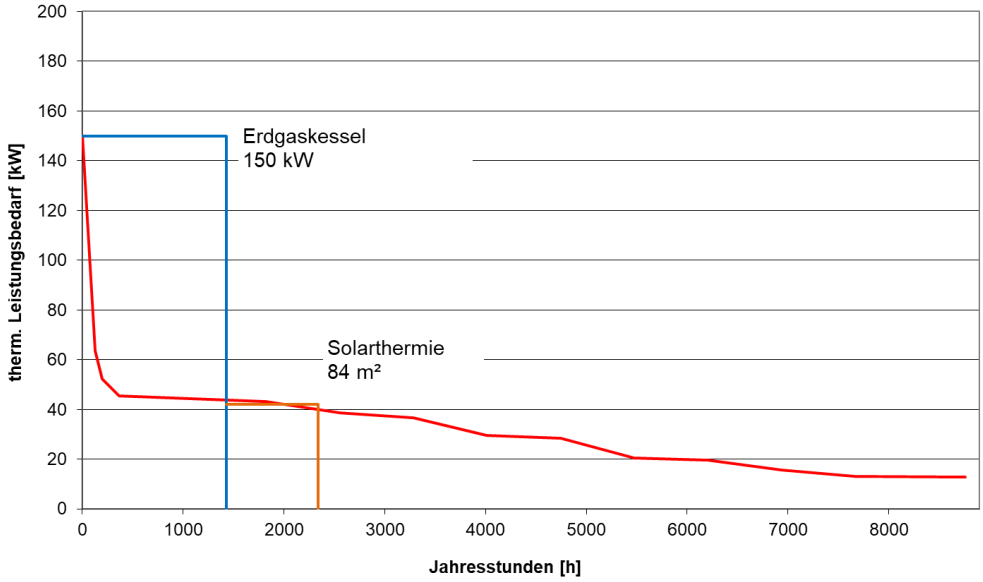


Abbildung 40: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.0

Variante 1.1: Erdgas-BHKW mit Spitzenlastkessel

Bei der Variante 1.1 wird ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 33 kW und einer elektrischen Leistung von 14 kW zur Deckung der Grundlast eingesetzt. Zur Spitzenlastabdeckung kommt ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 120 kW zum Einsatz.

Abbildung 41 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Für das Erdgas-BHKW ergeben sich etwa 5.400 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 334.000 kWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Das Erdgas-BHKW erzeugt jährlich rund 75.600 kWh an elektrischer Energie.

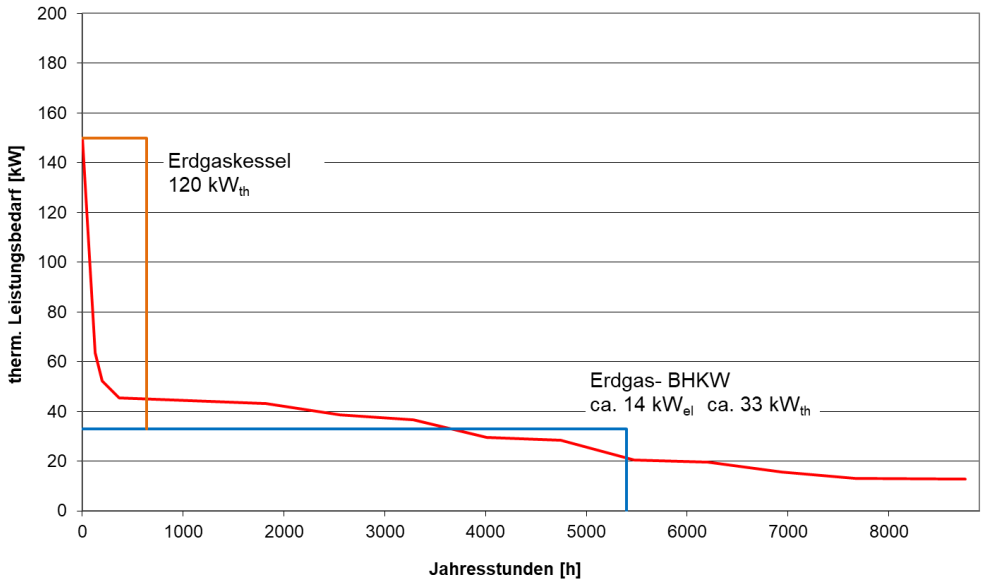


Abbildung 41: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.1

Variante 1.2: Solarthermieanlage, Erdgas-BHKW und Spitzenlastkessel

Bei der Variante 1.2 wird die Grundlast über einer Solarthermieanlage mit einer Fläche von 84 m² eingesetzt. Zur weiteren Grund- und Mittellast-Versorgung kommt ein Erdgas-BHKW mit einer thermischen Leistung von 33 kW und einer elektrischen Leistung von 14 kW zum Einsatz. Zur Spitzenlastabdeckung ist ein Erdgaskessel mit einer Nennwärmeleistung von 120 kW vorgesehen.

Abbildung 42 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Für das Erdgas-BHKW ergeben sich etwa 5.300 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 293.000 kWh_{Hi} Erdgas verbraucht. Das Erdgas-BHKW erzeugt jährlich rund 74.200 kWh an elektrischer Energie. Rund 15% des Wärmebedarfs wird über die Solarthermieanlage gedeckt.

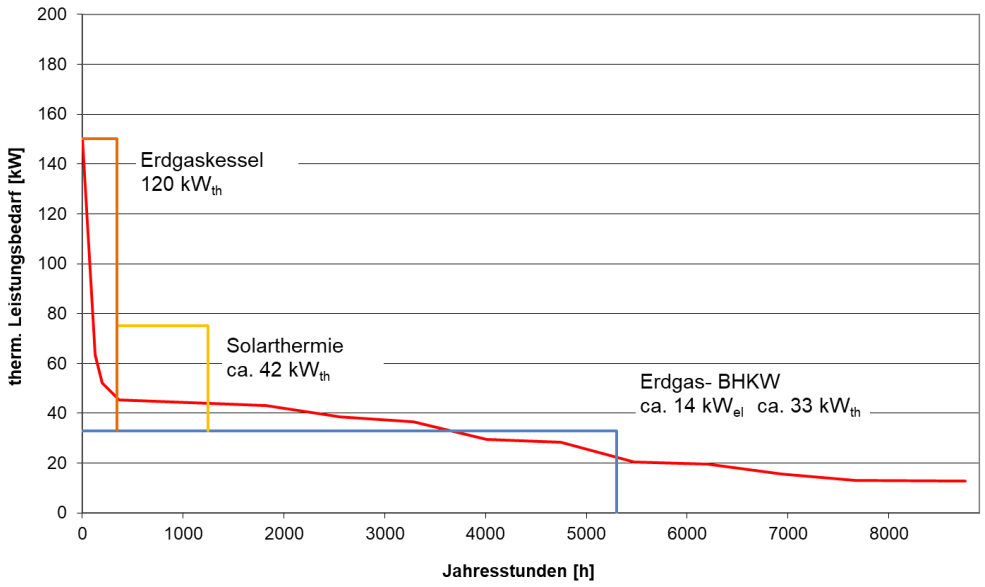


Abbildung 42: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2

Variante 1.3: Pelletkessel

Bei der Variante 1.3 wird ein Pelletkessel mit einer Nennwärmeleistung von 150 kW zur Wärmeerzeugung eingesetzt. Abbildung 43 zeigt die Jahresdauerlinie. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 1.700 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 56 Tonnen Pellets verbraucht.

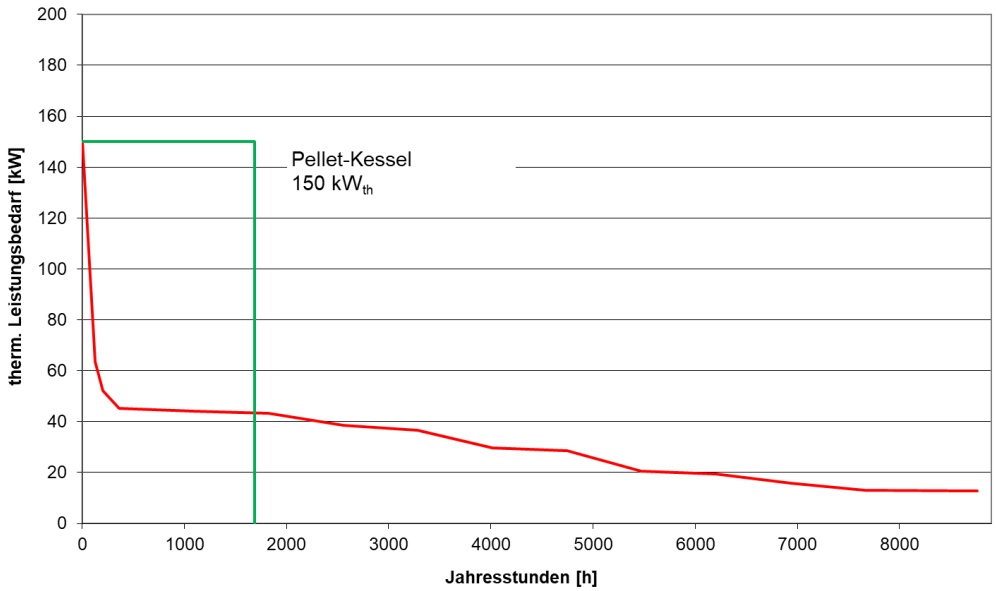


Abbildung 43: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3

Variante 1.4: Hackgutkessel mit Spitzenlastkessel

Bei der Variante 1.4 wird ein Hackgutkessel mit einer Nennwärmeleistung von 150 kW eingesetzt. Abbildung 44 zeigt die Jahresdauerlinie mit den installierten Wärmeerzeugern. Für den Biomassekessel ergeben sich etwa 1.700 Vollbenutzungsstunden im Jahr. Jährlich werden rund 82 Tonnen Hackgut verbraucht.

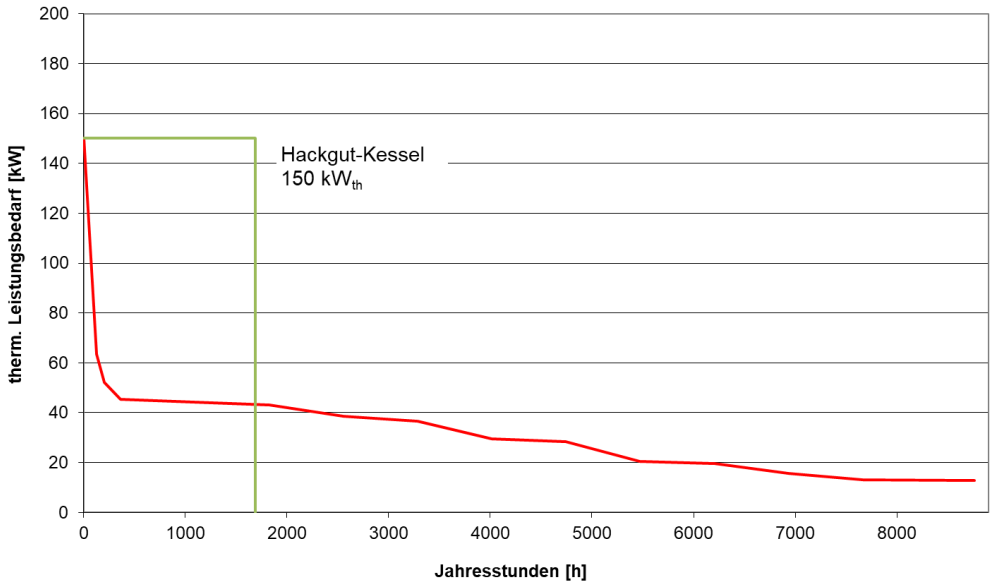


Abbildung 44: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4

Variante 1.5: Fernwärme Geothermie

Bei der Variante 1.5 wird die Versorgung des Quartiers über den Anschluss an das Fernwärmenetz der Gemeindewerke Holzkirchen betrachtet. Ein Anschluss an das bestehende Fernwärmenetz ist grundsätzlich möglich. Zum Zeitpunkt der Konzepterstellung wurden die Fernwärmenetze der Gemeindewerke überwiegend aus KWK-Anlagen gespeist. Aktuell erfolgt die Erschließung mit der neu errichteten Geothermieanlage.

6.1.5 Wirtschaftliche und ökologische Gegenüberstellung

In diesem Kapitel werden für das Quartier Baumgartenstraße unterschiedliche Varianten der Energieversorgung wirtschaftlich und ökologisch gegenübergestellt. Basierend auf den jeweils entwickelten Varianten wird eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei werden die Jahresgesamtkosten im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 ermittelt.

Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der Kapitalkosten, Instandhaltungs- und Wartungskosten, Verbrauchskosten und sonstigen Kosten abzüglich der Einnahmen durch Stromveräußerung. Für eine ökologische Beurteilung werden die CO_2-Emissionen berechnet.

6.1.5.1 Rahmenbedingungen der wirtschaftlichen Gegenüberstellung

- Alle Kosten sind Nettokosten
- Betrachtungszeitraum 20 Jahre
- Zinssatz 1 %
- Abschreibungszeitraum 20 Jahre
- 100 % Fremdfinanzierung
- Die Brennstoffkosten bleiben im Betrachtungszeitraum konstant
- Die Stromeinspeisevergütungen bleiben im Betrachtungszeitraum konstant
- Strom aus Erdgas-Blockheizkraftwerken wird nach dem Kraft-Wärme-Kopplungs-Gesetz 2019 (KWK-G) vergütet; für das eingesetzte Erdgas kann die Energiesteuer rückerstattet werden
- Der Zuschlag für den produzierten KWK-Strom wird nach KWKG für 60.000 Vollbenutzungsstunden gezahlt und gemittelt über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren betrachtet
- Die Energiesteuerrückerstattung für Erdgas, das in hocheffizienten BHKW eingesetzt wird, wird über den Betrachtungszeitraum von 20 Jahren gemittelt
- Stromkosten Haushalte = Grundversorgertarif vor Ort, Stand: Jahr 2019 (Holzkirchner medi Natur)
- Der erzeugte Strom wird bevorzugt im Quartier selbst genutzt. Aufgrund der Abnehmerstruktur beträgt die EEG-Umlage auf eigengenutzten Strom 100 % von 6,405 ct/kWh (EEG-Umlage für das Jahr 2019)

Folgende Kosten bzw. Erlöse werden berücksichtigt:

- Kapitalkosten (Investitionskosten auf Basis durchschnittlicher Nettomarktpreise für die einzelnen Komponenten)
- Betriebsgebundene Kosten (Wartung, Instandhaltung, Betrieb, Technische Überwachung, inkl. Personalkosten)
- Verbrauchsgebundene Kosten (Brennstoffe)
- Sonstige Kosten (z.B. Versicherung)
- Einnahmen durch Eigennutzung, Einspeisung und Energiesteuerrückerstattung

Die **Gesamtinvestitionskosten** sind nicht als konkrete Angebotspreise, sondern lediglich als durchschnittliche Marktpreise zu verstehen und können in der tatsächlichen Umsetzung nach oben oder unten abweichen. Die Investitionskosten unterliegen sehr groben Schätzungen, da zum aktuellen Zeitpunkt noch sehr offen ist, wie das Gebiet letztendlich ausgestaltet wird. Die Investitionskosten umfassen je nach Umfang und Bedarf nachfolgende Positionen.

- Wärmeverteilung (z.B. Nahwärmeleitung, Übergabestationen)
- Energieerzeuger
- Tiefbau u. Heizraum (z.B. Verlegung, Gebäude/Raum, Grundstück, Kamin, Speicher)
- Technische Installationskosten (20 %)
- Projektabwicklung (25 %)
- Kosten für Unvorhergesehenes (5 %)

Aus den Investitionskosten werden die jährlichen **kapitalgebundenen Kosten** nach der Annuitätenmethode für einen Abschreibungszeitraum von 20 Jahren gebildet.

Die **betriebsgebundenen Kosten** beinhalten die Kosten für die Bedienung der technischen Anlagen sowie die Kosten für Wartung und Instandhaltung der einzelnen Anlagen und Komponenten. Die Kosten werden in Anlehnung an die VDI 2067 angesetzt.

Bei den Blockheizkraftwerken werden die Wartungs- und Instandhaltungskosten als spezifische Kosten anhand der erzeugten elektrischen Energie in Cent/kWh$_{el}$ angesetzt. In diesen Kosten sind alle Wartungs- und Reparaturarbeiten, Ersatzteile und Betriebsstoffe, die für die BHKW-Anlage benötigt werden, enthalten. Dies entspricht in der Praxis einem Vollwartungsvertrag, welcher mit dem Hersteller geschlossen werden kann.

Diese Kosten werden über Näherungsgleichungen ermittelt. Die Gleichungen wurden von der Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e.V. (ASUE) ermittelt. Für die verbleibenden Energieerzeuger werden ebenfalls Instandhaltungs-, Wartungs- und Bedienungskosten berechnet.

Die **verbrauchsgebundenen Kosten** entsprechen den jährlichen Brennstoffkosten für den Betrieb der Wärmeversorgung. Die spezifischen Energiepreise belaufen sich auf folgende Werte:

- Erdgas 5,55 ct/kWh$_{Hi}$
- Pellets: 185 €/to
- Hackgut 90 €/to
- Fernwärme 6,94 Ct/kWh (Grundpreis: 21,98 €/kW)
- Strompreis: 23,10 ct/kWh

Unter diese Position fällt auch die **EEG-Umlage**, die zu 100 % auf den eigenerzeugten und eigengenutzten Strom im Quartier zu entrichten ist. Dabei wird die EEG-Umlage für das Jahr 2019 herangezogen und beträgt insgesamt 6,405 ct/kWh.

Sonstige Kosten für z.B. Versicherung und Verwaltung werden als Prozentsatz der betreffenden Investitionskosten angesetzt.

Einnahmen ergeben sich bei fossil befeuerten BHKW neben den vermiedenen Strombezugskosen aus der Zuschlagszahlung nach dem KWK-Gesetz. Weitere Einnahmen kommen durch Stromeinspeisung (Börsenpreis) und der Steuerrückerstattung zustande.

6.1.5.2 Rahmenbedingungen der ökologischen Gegenüberstellung

Für die ökologische Beurteilung werden CO_2-Emissionen berechnet. Für die Beurteilung wird die Verbrauchsmenge sämtlicher Energieträger jeder Variante herangezogen, inkl. des Stromverbrauchs für Hilfsenergie sowie die Stromerzeugung jeder Variante.

CO_2-Bilanz

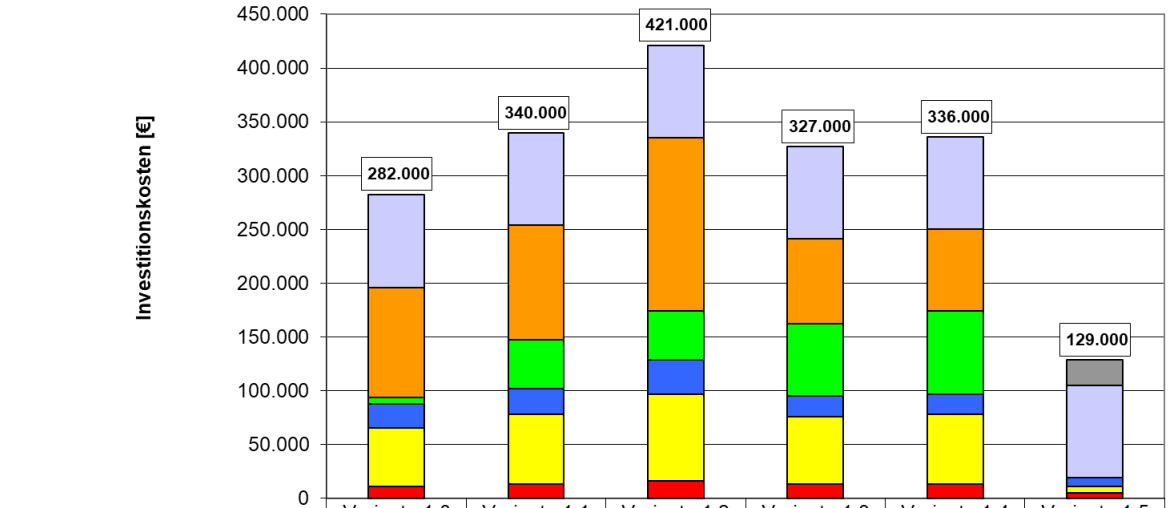
Je nach Art des Energieträgers, welcher zur Wärme- bzw. auch Stromversorgung eingesetzt wird, entsteht je verbrauchter Kilowattstunde eine gewisse Menge an CO_2. Über folgende Werte kann die jährlich ausgestoßene Menge an CO_2 berechnet werden:

- Erdgas 244 g/kWh
- Pellets 17 g/kWh
- Hackgut 14 g/kWh
- Strom 557,66 g/kWh
- Fernwärme nicht bekannt

6.1.5.3 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Die Investitionskostenprognose

In Abbildung 45 sind die prognostizierten Investitionskosten der einzelnen Varianten dargestellt.



	Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5
Baukostenzuschuss Fernwärme	0	0	0	0	0	24.000
Nahwärmeleitungen und Übergabestationen	86.000	86.000	86.000	86.000	86.000	86.000
Wärmeerzeuger und Anlagenteile	102.000	107.000	161.000	79.000	76.000	0
Bauliche Maßnahmen	6.000	45.000	45.000	67.000	77.000	0
Technische Installation	23.000	24.000	32.000	19.000	19.000	8.000
Projektabwicklung	54.000	65.000	81.000	63.000	65.000	6.000
Unvorhergesehenes	11.000	13.000	16.000	13.000	13.000	5.000

Abbildung 45: Die prognostizierten Investitionskosten

In diesem Planungsstadium kann der Aufwand für die Errichtung der Wärmeversorgungsstruktur nur näherungsweise festgelegt werden, wodurch die kalkulierten von den realen Kosten abweichen können. Die im Rahmen der vorliegenden Machbarkeitsstudie angenommenen Nettoinvestitionskosten basieren ebenso wie die Brennstoff- und Betriebskosten auf durchschnittlichen Marktpreisen und nicht auf konkreten Angebotsvorlagen. In der tatsächlichen Umsetzung, die von einer Ausschreibung eingeleitet wird, können daher die Preise von den hier kalkulierten abweichen. Vor diesem Hintergrund wurden für die unterschiedlichen Varianten Sensitivitätsanalysen erarbeitet, welche den Einfluss einzelner Parameter auf die spezifischen Wärmegestehungskosten darstellen.

Die jährlichen Ausgaben

Aus den Investitionskosten werden nach der Annuitätenmethode die jährlichen Kapitalkosten gebildet, die sich zusammen mit den Betriebskosten, den verbrauchsgebundenen Kosten und den sonstigen Kosten, die nach den wirtschaftlichen Grundannahmen in Kapitel 6.1.5.1 berechnet werden, zu den Jahresgesamtkosten addieren. In Variante 1.5 werden die Preisbestandteile Arbeitspreis, Grundpreis und Verrechnungspreis der aktuellen Fernwärmeversorgung der Gemeindewerke berücksichtig. Die Aufteilung der jährlichen Ausgaben auf die einzelnen Kostenarten ist in Abbildung 46 dargestellt.

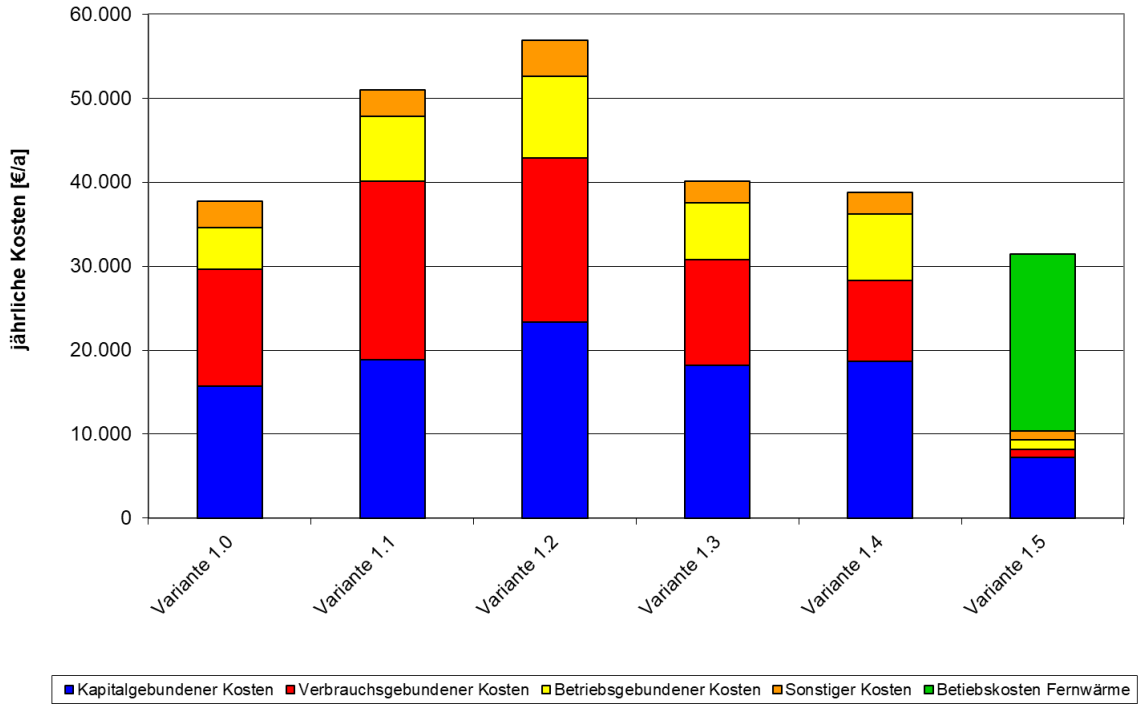


Abbildung 46: Die jährlichen Ausgaben

Die jährlichen Einnahmen

In Abbildung 47 sind die jährlichen Einnahmen der Varianten dargestellt, welche sich durch die Stromproduktion mit dem Einsatz von KWK-Anlagen ergeben. Bei den Varianten 1.1 und 1.2, welche mit Erdgas-BHKW vorgesehen ist, resultieren die Einnahmen insbesondere aus den vermiedenen Strombezugskosten durch Eigennutzung. Des Weiteren können Einnahmen durch die Überschusseinspeisung, Steuerrückerstattung für das eingesetzte Erdgas sowie die Vergütung des produzierten Stroms nach dem KWK-Gesetz erzielt werden.

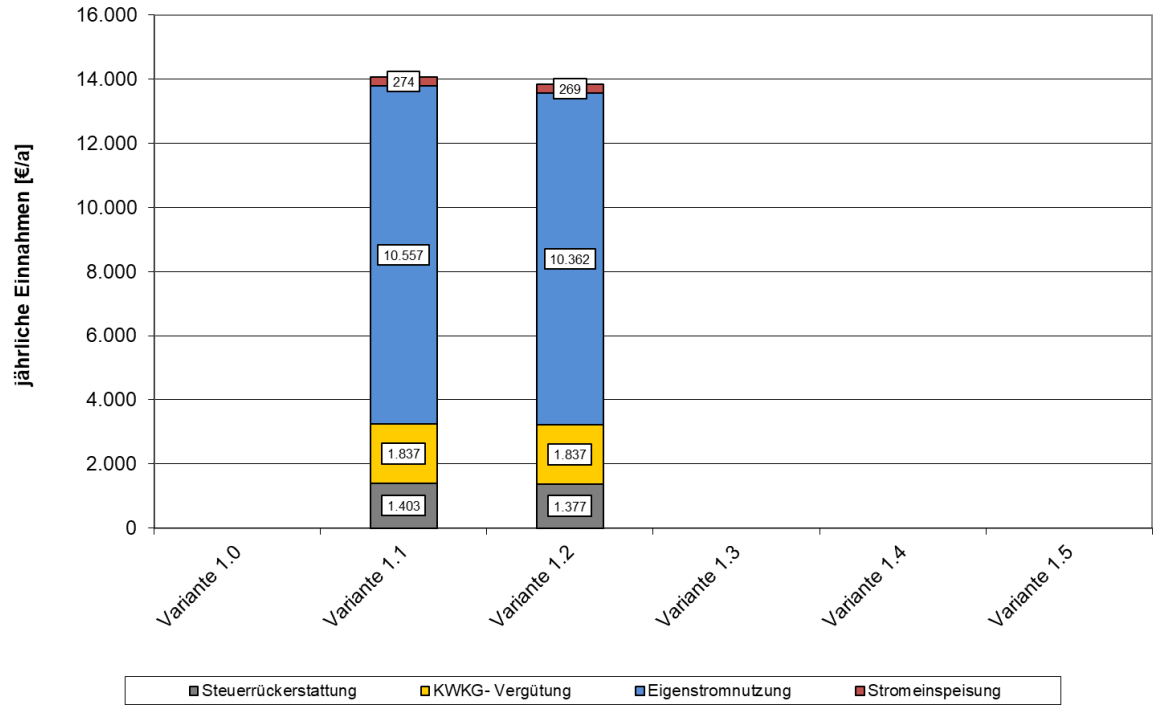


Abbildung 47: Die jährlichen Einnahmen

Die Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten

Abbildung 48 gibt die kalkulierten Jahresgesamt- und Wärmegestehungskosten der einzelnen Varianten wieder. Die Jahresgesamtkosten ergeben sich aus der Summe der jährlichen kapitalgebundenen-, betriebsgebundenen-, verbrauchsgebundenen und sonstigen Kosten abzüglich der erzielten Einnahmen. Aus den Jahresgesamtkosten werden die spezifischen Wärmegestehungskosten ermittelt, die die Kosten pro Kilowattstunde bereitgestellter Nutzwärme beziffern. Die spezifischen Wärmegestehungskosten dienen als wichtigste Kenngröße zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit von Wärmeversorgungsanlagen. So müssen sich alternative Konzepte zur Wärmebereitstellung stets gegenüber den spezifischen Wärmegestehungskosten dem Ist-Zustand messen.

Die niedrigsten Wärmegestehungskosten ergeben sich bei Variante 1.5 mit Fernwärmeanschluss. Die Einbindung einer Solarthermieanlage in Variante 1.2 führt zu den höchsten Wärmegestehungskosten.

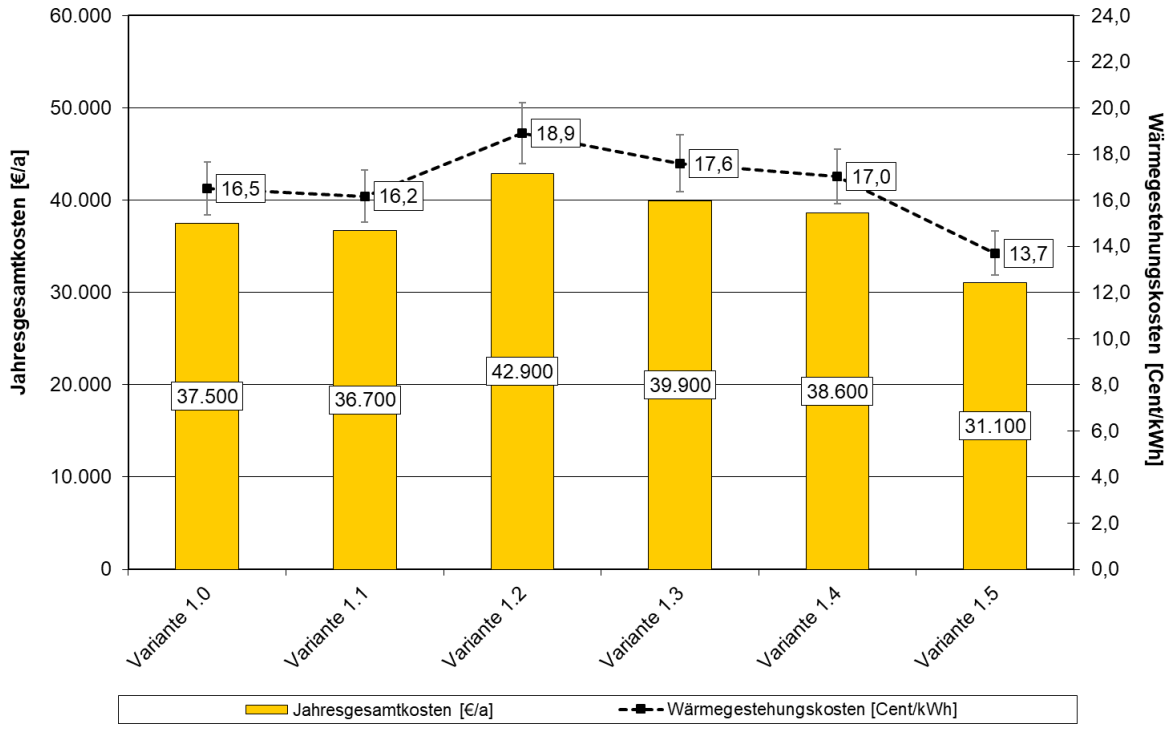


Abbildung 48: Die Wärmegestehungskosten

6.1.5.4 Die CO_2-Bilanz der Varianten

Zur Beurteilung der ökologischen Verträglichkeit wird für die verschiedenen neuen Energieversorgungsvarianten eine Bilanzierung der CO_2-Emissionen durchgeführt. Dabei wird neben dem jährlichen Brennstoffbedarf auch der Hilfsenergiebedarf (elektrische Energie) berücksichtigt. Die Faktoren der CO_2-Äquivalente wurden mit Hilfe der GEMIS-Datenbank ermittelt und berücksichtigen alle anfallenden Emissionen von der Gewinnung bis zur Energiewandlung des jeweiligen Brennstoffs. Das Ergebnis der Berechnungen ist in Abbildung 49 dargestellt. Eine CO_2-Bilanzierung kann für die Fernwärmeversorgung in Variante 1.5 erst erstellt werden, wenn die Anteile der verschiedenen Energieträger bekannt sind. Grundsätzlich bietet die Versorgung über die Geothermieanlage günstige ökologische Voraussetzungen.

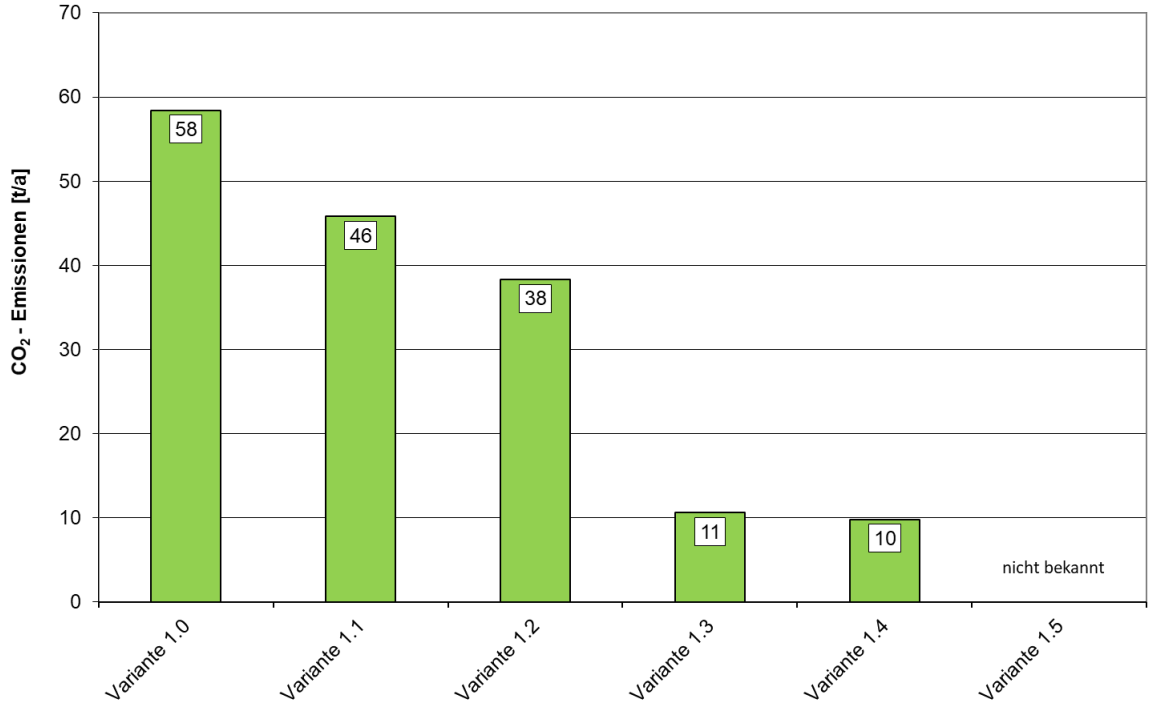


Abbildung 49: Die CO_2-Bilanz der verschiedenen Varianten

6.1.5.5 Zusammenfassung

In Tabelle 14 sind die Ergebnisse der Berechnungen zusammenfassend dargestellt. Die niedrigsten Kosten ergeben sich bei Variante 1.5 mit Fernwärmeversorgung Gemeindewerke mit 13,7 Cent/kWh. Darüber hinaus ist die Variante mit den niedrigsten Investitionskosten verbunden. Die Bilanzierung der CO_2-Emissionen ist abhängig von den Anteilen der Wärmeerzeugung der Fernwärmeversorgung und war zum Zeitpunkt der Konzepterstellung nicht bekannt.

Tabelle 14: Zusammenfassung Wärmeversorgung Nahwärmeverbundlösung

		Variante 1.0	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 1.3	Variante 1.4	Variante 1.5
ohne mögliche Förderungen							
Investitionskosten	[€]	282.000	340.000	420.000	328.000	336.000	129.000
Jahresgesamtkosten	[€]	38.000	37.000	43.000	40.000	39.000	32.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	**16,5**	**16,2**	**18,9**	**17,6**	**17,0**	**13,7**
mit möglichen Förderungen							
maximale Projektförderung	[€]	22.000	0	40.000	18.300	18.300	0
Jahresgesamtkosten	[€]	37.000	37.000	41.000	39.000	38.000	32.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	16,0	16,2	17,9	17,1	16,6	13,7
CO_2-Emissionen	[t/a]	58	46	38	11	10	n.b.

6.1.5.6 Innovative Versorgungskonzepte

Wie die Berechnungen der vorigen Kapitel zeigen, bietet der Anschluss an das Fernwärmenetz der Gemeindewerke günstige Voraussetzungen für eine kostengünstige und ökologische Wärmeversorgung. Dies gilt insbesondere dann, wenn der Anteil der Wärme aus Geothermie steigt. Des Weiteren ergibt sich bei einer Fernwärmeversorgung aus Geothermie die Möglichkeit, dank eines niedrigen Primärenergiefaktors einen hohen KfW-Effizienzhaus-Standard zu erreichen. Hierbei müssen neben den Voraussetzungen einer möglichst ökologischen Wärmeversorgung weitere Kriterien bezüglich der Hüllfläche der Gebäude eingehalten werden. Entsprechende Möglichkeiten sollten in den weiteren Planungsphasen berücksichtigt werden. Im Folgenden werden die notwendigen Kriterien für einen KfW-Effizienzhaus-Standards 40 Plus technisch und wirtschaftlich geprüft. Die Anforderungen beinhalten die Stromerzeugung, Stromspeicherung und ein Benutzerinterface zur Visualisierung. Darüber hinaus muss eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung vorgesehen werden. Für eine Stromerzeugung aus Photovoltaik ergibt sich eine Anlagengröße von rund 100 kWp. Die Gesamtkosten belaufen sich auf rund 842.000 € (Tabelle 15). Demgegenüber stehen mögliche zusätzliche Zuschüsse von 12.000 € je Wohneinheit im Vergleich zu einem Neubau nach KfW 55. Bei 78 Wohneinheiten ergeben sich somit 936.000 €. Der zusätzliche Aufwand hinsichtlich der Gebäudehülle zur Erreichung des KfW 40 Plus Standards kann erst in den weiteren Planungsphasen abgeschätzt werden. Aufgrund der hohen Investitionszuschüsse sind jedoch wirtschaftliche Anreize gegeben.

Tabelle 15: Anforderungen nach KfW 40 Plus Paket

Anforderung	Kriterien	Kosten	*Annahmen*
Stromerzeugung (z.B. Photovoltaik): 100.800 kWh/a	500 kWh/a je WE zuzüglich 10 kWh/a je m² AN	110.000 €	*1.100 € je kWp; Ertrag 975 kWh/kw$_p$*
Batteriespeicher: 101 kWh	500 Wh je WE zuzüglich 10 Wh je m² AN	101.000 €	*1.000 € je kWh*
Lüftungsanlage	Wärmerückgewinnung	624.000 €	*8.000 € je Wohneinheit*
Benutzerinterface	Visualisierung Erzeugung und Verbrauch	117.000 €	*1.500 € je Wohneinheit*
Zusatzkosten PlusPaket		**842.000 €**	

Um die Umsetzbarkeit der technischen Voraussetzungen abschätzen zu können, wurde die mögliche PV-Anlage für das Quartier simuliert (vgl. Abbildung 50). Maximal können rund 220 kWp installiert werden, was 220 % der zur Einhaltung der Fördervoraussetzungen benötigten PV-Leistung entspricht.

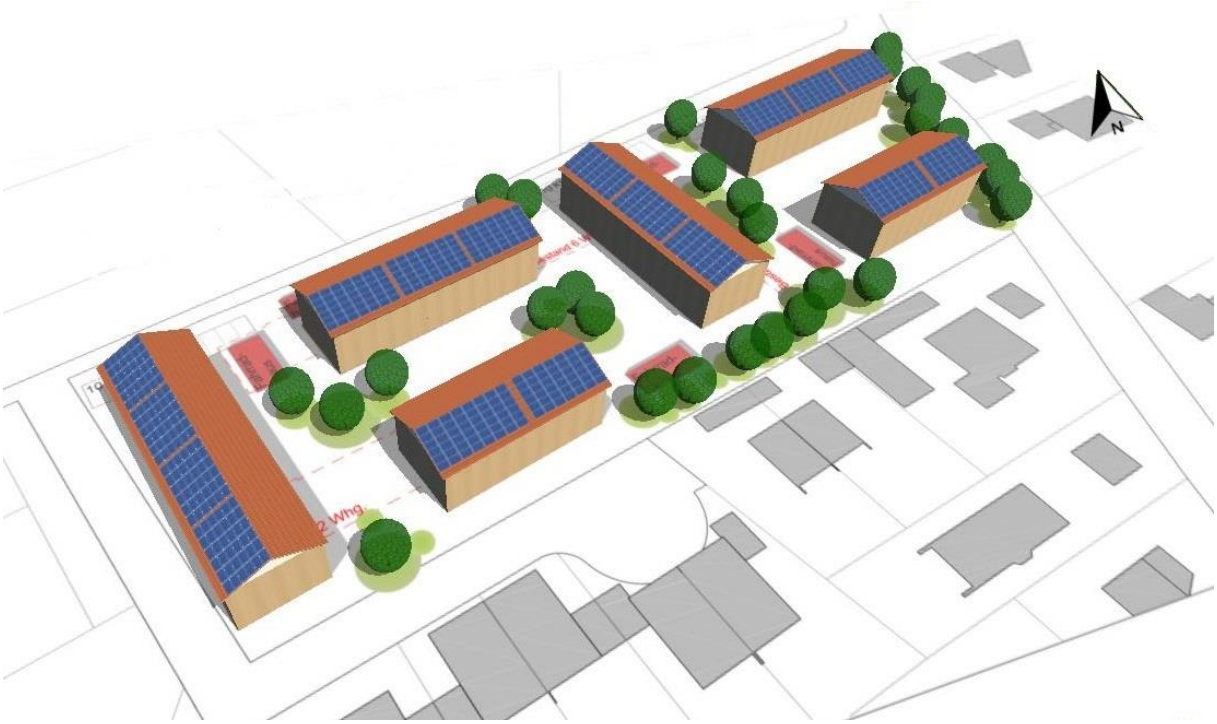


Abbildung 50: Simulation einer PV-Dachanlage [PV*SOL premium 2019]

Mit Hilfe der Simulation der Photovoltaikanlage und der prognostizierten Verbrauchslastgänge kann die zukünftige Eigenverbrauchsquote vorausberechnet werden. Die Gegenüberstellung der Lastgänge ist beispielhaft für eine Juliwoche in Abbildung 51 dargestellt.

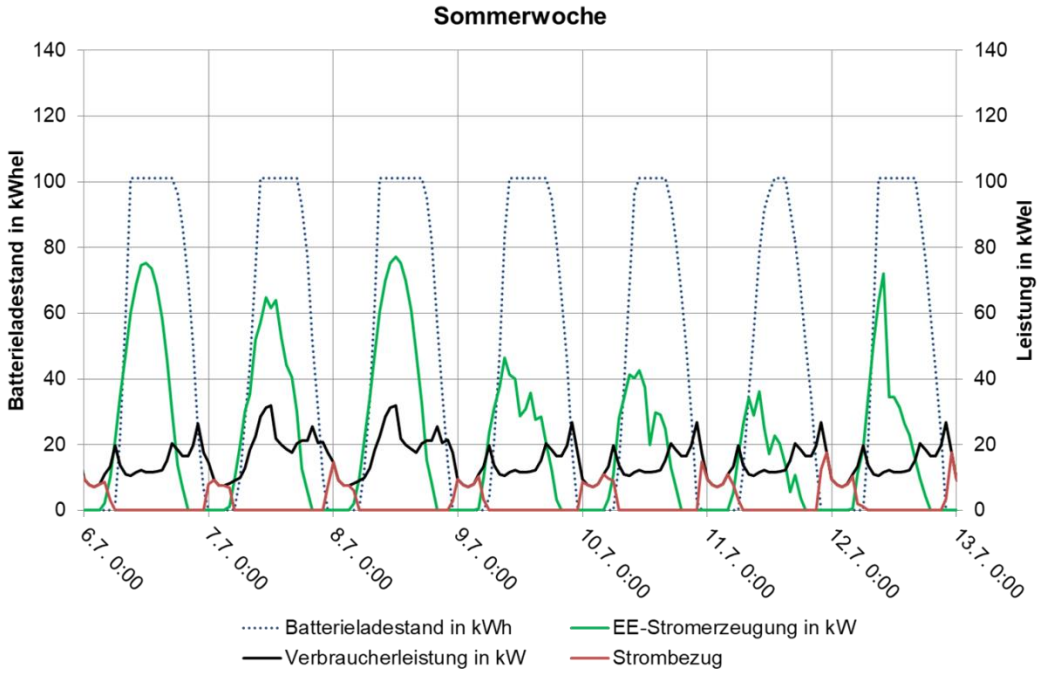


Abbildung 51: Die Verbrauchs- und Erzeugungslastgänge mit Berücksichtigung der Stromspeicher ohne Berücksichtigung E-Mobilität

Werden die Erzeugungsanlage und der Batteriespeicher hinsichtlich der Kriterien des KfW 40 Plus Standards dimensioniert, kann annähernd die Hälfte der benötigten Strommengen durch die Eigenerzeugung gedeckt werden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Die Kennzahlen zur Eigenversorgung aus Photovoltaik ohne Berücksichtigung E-Mobilität

Kenndaten Photovoltaik: 100 kW_p; Batteriespeicher 101 kWh		
Stromverbrauch	[kWh/a]	156.000
Stromerzeugung PV	[kWh/a]	101.000
Stromspeicherung Batterie	[kWh/a]	22.800
Stromeigennutzung	[kWh/a]	72.300
Stromeigennutzungsquote	[-]	72%
Autarkiegrad	[-]	46%

In Abbildung 52 ist das veränderte Lastgangverhalten bei Berücksichtigung des Ladeverhaltens von zehn PKW dargestellt. Der Stromverbrauch erhöht sich auf 172.000 kWh/a, wodurch auch die Stromeigennutzungsquote höher ausfällt. Aufgrund des erhöhten Bedarfs fällt der Autarkiegrad etwas geringer aus (Tabelle 17).

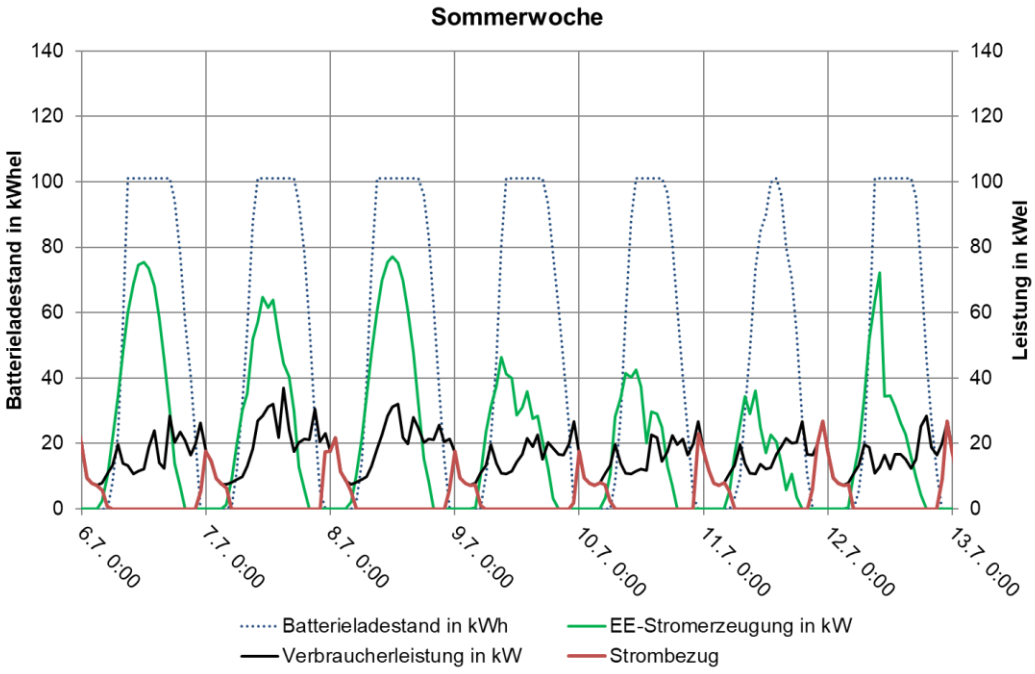


Abbildung 52: Die Verbrauchs- und Erzeugungslastgänge mit Berücksichtigung der Stromspeicher mit Berücksichtigung E-Mobilität

Tabelle 17: Die Kennzahlen zur Eigenversorgung aus Photovoltaik mit Berücksichtigung E-Mobilität

Kenndaten Photovoltaik: 100 kW_p; Batteriespeicher 101 kWh		
Stromverbrauch	[kWh/a]	172.000
Stromerzeugung PV	[kWh/a]	101.000
Stromspeicherung Batterie	[kWh/a]	21.700
Stromeigennutzung	[kWh/a]	75.600
Stromeigennutzungsquote	[-]	75%
Autarkiegrad	[-]	44%

6.1.6 Ausgangssituation und Entwicklungsperspektiven der Elektromobilität im Quartier

An der Baumgartenstraße soll ein Wohnquartier mit 78 Wohneinheiten entstehen, das mit Vorbildcharakter für eine nachhaltige städtebauliche Entwicklung in Holzkirchen steht. Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden städtebauliche Varianten im Kontext baulicher und energietechnischer Handlungsoptionen sowie einer zukunftsgerichteten Integration von Elektromobilität für das Quartier untersucht. Ausgehend von einem steigenden Anteil an batteriebetriebenen Elektrofahrzeugen (BEV) und Plug-in-Hybrid Fahrzeugen (PHEV) ist künftig mit einer steigenden Nachfrage nach Lademöglichkeiten am heimischen Stellplatz zu rechnen. Am Quartier Baumgartenstraße soll exemplarisch für weitere Neubau- und Sanierungsvorhaben in Holzkirchen gezeigt werden, welche Anforderungen ein stetig zunehmender Ladebedarf an die Energieinfrastruktur stellt und welche Lösungsansätze und Geschäftsmodelle sich künftig den beteiligten Akteuren in diesem Kontext eröffnen.

Die aktuelle Fahrzeugdichte in Deutschland zu Grunde gelegt, kann ein Schlüssel von etwa 1,4 KFZ pro Wohneinheit für das Quartier Baumgartenstraße angenommen werden, was in etwa 110 KFZ für das Quartier ergibt.

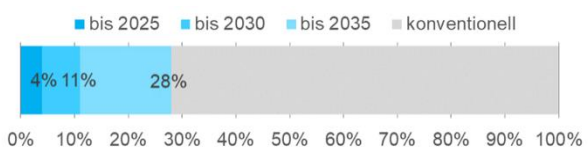


Abbildung 53: Anteile von BEV am

Betrachtet man das „Climate Forced Mobility Szenario“ (CFM) der EBP-Studie „Szenarien der Elektromobilität in Deutschland“[33], zeichnet diese eine Steigerung des Anteils an BEV und PHEV am Kraftfahrzeugbestand auf bis zu 28 % bis 2035. Auf gegenständliches Quartier projiziert resultiert dies in etwa 30 BEV / PHEV, für die ein Stellplatz mit Ladeinfrastruktur vorzuhalten wäre.

[33] EBP 2018: Szenarien der Elektromobilität in Deutschland, EBP-Hintergrundbericht

Der durchschnittliche Verbrauch, die Speicherkapazität sowie die Lademöglichkeiten (Wechsel-/ Gleichspannung, Ladeleistung etc.) eines BEV korrelieren mit dessen Fahrzeugklasse. Nachstehende Tabelle zeigt beispielhaft den Durchschnittsverbrauch je 100 km für BEV nach Fahrzeugklasse:

Fahrzeugklasse	Durchschnittsverbrauch
Kleinstwagen	11,7
Kleinwagen	13,2
Mittelklasse	14,4
Oberklasse	19,3

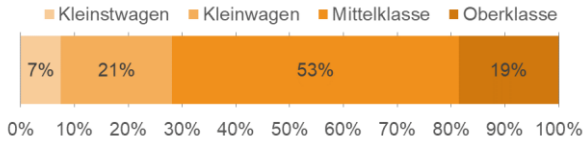


Abbildung 54: Zusammensetzung des Kraftfahrzeugbestandes nach Klassen (KBA)

Die Analyse des künftigen Ladebedarfs im Quartier setzt somit Annahmen über die Zusammensetzung des (künftigen) Kraftfahrzeugbestandes voraus. Nach Statistiken des KBA[34] ergibt sich die aktuelle Zusammensetzung des Bestandes wie in Abbildung 54 dargestellt, mit Dominanz von Fahrzeugen der Mittel- und Oberklasse gegenüber Klein- und Kleinstwagen.

6.1.6.1 Energietechnische Integration der Elektromobilität in das Quartier

Ausgehend von der eingangs dargestellten Entwicklungsperspektive der Elektromobilität, lässt sich für das Quartier folgendes Entwicklungsszenario zeichnen:

	2025	2030	2035
Anteil E-Mobility	4%	11%	28%
Anzahl BEV	4	12	30

Jedes der im Quartier gehaltenen BEVs benötigt Wallboxes mit einer Ladeleistung von derzeit üblichen 11 bzw. künftig absehbar bis 22 kW (Wechselstrom / AC).

[34] Internet: Kraftfahrt-Bundesamt - Statistik - Fahrzeuge. https://www.kba.de/DE/Statistik/Fahrzeuge/fahrzeuge_node.html

Die erforderliche Ladeinfrastruktur im Quartier würde demnach im Jahr 2035 eine installierte Leistung von 330 bzw. bis zu 660 kW umfassen. Die Dimensionierung der Netzanschlussleistung von Mehrfamilienhäusern kann nach DIN 18015-1 erfolgen, für 78 Wohneinheiten ohne elektrische Warmwasserzubereitung ergibt sich eine Größenordnung von etwa 104 kVA (Scheinleistung), welche in dieser stark vereinfachten Betrachtung die maximale Ladeleistung um Vielfache unterschreitet.

Zunächst stellt sich daher die Frage, mit welcher Gleichzeitigkeit bei Ladevorgängen künftig zu rechnen ist und welche resultierenden Leistungsanforderungen sich unter den angenommenen Entwicklungen der Elektromobilität ergeben. In einem nächsten Schritt werden entsprechende Strategien beleuchtet, die einen sukzessiven Ausbau der Ladeinfrastruktur für Elektromobilität im Quartier erlauben. Auf der einen Seite stehen hier in der Regel kostenintensive Netzertüchtigungsmaßnahmen, auf der anderen Seite bieten intelligente Regelungen und die Integration lokaler Stromspeicher im Quartier die Möglichkeit, erhöhte Netzlast aufgrund von Ladevorgängen zu reduzierten.

Durch stochastische Modellierung bzw. Simulation des Mobilitäts- und damit des Ladeverhaltens im Quartier können erste Abschätzungen zu den künftigen Netzanforderungen getroffen werden. Für das Quartier Baumgartenstraße wurde ein „Climate Forced Mobility Szenario 2030“ erstellt, das nach heutigem Wissensstand als realitätsnaher Maximalfall aufgefasst werden kann. Technisch besteht das simulierte System im Quartier aus 10 Wallboxes (Ladestationen) mit einer maximalen Ladeleistung von je 22 kW (je nach Fahrzeugtyp anteilig nutzbar), optionale Systemkomponenten sind eine Photovoltaikanlage mit eine Peakleistung von 100kWp sowie ein Stromspeicher mit einer Kapazität von 100 kWh. Die Nachfrage der 78 Haushalte wurde mit 156 MWh/a angesetzt.

Der Fahrzeugbestand wurde in Anlehnung an die Zusammensetzung des Kraftfahrzeugbestandes nach Klassen zusammengestellt, die stochastischen Komponenten des Modells orientieren sich neben weiteren an den nachstehend beispielhaft dargestellten durchschnittlichen Ankunftszeiten von Fahrzeugen[35].

[35] Nobis C., Kuhnimhof T. 2018: Mobilität in Deutschland - MiD Ergebnisbericht.

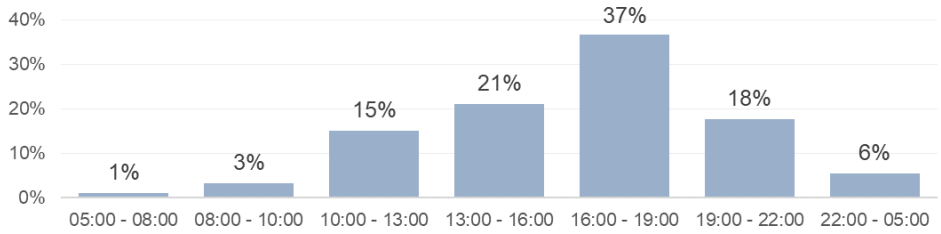


Abbildung 55: Durchschnittliche Ankunftszeiten von Fahrzeugen am Wohnort

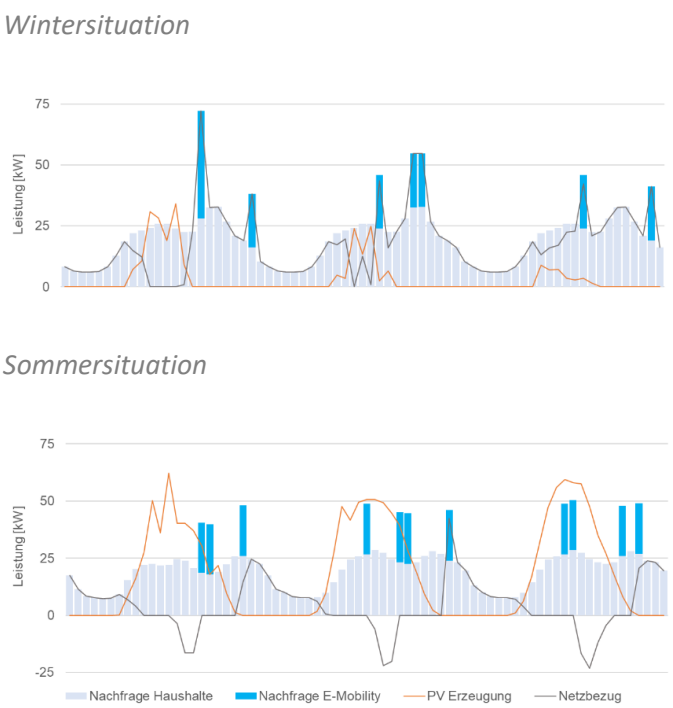
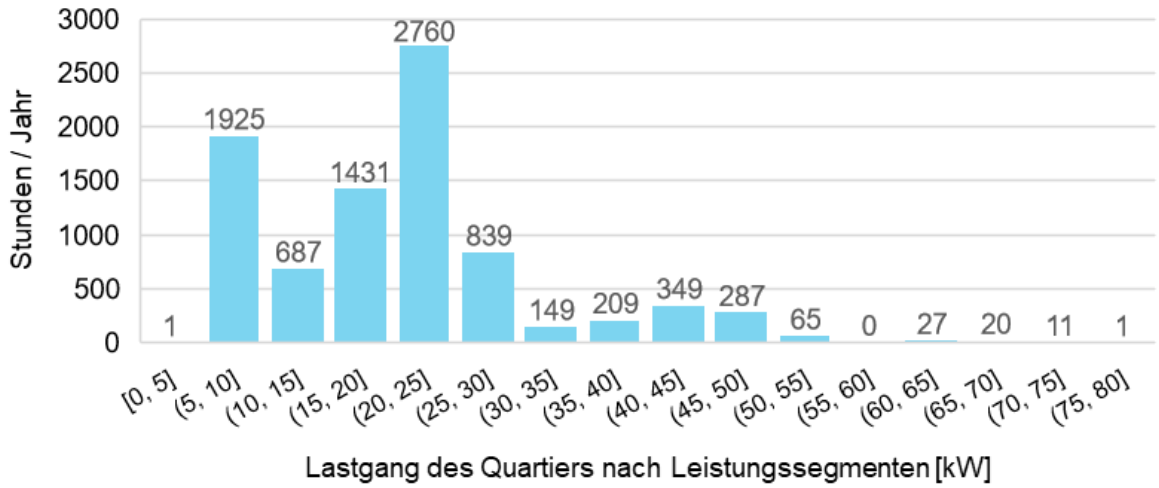


Abbildung 56: Exemplarische Darstellung der Simulation von Ladeleistungen für Winter- und Sommertage

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge ist in Abbildung 56 beispielhaft ein Simulationsergebnis für das Quartier dargestellt. Die reguläre Haushaltslast (hellblau) und die zusätzlich erforderliche Ladeleistung der BEV im Quartier (dunkelblau) ergeben in Summe die Stromnachfrage (Lastgang) im Quartier. Integriert man in dieses System zusätzlich eine Photovoltaikanlage mit einer Leistung von 100 kWp (orange), ergibt sich der in dunkelgrau dargestellte Netto-strombezug über das Ortsnetz (negative Werte stehen für Netzeinspeisung). Erkennbar ist, dass die angeforderte Ladeleistung die reguläre Haushaltslast wesentlich übersteigt, weiterhin ist eine hohe Deckung der Stromnachfrage über die PV-Anlage im Sommer erkennbar.

Betrachtet man die resultierende Stromnachfrage respektive den Lastgang des Quartiers als Summe von Haushalts- und Ladelast nach Leistungssegmenten, so wird deutlich, dass nur wenige Lastspitzen im Jahr auftreten, die 50 kW überschreiten. Diese sind gänzlich auf die Überlagerung von Ladeleistungen mit Haushaltslasten zurückzuführen.



Folglich könnte in gegebener Konstellation eine dynamische Regelung von Ladeleistungen in Spitzenlastfällen eine wesentliche Reduktion der möglicherweise netzunverträglichen Lastspitzen erwirken und kostenintesive Netzertüchtigungsmaßnahmen vermeiden. Die Elektromobilität generiert im berechneten Szenario eine zusätzliche Stromnachfrage im Quartier von etwa 24 MWh/a.

6.1.6.2 Umsetzungsperspektiven

Integratives Konzept „Parken & Laden Holzkirchen“

Mit zunehmender Durchdringung der privaten E-Mobilität ist künftig von einer steigenden Nachfrage für Ladeinfrastrukturen, insbesondere im Wohngebäudebestand auszugehen. Aktuell durchdringen erste Produkte den Markt, die dem Endkunden eine Kombination aus Ladeinfrastruktur, Stromtarif und Abrechnungsmodell bieten.

Ausgehend vom Endkunden im betrachteten Quartier reduziert sich dessen Nachfrage auf einen Stellplatz für das eigene PEV für den dieser Miete entrichtet, eine zugehörige Ladeeinrichtung sowie eine Abrechnung des bezogenen Ladestroms. Die Investition in die Ausrüstung der Stellplätze im Quartier mit Ladeinfrastruktur liegt aktuell weder im direkten Interesse des Gebäudeeigentümers noch des Mieters. Zudem sind begleitend der Betrieb der Ladeinfrastruktur zu gewährleisten sowie Abrechnungsstrukturen zu schaffen. Dies birgt Potenzial für neue Geschäftsmodelle für Bereitstellung und Betrieb von Ladeinfrastrukturen im Mehrfamilienhausbestand.

Für gegenständliches Quartier wurde daher ein Grobkonzept mit den lokalen Akteuren entwickelt und diskutiert, welches die lokalen Gemeindewerke bzw. eine kommunale Gesellschaft als Dienstleister für die Bereitstellung und den Betrieb von nicht-öffentlichen Ladeinfrastrukturen ins Zentrum einer künftigen Strategie zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität in Holzkirchen stellt. Grundlage bildet ein Leasingmodell für Wallboxes, welches Installation, Betrieb, einen Ökostromtarif sowie die Abrechnung beinhaltet.

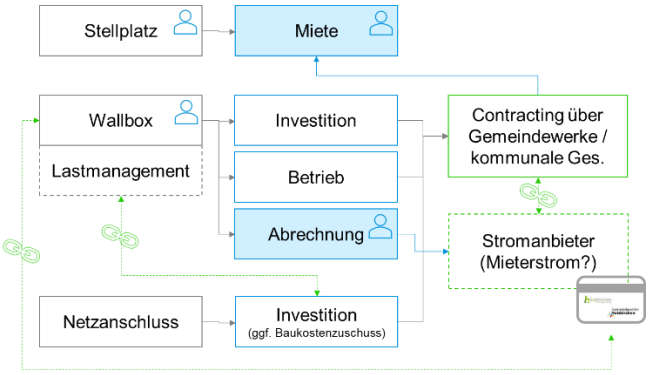


Abbildung 57: Konzeption lokaler Serviceleistungen für nachhaltige private Elektromobilität im Quartier

Den Mietern im Quartier erlaubt dies, den eigenen Stellplatz gegen monatliches Entgelt mit einer Wallbox ausrüsten zu lassen und die bezogene Ladeenergie über eine gesammelte monatliche Rechnung zu begleichen, im Falle von Stromkunden der Gemeindewerke Holzkirchen scheinen die Positionen auf der monatlichen Stromrechnung auf. Dies erhöht den Komfort beim Endkunden und ermöglicht die effiziente Nutzung bestehender Abrechnungsstrukturen der Gemeindewerke Holzkirchen.

Die Installation und der Betrieb von Wallboxes kann im Auftrag über zertifizierte lokale Dienstleister (z.B. Elektroinstallateure) erfolgen und generiert damit zusätzliche lokale Wertschöpfung. Einen weiteren zentralen Aspekt bietet die Möglichkeit des Stromabsatzes von Ökostrom durch die Gemeindewerke Holzkirchen und die Integration in Mieterstrommodelle im Quartier. Die im Rahmen des ENP durchgeführten Simulationsrechnungen für das Quartier zeigen den potenziellen Stromabsatz sowie die Möglichkeiten der Mieterstrommodelle.

Weiterhin wurde gezeigt, dass eine zunehmende Zahl an Ladevorgängen zu ggf. netzunverträglichen Lastspitzen führen kann, denen über intelligente Systeme zum Lastmanagement entgegengewirkt werden kann. Im Interesse der Gemeindewerke Holzkirchen als Verteilnetzbetreiber liegt eine möglichst optimale Auslastung der vorhandenen Netzkapazitäten, kostenintensive Netzertüchtigungsmaßnahmen hingegen stehen dem entgegen. Obliegt einer kommunalen Tochter der Betrieb der Ladeinfrastruktur, lassen sich integrierte Regelungskonzepte schaffen, die einen netzverträglichen Betrieb der Ladeinfrastruktur gewährleisten und im Idealfall keine nachträglichen Netzertüchtigungsmaßnahmen bei steigendem Anteil der Elektromobilität erfordern.

Perspektivisch lässt sich über die Integration der öffentlichen Holzkirchner Infrastruktur für Parken und Laden ein Gesamtkonzept für nachhaltige E-Mobilität in Holzkirchen schaffen und so die Attraktivität für die Bewohner zusätzlich erhöhen. Der Betrieb der öffentlichen Ladeinfrastruktur sowie von öffentlichen Parkplätzen obliegt bereits heute kommunalen Tochterunternehmen. Kunden, die private Ladeinfrastruktur leasen, könnten über ein erweitertes Angebot zum eigenen Tarif öffentliche Ladesäulen und Parkplätze nutzen. Die einheitliche und zentrale Abrechnung z.B. über eine „Mobility Card Holzkirchen“ könnte die Nutzungsattraktivität der vorhandenen Infrastruktur sowie des Bezugs der privaten Ladeinfrastruktur über den kommunalen Dienstleister wesentlich steigern.

6.1.7 Fazit

Eine innovative Energieversorgung kann für das Quartier Baumgartenstraße unter den richtigen Voraussetzungen ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein. Dabei bietet insbesondere eine Fernwärmeversorgung aus Geothermie kostengünstige Voraussetzung zur Erreichung eines hohen Energiestandards. Durch eine hohe Eigenversorgungsquote und dem Einsatz regenerativer Energieträger kann eine nachhaltige Energieversorgung gewährleistet werden. Zukünftige Mieter profitieren auch in finanzieller Hinsicht von niedrigen Energiekosten.

6.2 Modul Sportstätten

Der Markt Holzkirchen erstellt aktuell einen Sportentwicklungsplan, um örtliche bzw. regionale Rahmenbedingungen für Sport und Sporträume zu gestalten und in einem Gesamtkonzept festzulegen. Dabei findet auch ein möglicher Neubau des Eisstadions bzw. des Hallenbades Berücksichtigung. Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplanes soll erörtert werden, ob innovative Kälteerzeugungskonzepte sinnvoll eingesetzt werden könnten oder durch einen gemeinsamen Standort der Sportstätten Synergieeffekte hinsichtlich Energienutzung bzw. -erzeugung erzielt werden können.

6.2.1 Prüfung Absorptionskältemaschine Eisstadion

Absorptionskältemaschinen werden im Gegensatz zu herkömmlichen Kompressionskältemaschinen nicht mit Strom sondern mit Wärme angetrieben (zzgl. Hilfsstrom). In der Regel wird als Kältemittel Lithiumbromid eingesetzt. Mit solchen Standard AKM werden Kältetemperaturen von ca. 6°C erzeugt. Im Sonderanwendungsfall kommt als Kältemittel Ammoniak zum Einsatz. Dadurch lassen sich auch Minus- Temperaturen erreichen. Da zur Temperierung der Eisfläche eine Vorlauftemperatur von –6°C benötigt werden, kommt für den Einsatzfall bei einer zukünftigen Eishalle nur eine Ammoniak Kältemaschine in Frage. Beim Einsatzfall von – 10°C Kältetemperatur und einer Heiztemperatur von 92-94°C wird ein Wärmeverhältnis von 0,32 und 0,55 erreicht (je nach Kühlwassertemperatur). D.h. im Mittel können aus 1 kWh Wärme ca. 0,4 kWh Kälte erzeugt werden. Um den wirtschaftlichen Betrieb einer AKM abschätzen zu können, wird einer Vergleichsrechnung mit einer herkömmlichen KKM erstellt.

Für das Eisstadion wird ein Kältebedarf von 590.000 kWh/a angenommen. Bei einer Leistungszahl von 3 verbraucht die Maschine jährlich rund 197.000 kWh_{el}. Wird ein Strompreis von 18 Ct/kWh hinterlegt, belaufen sich die Stromkosten auf 35.460 €/a (Tabelle 18).

Tabelle 18: Die Brennstoffkosten der Kompressionskältemaschine

		Kompressions-kältemaschine
Kältebedarf	[kWh/a]	590.000
Brennstoff		Strom
COP		3
Energiebedarf	[kWh/a]	197.000
Strompreis	[Ct/kWh]	18
Stromkosten	[€/a]	35.460

Aus den resultierenden Stromkosten der KKM von 35.460 €/a und einer angenommenen mittleren Leistungszahl von 0,4 kann berechnet werden, wie hoch der Wärmepreis bei gleichbleibenden Jahresbrennstoffkosten bei der AKM maximal ausfallen darf. Bei einem Wärmebedarf von 1.475.000 kWh/a ergibt sich ein Wärmepreis von rund 2,4 Ct/kWh.

Tabelle 19: Die resultierenden Brennstoffkosten der Absorptionskältemaschine

		Absorptions-kältemaschine
Kältebedarf	[kWh/a]	590.000
Brennstoff		Wärme
COP		0,4
Energiebedarf	[kWh/a]	1.475.000
Stromkosten KKKM	[€/a]	35.460
Wärmekosten AKM bei Kostenparität	[€/a]	→ 35.460
Resultierennder Wärmepreis	[Ct/kWh]	2,4

Wie die Wärmepreisberechnung zeigt, müsste für den wirtschaftlichen Betrieb einer AKM eine sehr günstige Wärmequelle bereitstehen. Werden die Investitionsmehrkosten einer AKM von rund 600.000 € über die kapitalgebundenen sowie erhöhte Betriebskosten auf den Wärmepreis umgelegt, verfällt der mögliche Kostenvorteil vollständig. Somit ist unter den gegebenen Rahmenbedingungen kein wirtschaftlicher Betrieb einer AKM möglich. Die Nutzung der Abwärme der Geothermie zur Kühlung der Eishalle ist somit für eine Standortsuche der Sportstätte nicht relevant.

6.2.2 Alternative Energieversorgungsvarianten Hallenbad und Eisstadion

Da die vorangegangenen Berechnungen zeigen, dass ein wirtschaftlicher Betrieb einer AKM unter den gegebenen Voraussetzungen im Eisstadion nicht möglich ist, werden im Folgenden mögliche Synergieeffekte bei der Energiebereitstellung der Sportstätten Hallenbad und Eisstadion untersucht. Die Kälteerzeugung im Eisstadion erfolgt dabei mit Hilfe einer herkömmlichen Kompressionskältemaschine.

6.2.2.1 Der Energiebedarf

Das Bad weist neben einem hohen Wärmebedarf von 1.535.000 kWh/a einen hohen Stromverbrauch von 480.000 kWh/a auf. Hier sind demnach günstige Voraussetzungen für Kraft-Wärme-Kopplung gegeben. Der eigenerzeugte Strom der KWK-Anlage kann auch zur Kälteerzeugung der KKM im Eisstadion genutzt werden. Der Verbrauch beläuft sich auf ca. 197.000 kWh/a (Tabelle 20).

Tabelle 20: Der Energiebedarf der Liegenschaften für Strom, Wärme und Kälte

	Stromverbrauch (ohne Kühlung)	Wärmebedarf	Stromverbrauch KKM
	[kWh/a]	[kWh/a]	[kWh/a]
Bad	480.000	1.535.000	
Eisstadion	30.000	120.000	197.000

6.2.2.2 Wärmeversorgungsvarianten

Für die Wärmeversorgung des Bades wird neben einer Versorgung über das Fernwärmenetz der Gemeindewerke Holzkirchen der Einsatz hocheffizienter Kraft-Wärme-Kopplung geprüft. Zur Auslegung der Wärmeerzeuger wird zunächst die geordnete thermische Jahresdauerlinie gebildet (analog Kapitel 6.1.4). Die resultierende Jahresdauerlinie mit Wärmeerzeuger der Variante 2.1 ist in Abbildung 58 dargestellt.

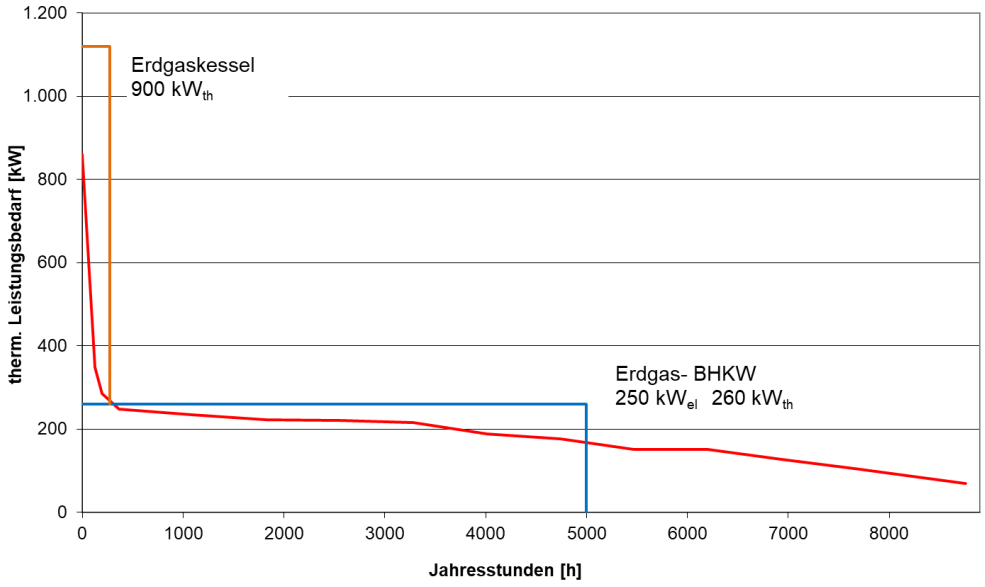


Abbildung 58: Dimensionierung der Wärmeerzeuger in der Variante 2.1 und 2.2

In einer gesonderten Variante 2.2 wird untersucht, inwieweit wirtschaftliche Vorteile durch die zusätzliche Stromeigennutzung der KKM des Eisstadions generiert werden können. Ansonsten ist die Variante technisch mit der Variante 2.1 identisch. Insgesamt ergeben sich damit drei Vergleichsvarianten:

- Variante 2.1: Erdgas-BHKW (250 kWel 260 kWth) + Erdgaskessel
- Variante 2.2: Erdgas-BHKW (250 kWel 260 kWth) + Erdgaskessel
  Stromeigennutzung in der KKM des Eisstadion
- Variante 2.3: Fernwärme Gemeindewerke Holzkirchen

6.2.2.3 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Es gelten die in 6.1.5.1 getroffenen wirtschaftlichen Grundnahmen. Davon abweichend werden folgende Annahmen getroffen:

- Der Zuschlag für den produzierten KWK-Strom wird nach KWKG in dieser Größenklasse für 30.000 Vollbenutzungsstunden gezahlt
- Da in dieser Variante Eigentümer der Liegenschaften auch als der Betreiber der KWK-Anlage (beispielsweise Gemeindewerke Holzkirchen) auftreten kann, ist eine direkte Stromeigennutzung möglich. Die EEG-Umlage auf eigengenutzten Strom beträgt daher 40 % von 6,756 ct/kWh (EEG-Umlage für das Jahr 2019).

Die spezifischen Energiepreise belaufen sich auf folgende Werte.

- Erdgas 5,04 ct/kWh$_{Hi}$
- Strompreis: 19,00 ct/kWh

Basierend auf den jeweils entwickelten Varianten wird analog Kapitel 6.1.5 eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Ermittlung der ökonomisch günstigsten Variante durchgeführt. Dabei werden die Jahresgesamtkosten im Rahmen einer Vollkostenrechnung nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an die VDI-Richtlinie 2067 ermittelt. Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Mit dem Betrieb einer hocheffizienten KWK-Anlage können wirtschaftliche Vorteile generiert werden. Insbesondere durch die Maximierung der Stromeigennutzung, beispielweise durch die Einbindung der KKM des Eisstadions, können zusätzliche Einnahmen generiert werden. Dies führt zu erheblichen Kostenvorteilen bei der Energieversorgung der Liegenschaften.

Tabelle 21: Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Sportstätten

		Variante 2.1	Variante 2.2	Variante 2.3
		Erdgas-BHKW	**Erdgas-BHKW**	**Fernwärme**
		inkl. Stromeigennutzung KKM Eishalle		
Investitionskosten	[€]	710.000	636.000	112.000
Jährliche Kosten	[€/a]	-254.000	-248.000	-137.000
Jährliche Einnahmen	[€/a]	168.000	147.000	0
Jahresgesamtkosten	[€]	-87.000	-102.000	-137.000
Wärmegestehungskosten	[€-Cent/kWh]	**5,6**	**6,6**	**8,9**
CO_2-Emissionen	[t/a]	146	146	n.b.

6.2.3 Fazit

Aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen ist der Betrieb einer AKM zur Kühlung der Eishalle unwirtschaftlich. Dies ist vor allem auf die benötigten Temperaturen und die daraus resultierenden Leistungszahlen sowie die hohen Investitionsmehrkosten zurückzuführen. Die Nutzung der Geothermieanlage als Abwärmequelle ist somit für eine Standortsuche der Sportstätte nicht relevant.

Im Gegensatz dazu kann mit dem Betrieb einer hocheffizienten KWK-Anlage wirtschaftliche Vorteile generiert werden. Insbesondere durch die Maximierung der Stromeigennutzung, beispielweise durch die Einbindung der KKM des Eisstadions, können zusätzliche Einnahmen generiert werden. Dies führt zu erheblichen Kostenvorteilen bei der gemeinsamen Energieversorgung der Liegenschaften.

6.3 Modul Bahnhof

6.3.1 Ausgangssituation und Entwicklungspfade der Elektromobilität im Bahnhofsareal

Das Bahnhofsareal in Holzkirchen und dessen geplante Entwicklung soll einen wegweisenden Beitrag zu nachhaltiger Mobilität in der Marktgemeinde als moderne „Mobilitätsdrehscheibe“ leisten. Die Maßnahmen zur städtebaulichen und verkehrlichen Neuordnung des Areals bieten unter Berücksichtigung der vielfältigen Nutzungsanforderungen großen Gestaltungsspielraum. Auf einer Nettogrundfläche (ohne Gleisanlagen) von etwa 5,7 ha soll ein zukunftsgerechter Verkehrsknotenpunkt entstehen, der sowohl unter verkehrsinfrastrukturellen als auch energetischen Gesichtspunkten Vorzeigecharakter in der Region hat. Im Rahmen des Energienutzungsplanes wurden grundlegende Anforderungen herausgearbeitet, die sich aus einer Zunahme des Anteils der Elektromobilität hinsichtlich einer künftigen Park- und Ladeinfrastruktur sowie damit verbundener Geschäftsmodelle im Bahnhofsareal ergeben. Diese sollen einen wesentlichen Beitrag im künftigen Planungsprozess für das Areal leisten und als Leitplanken in die sukzessive Betriebsphase wirken.

Aktuell ist die verkehrliche Situation am Bahnhof geprägt durch seine Funktion als Umsteigepunkt zu S-Bahn (Endhaltepunkt) und SPNV (Bayerische Oberlandbahn) sowie dem damit einhergehenden großen Einzugsbereich. Im Bahnhofsareal stehen aktuell etwa 325 PKW-Stellplätze einer Nachfrage von weit mehr als 430 Stellplätzen (Schätzungen gehen von bis zu 500 benötigten Stellplätzen aus) gegenüber, was in einem erhöhten Parkdruck, insbesondere während der Morgenstunden resultiert[36]. Künftig ist in diesem Kontext von einer steigenden Nachfrage für Ladeinfrastruktur an Stellplätzen aufgrund des steigenden Anteils der Elektromobilität am motorisierten Individualverkehr (MIV) auszugehen.

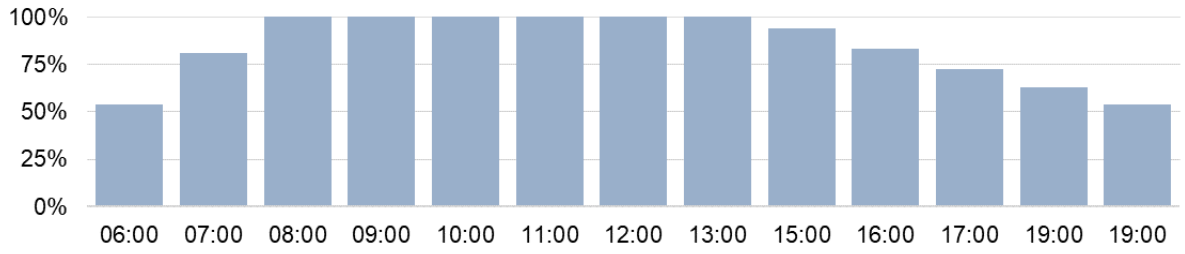


Abbildung 59: Aktuelle Parkplatzbelegung P+R Ost (125 Stellplätze)

Einen wesentlichen Einfluss auf die Nachfrage für Lademöglichkeiten im Bahnhofsareal bildet das Pendleraufkommen in der Markgemeinde. Dieses ist aktuell mit etwa 4.500 auspendelnden Personen

[36] Münchner Verkehrs- und Tarifverbund GmbH (MVV) 2012: P+R und B+R Bedarfsprüfung am S-Bahnhof Holzkirchen

(etwa 40% mit Ziel München) und etwa 5.000 einpendelnden Personen vergleichsweise hoch. Ein Großteil wird über Bahn und ÖPNV und damit über den Bahnhof abgewickelt, durch seine zentrale Lage im Ort führt dies jedoch zu starker Verkehrsbelastung insbesondere durch den motorisierten Individualverkehr (MIV) in sensiblen innerörtlichen Bereichen. Aktuell kommt es auf beiden Seiten der Gleise über den Tag verteilt zu hoher P+R-Nachfrage, ab 20:00 Uhr nimmt die Nachfrage stark ab. Die meisten P+R Nutzer kommen aus dem Landkreis Miesbach (etwa 60%), gefolgt von Bad Tölz (etwa 20%) und Rosenheim (etwa 5%).

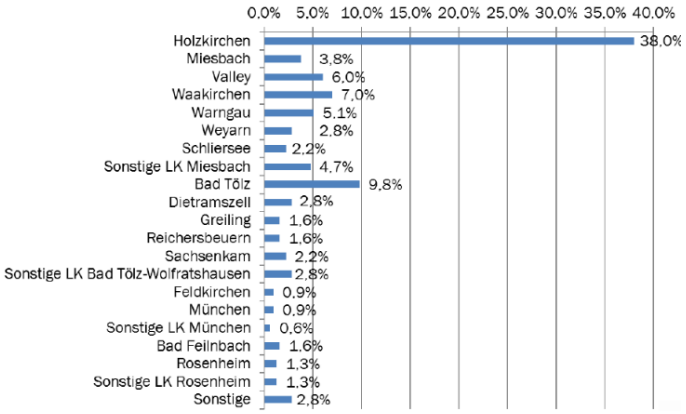


Abbildung 60: Herkunft der P+R Nutzer in Holzkirchen

Die künftigen Mobilitätsangebote im Bahnhofsareal sollen einen hohen Elektrifizierungsgrad aufweisen und eine bedarfsgerechte Vielfalt bieten, um eine klimafreundliche Mobilität zu ermöglichen und zu fördern. Hierzu zählen etwa elektrifizierte Taxis, elektrifizierte öffentliche Mietfahrzeuge, E Leihfahrräder, elektrifizierte Buslinien, E Carsharing und weitere Angebote. Für den korrespondierenden elektrifizierten, ruhenden Verkehr sind entsprechende Stellplätze und ausreichend Lademöglichkeiten zu schaffen. Eine Konzentration der P+R Stellplätze im Osten soll für eine verkehrliche Entlastung des Ortszentrums beziehungsweise der Westseite sorgen.

6.3.2 Energietechnische Integration der Elektromobilität in das Quartier

Aktuelle Anforderungsanalysen im Rahmen des laufenden Planungsprozesses für das Bahnhofsareal gehen von einer erforderlichen Stellplatzzahl von bis zu 350 auf der Ostseite aus. Unter der Annahme einer künftig starken Durchdringung der Elektromobilität im MIV lässt sich folgendes Entwicklungsszenario zeichnen:

	2025	2030	2035
Anteil E-Mobility im MIV relativ	4%	11%	28%

Ausgehend von der geplanten Stellplatzzahl, der gezeichneten Entwicklung der Elektromobilität bezüglich des gesamten MIV, der Belegungszyklen der P+R Plätze, dem Pendlereinzugsgebiet und der

Aufteilung der Fahrzeugklassen im MIV lässt sich über stochastische Modellierung ein unter heutigen Gesichtspunkten mögliches Maximalszenario für Lade- und Stellplatzbedarf auf der Ostseite des Bahnhofsquartieres zeichnen. Die durchgeführten Simulationsrechnungen zeigen zum einen den möglichen Bedarf an Ladeleistung, einen möglichen Stromabsatz sowie Potenziale einer aktiven Regelung der Ladeleistung zur Erhöhung der Netzverträglichkeit auf. Im Zuge einer Konkretisierung der Planungen für das Bahnhofsquartier ist eine zusätzliche Integration weiterer energietechnischer Systemkomponenten wie etwa Photovoltaikanlagen zu prüfen und im Zuge der Entwicklung von Geschäftsmodellen zu integrieren.

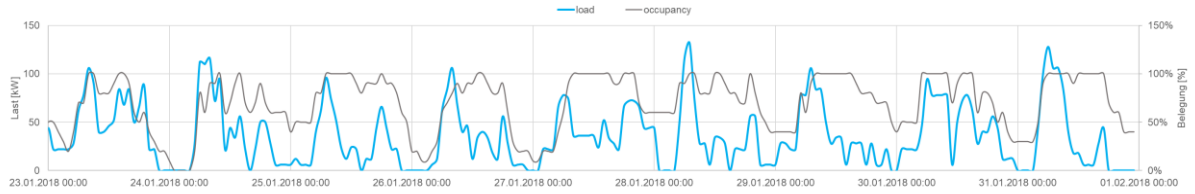


Abbildung 61: Simulationsrechnung eines Szenarios für P+R Belegung und erforderliche Ladeleistung

Das im ENP geschaffene Simulationswerkzeug wird der Kommune im Rahmen des seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Sauber unterwegs in Holzkirchen“ als Planungswerkzeug zur Verfügung gestellt und aktiv in den beginnenden Gestaltungs- und Wettbewerbsprozess für das Bahnhofsquartier eingebracht.

6.3.3 Umsetzungsperspektive: Integratives Konzept „Parken & Laden Holzkirchen“

Mit zunehmender Durchdringung der privaten E-Mobilität ist künftig von einer steigenden Nachfrage für Ladeinfrastrukturen an P+R Stellplätzen auszugehen. Erste kombinierte Services und Geschäftsmodelle für Parken und Laden sind bereits erfolgreich im Markt platziert.

Ausgehend vom P+R-Kunden mit PEV / PHEV benötigt dieser primär einen Stellplatz für das eigene PEV nahe dem Umsteigepunkt mit zugehöriger Ladeeinrichtung und ein komfortables Abrechnungsmodell für Parken und Laden. Eine sukzessive Ausrüstung von P+R Stellplätzen mit Ladeinfrastruktur am Bahnhof wird diesen Kundenanforderungen gerecht, erhöht die Attraktivität der Stellplatzflächen, fördert eine nachhaltige und emissionsarme Mobilität und muss damit im Interesse eines künftigen Parkhausbetriebes am Bahnhof liegen. Dieser umfasst neben bedarfsgerechtem Ausbau und Betrieb von Ladeinfrastrukturen die Bereitstellung einfache Abrechnungsstrukturen im Sinne eines niederschwelligen Gesamtpaketes.

Für das Bahnhofsquartier wurden mögliche Geschäftsmodelle mit lokalen Akteuren diskutiert. Diese stellen die lokalen Gemeindewerke bzw. eine kommunale Gesellschaft als Dienstleister für die Bereitstellung und den Betrieb von Parkplätzen und öffentlichen Ladeinfrastrukturen ins Zentrum einer künftigen Strategie zur Förderung einer nachhaltigen Mobilität in Holzkirchner Bahnhofsquartier.

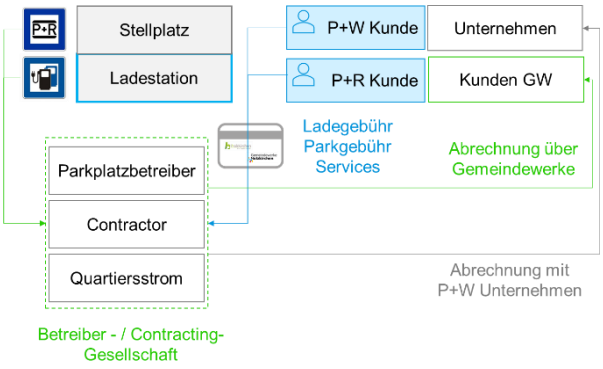


Abbildung 62: Konzeption von Serviceleistungen und Geschäftsmodellen für P+R im Bahnhofsquartier

Den P+R-Nutzern soll über ein einheitliches Abrechnungsmodell das Parken und Laden sowie zusätzliche Mobilitätsservices niederschwellig angeboten werden. Insbesondere Bürger der Marktgemeinde und Kunden der Gemeindewerke Holzkirchen sollen eine einfache Möglichkeit erhalten, Mobilitätsdienstleistungen in Holzkirchen über die bestehende zentrale Abrechnungsstruktur der Gemeindewerke zu nutzen. Dies erhöht den Komfort beim Endkunden und ermöglicht die effiziente Skalierung bestehender Strukturen der Gemeindewerke Holzkirchen.

Perspektivisch lässt sich über die Integration der (bestehenden) öffentlichen Holzkirchner Infrastruktur für Parken und Laden ein Gesamtkonzept für nachhaltige E-Mobilität in Holzkirchen schaffen und so die Nutzungsattraktivität für die Bürger erhöhen. Der Betrieb der öffentlichen Ladeinfrastruktur sowie von öffentlichen Parkplätzen obliegt bereits heute teils kommunalen Tochterunternehmen. Die einheitliche und zentrale Abrechnung z.B. über eine „Mobility Card Holzkirchen“ könnte die Nutzungsattraktivität der vorhandenen Infrastruktur sowie des Bezugs der privaten Ladeinfrastruktur über den kommunalen Dienstleister wesentlich steigern. Im Rahmen des seitens des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projektes „Sauber unterwegs in Holzkirchen“ wird diesbezüglich ein nahtloser Übergang zu Umsetzung in den kommenden Jahren geschaffen.

7 Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht fasst die Ergebnisse des Teil-Energienutzungsplans zusammen und wurde durch das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie gefördert. Mit dem Teil-Energienutzungsplan Markt Holzkirchen wurde ein gemeindespezifisches Instrument zur Umsetzung einer nachhaltigen Energieerzeugungs- und Energieversorgungsstruktur erarbeitet. Der Fokus liegt dabei auf der Identifizierung und dem Aufzeigen von konkreten Handlungsmöglichkeiten vor Ort, um die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen und dem Ausbau erneuerbarer Energien zu forcieren.

In einer umfassenden Bestandsaufnahme wurde zunächst detailliert die Energiebilanz für die Sektoren Wärme und Strom im Ist-Zustand (Jahr 2017/2018) erfasst und der Anteil der Erneuerbaren Energien an der Energiebereitstellung ermittelt. Im Marktgebiet Holzkirchen werden in Summe rund 234.633 MWh Endenergie verbraucht. Davon entfallen rund 69.766 MWh auf die elektrische Energieversorgung und 164.867 MWh auf die thermische Wärmebereitstellung. Die Aufteilung auf die Verbrauchgruppen ist in Abbildung 63 dargestellt.

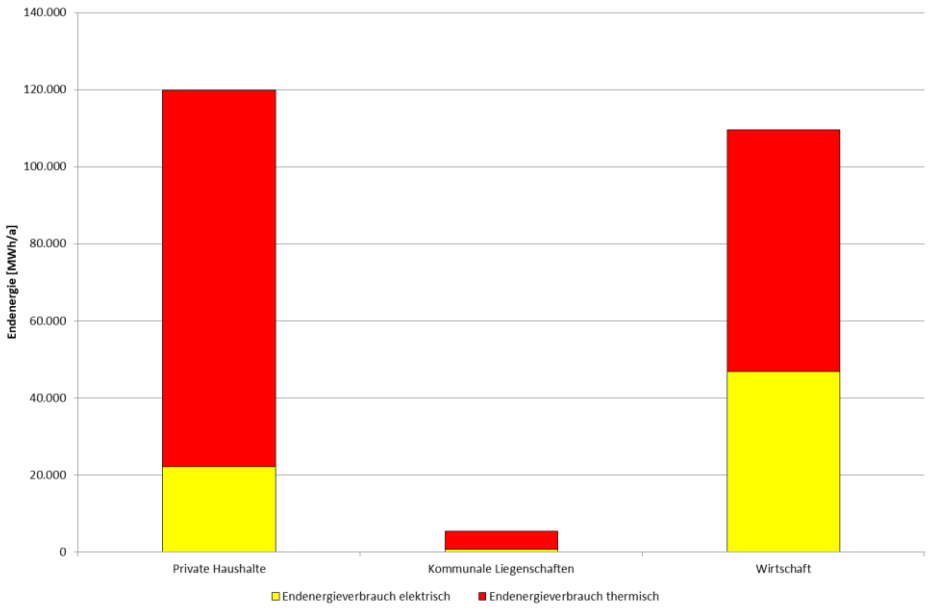


Abbildung 63: Aufteilung Endenergie elektrisch und thermisch auf die Verbrauchgruppen

Sämtliche Energieverbrauchsdaten wurden hierbei gebäudescharf erfasst und in ein gebäudescharfes Wärmekataster überführt. Das gebäudescharfe Wärmekataster ist ein Werkzeug der kommunalen Wärmeplanung. Es erfasst alle beheizten Gebäude im Gemeindegebiet und beinhaltet zu jedem Gebäude Informationen zu Nutzung, Baustruktur und Wärmenachfrage. Es bietet damit eine flächendeckende Information zur Struktur und Wärmenachfrage des Gebäudebestandes im Markt Holzkirchen.

Die Verkehrssituation in Holzkirchen ist von dem hohem Pendleraufkommen sowie der lokalen Unternehmen geprägt. Im Rahmen des ENP wurden im Bereich der Ist-Analyse Handlungsschwerpunkte bei der Bereitstellung der Ladestromversorgung an privaten Stellplätzen, in den Unternehmen respektive bei Arbeitgebern des Gewerbes, an P+R-Anlagen sowie das schnelle Laden mit Gleichstrom im Ortsgebiet identifiziert.

Auf Basis der energetischen Ausgangssituation wurde eine umfassende Potenzialanalyse zur Minderung des Energieverbrauchs und dem Ausbau erneuerbarer Energien ausgearbeitet. Für die Potentialanalyse zur energetischen Sanierung wurde ein Sanierungskataster auf Basis des 3D-Gebäudemodells für Wohngebäude und Nicht-Wohngebäude erstellt. Für jedes enthaltene Gebäude stellt das Sanierungskataster die mögliche Energieeinsparung für definierte Sanierungsvarianten bzw. Sanierungstiefen dar. Das Sanierungskataster weist für jedes Bestandsgebäude maßnahmenscharfe Sanierungsvarianten für die Gebäudehülle aus. Zu jeder Variante wird das Einsparpotenzial gegenüber dem Ist-Zustand, die Steigerung der Energieeffizienz sowie die reduzierte Wärmenachfrage ausgewiesen.

Für die Prüfung von Potenzialen zum Ausbau der Fernwärmeversorgung im Markt Holzkirchen wurde auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters und des Straßennetzes die Wärmebelegungsdichte für jeden Straßenzug ausgewiesen. In enger Abstimmung mit den beteiligten Akteuren wurden zwei Netzausbauvarianten konkret betrachtet - Netzerweiterung Richtung „Ortsteil Marschall“ und Netzerweiterung „Otto-Mair-Ring“. Hierbei hat sich ergeben, dass die Netzerweiterung Richtung Ortsteil Marschall aufgrund der geringen Wärmebelegungsdichte nur schwierig umsetzbar erscheint. Die Voraussetzungen der Netzerweiterung Otto-Mair-Ring scheinen hingegen günstig bei ausreichend hoher Anschlussquote.

Im Bereich des Verkehrs wurde ein breites Maßnahmenspektrum mit entsprechenden Förderkulissen für die Marktgemeinde zusammengestellt, das auf einer Untersuchung von Potenzialen zu Reduktion von Treibhausgasemissionen in den Bereichen des MIV sowie des ÖPNV fußt. Die Marktgemeinde erhält damit eine fundierte Handlungsgrundlage zur künftigen Entwicklung nachhaltiger Mobilitätsdienste und unterstützender Infrastruktur.

Das Kernziel des Energienutzungsplans war die Erstellung eines umsetzungsorientierten und praxisbezogenen Maßnahmenkataloges, der konkrete Handlungsempfehlungen für die Kommune aufzeigt. Dieser Maßnahmenkatalog wurde in enger Abstimmung mit den kommunalen Akteuren ausgearbeitet und in vier Regionalkonferenzen konkretisiert und abgestimmt.

Drei Maßnahmenvorschläge aus dem Maßnahmenkatalog wurden dabei als Module / Detailprojekte näher betrachtet und umfassend auf technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit hin geprüft.

Die Betrachtung des Quartiers Baumgartenstraße hat ergeben, dass eine innovative Energieversorgung

für das Quartier Baumgartenstraße unter den richtigen Voraussetzungen ökologisch und ökonomisch sinnvoll sein kann. Dabei bietet insbesondere eine Fernwärmeversorgung aus Geothermie kostengünstige Voraussetzung zur Erreichung eines hohen Energiestandards. Durch eine hohe Eigenversorgungsquote und dem Einsatz regenerativer Energieträger kann eine nachhaltige und gleichzeitig kostengünstige Energieversorgung gewährleistet werden.

Im Rahmen des Moduls Sportstätten wurde geprüft, ob innovative Kälteerzeugungskonzepte sinnvoll eingesetzt werden könnten oder durch einen gemeinsamen Standort der Sportstätten Synergieeffekte hinsichtlich Energienutzung bzw. -erzeugung erzielt werden können. Aufgrund der gegebenen Rahmenbedingungen ist jedoch der Betrieb einer AKM zur Kühlung der Eishalle unwirtschaftlich. Dies ist vor allem auf die benötigten Temperaturen und die daraus resultierenden Leistungszahlen sowie die hohen Investitionsmehrkosten zurückzuführen. Die Nutzung der Geothermieanlage als Abwärmequelle ist somit für eine Standortsuche der Sportstätte nicht relevant. Im Gegensatz dazu können mit dem Betrieb einer hocheffizienten KWK-Anlage wirtschaftliche Vorteile generiert werden. Insbesondere durch die Maximierung der Stromeigennutzung, beispielweise durch die Einbindung der KKM des Eisstadions, können zusätzliche Einnahmen generiert werden. Dies führt zu erheblichen Kostenvorteilen bei der gemeinsamen Energieversorgung der Liegenschaften.

Das Areal um den Holzkirchner Bahnhof soll in den kommenden Jahren erneuert werden. Der Bahnhof ist aufgrund der Umstiegsfunktion vom Auto zum ÖPNV das am meisten frequentierte Gebiet von Holzkirchen. Im Rahmen des ENP wurden im Sinne einer Rahmenstrategie bereits die Leitplanken für die Quartiersentwicklung aus energetisch-verkehrstechnischer Sicht beschrieben und Kriterien für die Gestaltung (Architekturwettbewerb) und Umsetzung des Bahnhofsquartiers vorgegeben. Diese Grundlagen sollen im Planungsfortschritt weiter ausgebaut und vorangetrieben werden.

Durch die hohe Detailschärfe ist der Teil-Energienutzungsplan nicht nur ein Instrument für die kommunale Energieplanung, sondern auch eine Unterstützung für Wirtschaftsbetriebe und alle Bürgerinnen und Bürger im Marktgebiet Holzkirchen bei der künftigen Identifizierung von Energieeinsparmaßnahmen und der Nutzung erneuerbarer Energien.

8 Quellenverzeichnis

[AMS Emission] Emission nach Fahrzeugklassen; Auto Motor Sport (2019); (https://www.auto-motor-und-sport.de/news/co2-emission-nach-fahrzeugklassen/).

[BAFA Sol] Webseite: www.solaratlas.de

[BAFA Eff] Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle; Kommunale Energieberatung/Netzwerke Kommunen – Allgemeine Informationen; Internetseite: http://www.bafa.de/bafa/de/energie/energieberatung_netzwerke_kommunen/index.html

[BMU] Endenergieverbrauch und Energieeffizienz des Verkehrs; Umweltbundesamt, 2019

[EED] Richtlinie 2012/27/EU des Europäischen Parlaments und Rates, 25.12.2012

[Enwe Oberland] Ein Baustein der digitalen Gesellschaft; https://www.metropolregion-muenchen.eu/uploads/pics/9_Pendlerhaus_Holzkirchen.pdf; Energiewende Oberland (2019), 10.02.2020

[EVU Strom] Netzabsatz Strom und Stromeinspeisung aus EEG/KWK-Anlagen durch lokale Energieversorgungsunternehmen

[EVU Erdgas] NetzabsatzdatenErdgas durch lokale Energieversorgungsunternehmen

[EU Emission] CO2-Lebenszyklusemissionen verschiedener Fahrzeug- und Kraftstoffarten; Europäische Umweltagentur (2014)

[Fernwärme] Entwurf des Fernwärmebestandes mit geplanten Ausbauszenarien; Internetseite: https://www.gw-holzkirchen.de/de/Fernwaerme/Heizzentralen-Heizwerke/Heizzentralen-Heizwerke/190405-Uebersichtsplan-ueberarbeitet-April-2019.pdf

[Integ. Mob] Integriertes Mobilitätskonzept, Holzkirchen, 2017

[Kaminkehrer] Aufstellung der installierten Heizkessel im Betrachtungsgebiet

[KBA] Gewichtungsfaktoren der Fahrzeugklassen, Kraftfahrtbundesamt, 2019

[MiD] Mobilität in Deutschland. Kurzreport Bayern. Verkehrsaufkommen – Struktur – Trends. Im Auftrag der Autobahndirektion Südbayern. Eine Studie des BMVI. Bonn, 2019

[SchGe Verkehr] Feinstaubbelastung http://www.suedumfahrung-jetzt.de/?p=1909/; Schutzgemeinschaft gegen Verkehrsbelästigung in Holzkirchen e.V. (2020) F, Stand Januar 2020 bis Oktober 2019

[Stat.Komm] Statistik Kommunal 2018 mit Redaktionsschluss März 2019

[UBA] Nachhaltige Mobilität. https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-

laerm/nachhaltige-mobilitaet; Umweltbundesamt, 2020

[VZBV] Klimabewusst unterwegs. Verkehrsmittel im Umwelt-, Zeit- und Kostenvergleich; Verbraucherzentrale, 2010

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektablauf und Akteursbeteiligung 8

Abbildung 2: Gasnetzkarte Gemeindewerke Holzkirchen GmbH [www.gw-holzkirchen.de] 12

Abbildung 3: Entwurf des Fernwärmebestandes mit geplanten Ausbauszenarien [Fernwärme] 13

Abbildung 4: Ausschnitt des 3D-Gebäudemodells der Marktgemeinde Holzkirchen 14

Abbildung 5: Gebäudestruktur der Wohngebäude in Holzkirchen nach Baujahr und Bautyp 15

Abbildung 6: Gebäudestruktur der Wohngebäude in Holzkirchen 15

Abbildung 7: Exemplarischer Ausschnitt zur Darstellung der Wärmedichte (Raumwärme-und Warmwasserbedarf, ohne Prozesswärme) auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters 16

Abbildung 8: Die Wohnflächen in Holzkirchen nach spezifischen Jahresheizwärmebedarf 17

Abbildung 9: Wärmebedarf der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2017/2018 in MWh 17

Abbildung 10: Wärmeverbrauch und Anteil der Energieträger im Jahr 2017/2018 in MWh 18

Abbildung 11: Der spez. Strombedarf in den Wohngebäuden nach Gebäudetyp 20

Abbildung 12: Strombezug der einzelnen Verbrauchergruppen im Jahr 2017/2018 in MWh 20

Abbildung 13: Strombezug und Einspeisung erneuerbarer Energieträger und KWK im Jahr 2017/2018 in MWh 22

Abbildung 14: Verkehrsströme in der Münchner Straße in Holzkirchen, eigene Darstellung 25

Abbildung 15: Fahrtzweck am Standort "Markt" in Holzkirchen, eigene Darstellung 26

Abbildung 16: Modal Split in Oberbayern, eigene Darstellung 27

Abbildung 17: *Verteilung der LIS in Südbayern* 28

Abbildung 18: *Verteilung der LIS im Süden Münchens* 28

Abbildung 19: *Verteilung der LIS in der Markgemeinde Holzkirchen* 29

Abbildung 20: *Ladeverhalten Elektromobilität, eigene Darstellung [Quelle: The Mobility House (2018): Beitrag zur Vortragsreihe auf der Messe Intersolar in München]* 32

Abbildung 21: Vergleich der durchschnittlichen Reichweiten von EV und PHEV [*Quelle: ENIANO (2019): Marktrecherche zu Elektrofahrzeugen und Plug-In-Hybrid-Fahrzeugen]* 36

Abbildung 22: Ausschnitt des Sanierungskatasters am Beispiel des KfW 70 Effizienzhaus Szenarios .. 50

Abbildung 23: Durchschnittliche Einsparung im Wärmeverbrauch nach Gebäudetyp bei einer Sanierung auf KfW 55 Effizienzhausstandard 51

Abbildung 24: Reduktion des Wärmeverbrauchs durch Sanierung des Wohngebäudebestands für definierte Sanierungstiefen 51

Abbildung 25: Beispielhafte Darstellung des Wärmeverbrauchs bei einer Sanierungsquote von 2 % über 15 Jahre bei Wohngebäuden im Markt Holzkirchen 52

Abbildung 26: Wärmebelegungsdichte pro Straßensegment auf Grundlage des gebäudescharfen Wärmekatasters 54

Abbildung 27: Trassenverlauf im Netzabschnitt „Marschall“ 55

Abbildung 28: Trassenverlauf im Netzabschnitt „Otto-Mair-Ring“ 56

Abbildung 29: CO2 – Emissionen in Gramm pro Fahrzeug-Kilometer über den gesamten Lebenszyklus am Beispiel eines Pkw der Kompaktklasse auf der Datenbasis des Umweltbundesamtes 61

Abbildung 30: CO2-Lebenszyklusemissionen verschiedener Fahrzeug- und Kraftstoffarten [EU Emission] 63

Abbildung 31: Zurückgelegte Personenkilometer nach Fahrzeugsegment 68

Abbildung 32: CO_2-Ausstoß pro Tag nach Fahrzeugsegment in t 68

Abbildung 33: Szenario 2025: 4% der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben 69

Abbildung 34: Szenario 2030: 11 % der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben 70

Abbildung 35: Szenario 2035: 28% der Pkw in Holzkirchen sind elektrisch betrieben 70

Abbildung 36: Pyramide der nachhaltigen Mobilität 74

Abbildung 37: Machbarkeitsstudie Architekt Eberhard von Angerer und Bauamt Technik 86

Abbildung 38: Der zukünftige monatliche Energiebedarf im Quartier Baumgartenstraße 87

Abbildung 39: Die geordnete Jahresdauerlinie des Gesamtwärmebedarfs in der Nahwärmeverbundlösung 89

Abbildung 40: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.0 90

Abbildung 41: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.1 91

Abbildung 42: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.2 92

Abbildung 43: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.3 93

Abbildung 44: Die Jahresdauerlinie der Variante 1.4 94

Abbildung 45: Die prognostizierten Investitionskosten 99

Abbildung 46: Die jährlichen Ausgaben 100

Abbildung 47: Die jährlichen Einnahmen 101

Abbildung 48: Die Wärmegestehungskosten 102

Abbildung 49: Die CO_2-Bilanz der verschiedenen Varianten 103

Abbildung 50: Simulation einer PV-Dachanlage [PV*SOL premium 2019] 106

Abbildung 51: Die Verbrauchs- und Erzeugungslastgänge mit Berücksichtigung der Stromspeicher ohne Berücksichtigung E-Mobilität 106

Abbildung 52: Die Verbrauchs- und Erzeugungslastgänge mit Berücksichtigung der Stromspeicher mit Berücksichtigung E-Mobilität 107

Abbildung 53: Anteile von BEV am 108

Abbildung 54: Zusammensetzung des Kraftfahrzeugbestandes nach Klassen (KBA) 109

Abbildung 55: Durchschnittliche Ankunftszeiten von Fahrzeugen am Wohnort 111

Abbildung 56: Exemplarische Darstellung der Simulation von Ladeleistungen für Winter- und Sommertage 112

Abbildung 57: Konzeption lokaler Serviceleistungen für nachhaltige private Elektromobilität im Quartier 114

Abbildung 58: Dimensionierung der Wärmeerzeuger in der Variante 2.1 und 2.2 118

Abbildung 59: Aktuelle Parkplatzbelegung P+R Ost (125 Stellplätze) 121

Abbildung 60: Herkunft der P+R Nutzer in Holzkirchen 122

Abbildung 61: Simulationsrechnung eines Szenarios für P+R Belegung und erforderliche Ladeleistung 123

Abbildung 62: Konzeption von Serviceleistungen und Geschäftsmodellen für P+R im Bahnhofsquartier 124

Abbildung 63: Aufteilung Endenergie elektrisch und thermisch auf die Verbrauchgruppen 125

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Anzahl und Leistung der installierten fossilen Heizkessel 12

Tabelle 2: Anzahl und Leistung der installierten fossilen Heizkessel 12

Tabelle 3: Die spezifischen Stromverbrauchskennwerte 19

Tabelle 4: Öffentliche und gewerbliche Stellplatzanlagen in Holzkirchen 24

Tabelle 5: Private Stellplatzanlagen in Holzkirchen 24

Tabelle 6: Typische Ladeleistung je Ladetechnologie 44

Tabelle 7: Kenndaten der Netzerweiterung „Marschall“ 56

Tabelle 8: Kenndaten der Netzerweiterung „Otto-Mair-Ring“ 57

Tabelle 9: Datengrundlagen Mobilität Holzkirchen 65

Tabelle 10: Durchschnittlicher CO2-Ausstoß in g/km nach Fahrzeugklassen 66

Tabelle 11: Gewichtungsfaktoren der Fahrzeugklassen nach KBA [KBA]Kraftfahrtbundesamt 2019): 66

Tabelle 12: Annahmen gefahrener Weg Holzkirchener Buslinien [nteg. Mob] 72

Tabelle 13: Maßnahmenkatalog 84

Tabelle 14: Zusammenfassung Wärmeversorgung Nahwärmeverbundlösung 104

Tabelle 15: Anforderungen nach KfW 40 Plus Paket 105

Tabelle 16: Die Kennzahlen zur Eigenversorgung aus Photovoltaik ohne Berücksichtigung E-Mobilität 107

Tabelle 17: Die Kennzahlen zur Eigenversorgung aus Photovoltaik mit Berücksichtigung E-Mobilität 108

Tabelle 18: Die Brennstoffkosten der Kompressionskältemaschine 116

Tabelle 19: Die resultierenden Brennstoffkosten der Absorptionskältemaschine 117

Tabelle 20: Der Energiebedarf der Liegenschaften für Strom, Wärme und Kälte 118

Tabelle 21: Ergebnisse Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Sportstätten 120

11 Anhang A: Auslastung der Parkplatzanlagen am Bahnhof Holzkirchen [Quelle: nach Transver (2015)]

Bezirk NordOst		Uhrzeit									
Straßenzug	Kapazität	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
Am Oberfeld	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	>100%	>100%	0%
Am Ladehof Ost	70	7%	7%	7%	60%	70%	71%	70%	54%	40%	23%
Am Ladehof (Frischeküche)	17	0%	12%	100%	76%	76%	76%	100%	82%	59%	29%
P 5	68	7%	37%	91%	100%	100%	96%	97%	82%	49%	26%
Erlkamer Straße Nord	0	0%	0%	0%	>100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Erlkamer Straße Mitte	23	48%	83%	74%	100%	100%	100%	83%	74%	65%	57%
Erlkamer Straße Süd	23	39%	39%	87%	87%	87%	91%	>100%	96%	65%	39%
Franz-von-Defregger-Straße	17	29%	18%	24%	24%	29%	24%	24%	24%	0%	29%
Siedlerstraße	5	20%	40%	20%	60%	60%	60%	60%	40%	20%	80%
Karl-Stieler-Straße	10	0%	0%	20%	30%	20%	20%	20%	20%	20%	10%
Südstraße	18	17%	11%	17%	11%	11%	11%	11%	11%	11%	11%
Lena-Christ-Straße	13	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Ludwig-Thoma-Straße	30	17%	20%	10%	17%	13%	20%	20%	20%	23%	20%
Wilhelm-Busch-Straße	13	15%	62%	92%	92%	92%	100%	100%	85%	69%	31%
Föchinger Straße West	11	18%	18%	82%	82%	82%	91%	100%	91%	73%	36%
Föchinger Straße Ost	10	20%	20%	30%	40%	60%	70%	70%	60%	70%	30%
Alpenblickstraße	8	0%	0%	13%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Carl-Weinberger-Straße	18	39%	33%	50%	56%	61%	78%	78%	56%	33%	50%
Wilhelm Dießl-Straße	12	0%	0%	0%	25%	42%	33%	33%	33%	25%	17%
Georg-Querl-Straße	15	47%	40%	27%	20%	13%	27%	27%	40%	47%	73%

Bezirk SüdWest		Uhrzeit									
Straßenzug	Kapazität	06:00	07:00	08:00	09:00	10:00	11:00	13:00	15:00	17:00	19:00
P 3 Nord	24	17%	25%	63%	83%	>100%	>100%	>100%	>100%	71%	50%
P 1	97	59%	67%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	96%	79%	67%
P 2 A	80	53%	94%	96%	96%	94%	96%	95%	94%	66%	40%
P 2 B	15	27%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100	80%	67%	40%
P 3 A	42	7%	62%	90%	>100%	98%	>100%	100%	88%	69%	38%
P 3 B	58	3%	47%	88%	86%	90%	>100%	98%	81%	69%	38%
Bahnhofsplatz	7	57%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	86%	71%
Haidstraße West	14	36%	50%	>100%	>100%	>100%	64%	64%	64%	57%	57%
Haidstraße Ost	0	0%	0%	>100%	>100%	>100%	0%	0%	0%	0%	0%
Max-Heimbucher-Straße	5	0%	0%	>100%	>100%	>100%	0%	60%	80%	100%	100%
Probst-Sigl-Straße Nord	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Dekan-Imminger-Straße	18	61%	56%	89%	61%	72%	56%	67%	56%	50%	50%
St.-Josef-Straße	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Zeheterstraße	13	46%	38%	23%	23%	8%	23%	23%	46%	38%	38%
Maxbauerstraße	0	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Am Olivberg	6	100%	83%	>100%	>100%	>100%	>100%	>100%	100%	67%	67%

12 Anhang A: Anbieter von öffentlichen Ladesäulen im Vergleich [Quelle: nach The Mobility House (2019)]

Anbieter	Mtl. Grundgebühr	Kosten: Aufladung AC	Anmerkung:
EnBW mobility + App	X	0,39 € /kWh	Preise gelten im Standard-Tarif. Im Vielader-Tarif gelten 0,29 € /kWh (AC) und 0,39 € / kWh (DC) bei einer monatlichen Grundgebühr von 4,99 €.
ENTEGA - Ladekarte	X	0,36 € / kWh	Für ENTEGA-Kunden. Monatsabrechnung per E-Mail. Zusätzlich: ENTEGA App "Stromtankstellen-Finder"
NATURSTROM Ladekarte	X	5,90 € / Ladevorgang	Für Energiekunden von NATURSTROM ohne Bereitstellungspreis
Maingau: ***Einfach***-StromLaden Autostromtarif mit Ladekarte & App	X	0,25 € / kWh	Preise gelten für Maingau Kunden. Zusatzkosten entstehen ab 120 min. AC- bzw. 60 min. DC-Laden
Innogy:	4,95 €	0,30 € / kWh	Tarif für regelmäßiges Laden. Alternativ: innogy ePower direct für gelegentliches Laden für 0,39 € / kWh (AC), ohne Grundgebühr.
Enspire Energie (Ökostrom)	X	25,00 € / Monat	Flatrate für Enspire-Kunden mit Vertragsbindung. Umfasst auch den Zugang zu den Roaming-Ladepunkten von ladenetz.de.
NewMotion	X	variiert	Laden mit App, RFID-Ladeschlüssel oder Ladekarte. Ladekosten werden per Lastschrift abgerechnet.
Plugsurfing	X	variiert	Laden mit Lade-App oder RFID-Ladeschlüssel (9,95 €). Plugsurfing rechnet die Ladevorgänge monatlich ab.
Telekom	X	variiert	Laden mit der Telekom Ladestrom App bei bevorzugten Ladepartnern wie Allego, Bosch, Innogy und weiteren.
ADAC e-Charge	X	variiert	Für ADAC Mitglieder. Bezahlt wird mit der EnBW mobility+ App oder mit der ADAC e-Charge Card

BMW	20,00 € Aktivierungs-gebühr, danach 0 €	0,07 €/min (Tag); 0,035 €/min (Nacht)	Exklusiv für BMW-Halter; zzgl. Ro-aming-Gebühren im Ausland
BMW	9,50 € / Monat	0,04 €/min (Tag); 0,02 €/min (Nacht)	s.o.
Volkwagen	X	5,90 €/ Lade-vorgang	Exklusiv nur für Halter eines Elektro- o-der Plug-in-Hybridfahrzeugs der Mar-ken Volkswagen, Audi oder Volkswagen Nutzfahrzeuge
Renault	X	Variiert, abhän-gig vom Betrei-ber	Exklusiv für Halter eines Renault-Elekt-roautos. Bezahlung direkt über Paypal oder per Kreditkarte.

13 Anhang C: Marktanalyse Elektrofahrzeuge

E - Kleinstwagen (und Leichtfahrzeuge)						
Modell	Leistung in kW	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km
Aixam eCity	6	45	80	6,14	AC: SchuKo 1,8 kW (3,5h)	
Microlino	15	90	126	8	AC: SchuKo/Typ 2/6 kW	
Microlino	15	90	202	14,4	AC: SchuKo/Typ 2/6 kW	
Mitsubishi EV	13,5	161	300	16	AC: SchuKo	13,5
Renault Twizy 45	7,6	45	100	6,1	AC: SchuKo (2,2 kW)	6,4
Renault Twizy 80	12,6	80	90	6,1	AC: SchuKo (2,2 kW)	
Tazzari Zero City	25	90	100	8	AC: Typ2/ 6 kW 3p)	
Twike 3	9	85	560	24,7	AC: SchuKo/CEE (3,7 kW 1p)	
Tazzari Zero EM 2 Space	30	100	100	8	AC: SchuKo 2 kW 1p	
Zhidou D2/D2s	18	85	257	17,28	AC: Typ 2	
Mittelwert	**15,17**	**87,10**	**191,50**	**11,47**		**9,95**

PHEV - Kleinstwagen (und Leichtfahrzeuge)						
Modell	Leistung in kW	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km
Aixam eCity	6	45	80	6,14	AC: SchuKo 1,8 kW (3,5h)	
Microlino	15	90	126	8	AC: SchuKo/Typ	
Microlino	15	90	202	14,4	AC: SchuKo/Typ	
Mitsubishi EV	13,5	161	300	16	AC: SchuKo	13,5
Mittelwert	**12,375**	**96,5**	**177**	**11,135**		**13,5**

E - Kleinwagen						
Modell	Leistung in kW	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km
Citroen E-Méhari	50	110	195	30	AC: Typ 1 3,7 kW 1p DC: /	20
Citroen C-Zero	49	130	150	14,8	AC: Typ 1 3,7 kW 1p DC: CHAdeMO 50 kW	13,5
e. GO Mobile e.GO Life 20	20	116	121	14,9	AC: Typ 2 3,7 kW 1p DC: /	9,9
e. GO Mobile e.GO Life 40	40	130	142	17,9	AC: Typ 2 3,7 kW 1p DC: /	
e. GO Mobile e.GO Life 60	60	152	184	23,9	AC: Typ 2 3,7 kW 1p DC: /	
Kyburz	45	120	183	19,2	AC: SchuKo 1,8 kW	
Peugeot iOn	49	130	100	14,8	AC: Typ 1 3,7 kW 1p DC: CHAdeMo 50 kW	12,6
Renault Zoe R90	68	135	175	25,9	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: /	14,6
Smart EQ fortwo	60	130	133	18,5	AC: Typ 2 4,6 kW 1p DC: /	15,1
Smart EQ forfour	60	130	130	18,5	AC: Typ 2 4,6 kW 1p DC: /	
Smart EQ fortwo cabrio	60	130	130	18,5	AC: Typ 2 4,6 kW 1p DC: /	
Twike 5	40	190	500	31,5	AC: SchuKo/CEE (3,7 kW 1p)	
Zhidou D3	30	100	257	17,52	AC: Typ2	
VW e-up!	60	130	134	18,7	AC: Typ 2 3,6 kW 1p DC: CCS 40 kW	12,7
VW e-load up!	60	130	134	18,7	AC: Typ 2 3,6 kW 1p DC: CCS 40 kW	
Mittelwert	**50,07**	**130,87**	**177,87**	**20,22**		**14,06**

PHEV - Kleinwagen							
Modell	Leistung in KW (Batterie / Gesamt)	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km	Verbrauch Benzin/Diesel in l
Mini Cooper S E Countryman	65 / 165	198	40	7,6	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	13,2	2,1
VW Golf GTE	75 / 150	222	45	8,7	AC: Typ 2 7,2 kW 2p	11,4	1,6
Mittelwert	**70 / 157,5**	**210**	**42,5**	**8,15**		**12,3**	**1,85**

E - Mittelklasse/Kompaktklasse						
Modell	Leistung in kW	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km
BMW i3	125	150	310	42,2	AC: Typ 2 7,4 kW 1p DC: CCS 50 kW	13,1
BMW i3 S	135	160	285	42,2	AC: Typ 2 7,4 kW 1p DC: CCS 50 kW	
DS 3 Crossback E-Tense	100	150	320	50	AC: Typ 2 7kW 1p DC: CCS 100 kW	
Hyundai Ioniq Elektro	88	165	280	31	AC: Typ 2 6,6kW 1p DC: CCS 74 kW	14,7
Hyundai Kona Elektro	100	155	289	39,2	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	19,5
Hyundai Kona Elektro	150	167	449	64	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	
Kia e-Niro	100	155	289	39,2	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	14,3
Kia e-Niro	150	167	455	64	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	
Kia e-Soul	110	156	277	39,2	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	14,7
Kia e-Soul	150	167	452	64	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 74 kW	
Nissan e-NV200- Evalia	80	123	200	40	AC: Typ 1 3,3-6,6kW 1p DC: CHAdeMO 50 kW	20,6
Nissan Leaf	110	144	270	40	AC: Typ 2 6,6kW 1p DC: CHAdeMO 50 kW	20,6
Nissan Leaf e+	149	158	385	62	AC: Typ 2 6,6kW 1p DC: CHAdeMO 100 kW	
Opel Ampera-e	150	150	423	60	AC: Typ 2 7,2kW 1p DC: CCS 57 kW	17,6
Peugeot e-208	100	150	340	54,3	AC: Typ 2 7,4kW 1p DC: CCS 50 kW	
Mini Electric	135	150	235	33,2	AC: Typ 2 7,4kW 1p DC: CCS 50 kW	
Renault Zoe R90 Z.E. 40	68	135	317	46,8	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: /	22
Renault Zoe Q90 Z.E. 40	65	135	300	46,8	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: /	
Renault Zoe R110	80	135	300	46,8	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: /	
Tesla Model 3 Standard Battery		209	354	52	AC: Typ 2 11 kW 3p DC: CCS 117 kW	14,1
Tesla Model 3 Mid Range		225	425	62	AC: Typ 2 11 kW 3p DC: CCS 117 kW	14,3
VW e-Golf	100	150	231	35,8	AC: Typ 2 7,2 kW 2p DC: CCS 40 kW	12,7
VW ID. Neo	150	160	330-550	83	AC: Typ 2 7 kW 2p DC: CCS 50-125 kW	
Mittelwert	**114,05**	**157,22**	**312,43**	**49,47**		**16,52**

PHEV - Mittelklasse/Kompatklasse							
Modell	Leistung in KW (Batterie / Gesamt)	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km	Verbrauch Benzin/Diesel in l
Hyundai Ionig	45 / 141	178	63	8,9	AC: Typ 2 3,3 kW 1p	13,3	1,5
Audi A3 Sportback e-tron	75 / 150	222	56	8,8	AC: Typ 2 7,2 kW 2p	12	1,8
Kia Niro Plug-in Hybrid	32 / 104	172	49	8,9	AC: Typ 2 3,3 kW 1p	9,8	1,3
Kia Optima Plug-in Hybrid	50 / 151	192	48	9,8	AC: Typ 2 3,3 kW 1p	12,3	1,6
VW Passat GTE	85 / 160	225	55	13	AC: Typ 2 3,6 kW 1p	13,2	1,6
Peugeot 508 Hybrid	80 / 165	230	40	11,8	AC: Typ 2 6,6 kW 1p		2,2
BMW 330e iPerfomance	65 / 215	225	60	11,6	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	11	1,7
BMW 225xe iPerfomance Active Tourer	65 / 165	202	41	7,6	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	11,8	2,3
Toyota Prius Plug-in Hybrid	53 / 90	162	55	8,8	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	7,2	1,2
Mitsubishi Outlander PHEV	60 / 161	170	45	12	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	13,4	1,6
DS 7 Crossback E-Tense 4x4	160 / 220	220	50	13,2	AC: Typ 2 6,6 kW 1p	17,4	2,2
Mercedes-Benz GLC 350 e 4Matic	85 / 235	235	50	13,5	AC: Typ 2 7,4 kW 2p	13,9	2,5
Mittelwert	**71,25 / 163,08**	**202,75**	**51,00**	**10,66**		**12,30**	**1,79**

Oberklasse						
Modell	Leistung in kW	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km
Audi e-tron 55	300	200	417	95	AC: Typ 2 11 kW 3p DC: CCS 150 kW	24,6
Jaguar I-Pace EV-400	294	200	470	90	AC: Typ 2 7,7 kW 3p DC: CCS >100 kW	25
Mercedes EQC 400	300	180	400	89,5	AC: Typ 2 7,4 kW 3p DC: CCS 110 kW	22,2
Polestar 2	300		500	78	AC: / DC: CCS	
Porsche Taycan	440	250	500		AC: Typ 2 22 kW 3p DC: CCS >250 kW	
Rimac Automobil Concept One	900	355	350	90	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: CCS 120 kW	
Rimac Automobil C_Two	1408	415		120	AC: Typ 2 22 kW 3p DC: CCS <250 kW	
Tesla Model 3 Long Range Dual Drive	274	233	560	79	AC: Typ 2 11 kW 3p DC: CCS 117 kW	16
Tesla Model 3 Performance Dual Drive	353	261	530	79	AC: Typ 2 11 kW 3p DC: CCS 117 kW	16
Tesla Model S Standard-Reichweite		250	520		AC: Typ 2 16,5 kW 3p DC: SC 118 kW	23,5
Tesla Model S Max. Reichweite	311	250	632	102	AC: Typ 2 16,5 kW 3p DC: SC 118 kW	
Tesla Model S Ludicrous Performance	451	250	613	102	AC: Typ 2 16,5 kW 3p DC: SC 118 kW	
Tesla Model X Max. Reichweite	311	250	565	102	AC: Typ 2 16,5 kW 3p DC: SC 118 kW	
Tesla Model X Ludicrous Performance	451	250	542	102	AC: Typ 2 16,5 kW 3p DC: SC 118 kW	
Mittelwert	**468,69**	**257,23**	**507,62**	**94,04**		**21,22**

Oberklasse - Hybrid							
Modell	Leistung in KW (Batterie / Gesamt)	Max. Geschwindigkeit in km/h	Reichweite in km	Akku-Kapazität (brutto kWh)	Laden	Energiebedarf in kWh/100km	Verbrauch Benzin/Diesel in l
BMW 745e	83 / 290	250	58	12	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	15,6	2,1
BMW i8 Coupé	105 / 275	250	55	11,6	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	14	1,8
BMW X5 xDrive45e	82 / 290	235	80		AC: Typ 2 3,7 kW 1p	23	2,1
Porsche Cayenne E-Hybrid	100 / 304	253	44	10,8	AC: Typ 2 3,6 kW 1p	20,6	3,2
Polestar 1	171 / 441	250	150	34		20	
Porsche Panamera 4 E-Hybrid	100 / 340	278	51	14,1	AC: Typ 2 3,6 kW 1p	15,9	
Porsche Panamera 4 Turbo S E-Hybrid	100 / 500	310	50	14,1	AC: Typ 2 3,6 kW 1p	16,2	2,9
Volvo V60 T8 Twin Engine	65 / 288	250	49	10,4	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	14,4	2,1
Volvo V90 T8 Twin Engine	65 / 298	250	47	10,4	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	16,3	2,4
Volvo S90 T8 Twin Engine	65 / 288	250	47	10,4	AC: Typ 2 3,7 kW 1p	16	2,4
Mercedes-Benz C 300 de	90 / 225	250	57	13,5	AC: Typ 2 7,4 kW 2p	18,7	1,4
Mercedes-Benz E 300 e	90 / 235	250	50	13,5	AC: Typ 2 7,4 kW 2p	14,5	2
Mercedes-Benz S 560 e	90 / 350	250	50	13,5	AC: Typ 2 7,4 kW 2p	20,2	2,8
Audi Q7 e-tron quattro	190 / 275	230	56	17,3	AC: Typ 2 7,2 kW 2p	19	1,9
Mittelwert	**99,71 / 314,21**	**254,00**	**60,29**	**14,28**		**17,46**	**2,26**

14 Anhang D: Maßnahmenkatalog

1. Wärmeversorgung Wohnhaus Otto-Mair-Ring 2-8

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: mittelfristig - kein akuter Handlungsbedarf

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Mittelfristig sollte die Installation einer neuen Heizungsversorgung geprüft werden. Aktuell erfolgt die Beheizung über einen Erdgaskessel aus dem Jahr 1993. Um den Zustand der Heizanlage einordnen zu können, könnte ein Heizungscheck durchgeführt werden. Daraus können Empfehlungen zur Optimierung oder zum Austausch der Anlage entnommen werden.

Evtl. ergibt sich der Anschluss an das nahegelegene Fernwärmenetz als Versorgungsvariante. In diesem Zug sollte der Anschluss des gesamten Quartiers Otto-Mair-Ring an das Fernwärmenetz betrachtet werden(siehe Punkt 9).

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten variieren je nach Energieversorgungsvariante.

CO2-Einsparung:

CO2-Minderung ist abhängig vom zukünftigen Energieträger. Durch den Anschluss an ein Fernwärmenetz mit regenerativem Wärmeerzeuger können die CO2-Emissionen um rund 70-80% gemindert werden.

2. Wärmeversorgung FW Föching

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Das Feuerwehrgebäude wir über einen Heizölkessel aus dem Jahr 1993 versorgt. Es sollte geprüft werden, ob der Anschluss an das Erdgasnetz oder die Installation alternativer Wärmeerzeuger durchgeführt werden kann. Der Heizungserneuerung sollte aufgrund der ändernden Förderlandschaft eine Fördermittelprüfung vorangehen.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten variieren je nach Energieversorgungsvariante.

CO2-Einsparung:

CO2-Minderung ist abhängig vom zukünftigen Energieträger. Durch den Anschluss an ein Fernwärmenetz mit regenerativem Wärmeerzeuger können die CO2-Emissionen um rund 70-80% gemindert werden. Durch die Umrüstung von Heizölkesseln auf Erdgaskesseln kann (bei gleichbleibendem Brennstoffeinsatz) eine CO2-Minderung von ca. 20% erreicht werden.

3. Erstellung ganzheitliches Energiekonzeptes im Bereich Baumgartenstraße

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - Projektbeginn noch unklar

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Die Gebäude in der Baumgartenstraße sind renovierungsbedürftig bzw. abbruchreif. Die Wärmeversorgung der Wohngebäude erfolgt über Ölöfen. Im Rahmen des Teil-Energienutzungsplans wurden verschiedene Energieversorgungsvarianten gegenübergestellt. Die Berechnungen haben gezeigt, dass die Fernwärmeversorgung in Kombination mit innovativen Energieversorgungs-Modellen optimale Chancen für eine kostengünstige und nachhaltige Energieversorgung bietet. Die anstehenden Sanierungsmaßnahmen bzw. die energetische Gestaltung der Gebäudehülle der Neubauten sollte daher in einem Gesamtkonzept berücksichtigt werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden. Bei der Ausarbeitung eines weiterführenden Konzepts mit umfassender technischer und wirtschaftlicher Berechnung können die Kosten ermittelt werden.

CO2-Einsparung:

Die CO2-Minderungen sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach den weiteren Berechnungen ermittelt werden.

4. Gesamtenergiekonzept für den Neubau Areal Frühlingsstraße (Wohnhaus, Bauhof Caritas Kinderhort) und Anschluss an das Fernwärmenetz

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: mittel- bis langfristig

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen, Gemeindewerke Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Ausarbeitung eines ganzheitliches Energiekonzeptes für den Neubau mit Optimierung der Gebäudehülle nach KfW-Effizienzstandard, Prüfung Anschluss an die Fernwärme und Installation einer Photovoltaikanlage mit maximaler Stromeigennutzung.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden. Bei der Ausarbeitung eines weiterführenden Konzepts mit umfassender technischer und wirtschaftlicher Berechnung können die Kosten ermittelt werden.

CO2-Einsparung:

Die CO2-Minderungen sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach den weiteren Berechnungen ermittelt werden.

5. Weitere Umrüstung der Straßenbeleuchtung auf LED

Kategorie B

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - schrittweise Umrüstung

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Durch die schrittweise Umrüstung der Ortsbeleuchtung auf moderne LED-Technik ist bereits ein Teil der Beleuchtung auf effiziente LED-Technik umgerüstet.

Dieses Vorgehen soll weiter vorangetrieben werden. Als nächsten Schritt könnte beispielsweise die Beleuchtung im Ortsteil Großhartpenning angegangen werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Ca. 770.000 €

CO2-Einsparung:

Ca. 247 t/a

6. Energieeffiziente Beleuchtung für die Turnhalle

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Für die Turnhalle sollte die Umrüstung der Beleuchtung auf LED geprüft werden. Anhand eines Beleuchtungskonzeptes sollten die Anforderungen der Beleuchtungssituationen geprüft und eine entsprechende Lichtplanung erstellt werden. Darüber hinaus liefert das Beleuchtungskonzept Aussagen zur möglichen Energie- und Kosteneinsparung der Beleuchtungsvarianten.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach einer Bestandsaufnahme abgeschätzt werden.

CO2-Einsparung:

Die CO2-Minderungen sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach den weiteren Berechnungen ermittelt werden.

7. Energiekonzept Neubau Bauhof

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - Ausbau Fernwärme noch unklar

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Ausarbeitung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes für den Neubau mit Optimierung der Gebäudehülle nach KfW-Effizienzstandard und Installation einer Photovoltaikanlage mit maximaler Stromeigennutzung. Der zukünftige Standort des Bauhofs könnte mit einer Ausbautrasse der Fernwärme zusammenfallen. Daher sollte der Fernwärmeanschluss bei der Betrachtung der möglichen Wärmeversorgungsvarianten Berücksichtigung finden, bis der weitere Fernwärmeausbau geklärt ist.

8. Optimierung und Erweiterung des bestehenden Fernwärmenetzes

Kategorie B

Priorität und zeitliche Relevanz: mittelfristig - kein akuter Handlungsbedarf

Akteure bei Umsetzung: Gemeindewerke, Gebäudeeigentümer, Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Die Gemeindewerke Holzkirchen betreiben insgesamt drei Fernwärmenetze mit einer Trassenlänge von rund 12 km. Die Wärme wird zum Großteil von hocheffizienten Erdgas-BHKW erzeugt. Die Fernwärmenetze werden durch deren Ausbau schrittweise an die 2018 errichtete Geothermieanlage erschlossen.

Die Beratungen im Zuge der Energiekarawane haben gezeigt, dass grundsätzlich ein hohes Interesse der Bürger am Anschluss an die Fernwärme vorliegt. Um das Potenzial der erschlossenen regenerativen Energiequelle maximal auszunutzen, sollte der eingeleitete Ausbau der Fernwärme fortgesetzt werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden. Insbesondere die Länge der notwendigen Fernwärmeleitung hat entscheidenden Einfluss auf die Investitionskosten und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Es muss mit Kosten in Höhe von rund 400 - 800 Euro pro Meter Trassenlänge gerechnet werden. Zudem sind Investitionskosten für den evtl. Ausbau einer Heizzentrale mit Energieerzeugern und den Übergabestationen beim Endkunden notwendig.

CO2-Einsparung:

Durch den Anschluss an ein Fernwärmenetz mit regenerativem Wärmeerzeuger können die CO2-Emissionen in den einzelnen Gebäuden um rund 70-80% gemindert werden.

9. Photovoltaik mit Stromeigennutzung auf Dächern kommunaler Liegenschaften

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - zeitnaher Projektstart sinnvoll

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Zahlreiche Liegenschaften des Marktes Holzkirchen weisen einen Stromverbrauch >10.000 kWh/a auf und werden aktuell noch vollständig mit Strom aus dem öffentlichen Netz versorgt (z.B. Turnhalle am Hallenbad, Rathaus, Realschule Holzkirchen etc.). Es soll geprüft werden, ob die Dachflächen für die Belegung mit Photovoltaik-Modulen möglich ist. Falls ja, soll eine technische Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung einer Photovoltaikanlage mit Stromeigennutzung erfolgen. Die konzeptionelle Ausarbeitung liefert eine Entscheidungsgrundlage für die sinnvolle und effiziente Eigenversorgung der kommunalen Liegenschaften mit Solarstrom.

Investitionskosten bei Umsetzung:
Die anfallenden Kosten ergeben sich aus der Anzahl und Größe der Anlagen und können aktuell nicht beziffert werden. Insbesondere die grundsätzliche Eignung der Dachflächen und die Anlagengröße haben entscheidenden Einfluss auf die Investitionskosten und die Wirtschaftlichkeit der Maßnahme. Die Kosten belaufen sich auf rund 1.000 - 1.400 Euro pro kWp.

CO2-Einsparung:
Durch die regenerative Stromerzeugung aus Photovoltaik auf den einzelnen Gebäuden können erhebliche Beiträge zur Minderung der CO2-Emissionen geleistet werden.

10. Integrales Energiekonzept für das Bahnhofsquartier

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - zeitlich abhängig von den weiteren Planungsschritten

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Das Areal um den Holzkirchner Bahnhof soll in den kommenden Jahren erneuert werden. Der Bahnhof ist aufgrund der Umstiegsfunktion vom Auto zum ÖPNV das am meisten frequentierte Gebiet von Holzkirchen. Im Rahmen des ENP wurden im Sinne einer Rahmenstrategie bereits die Leitplanken für die Quartiersentwicklung aus energetisch-verkehrstechnischer Sicht beschrieben und Kriterien für die Gestaltung (Architekturwettbewerb) und Umsetzung des Bahnhofsquartiers vorgegeben. Diese Grundlagen sollen im Planungsfortschritt weiter ausgebaut und vorangetrieben werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:
Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden. Bei der Ausarbeitung eines weiterführenden Konzepts mit umfassender technischer und wirtschaftlicher Berechnung können die Kosten ermittelt werden.

CO2-Einsparung:
Die CO2-Minderungen sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach den weiteren Berechnungen ermittelt werden.

11. Erstellung eines ganzheitlichen Energiekonzepts für den Neubau der Mittelschule am bestehenden Grundstück

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität - zeitnaher Projektstart sinnvoll

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen / Gemeindewerke Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Ausarbeitung eines ganzheitlichen Energiekonzeptes für den Neubau mit Optimierung der Gebäudehülle nach KfW-Effizienzstandard. Der Fernwärmeanschluss soll bei der Betrachtung der möglichen Wärmeversorgungsvarianten Berücksichtigung finden und mit anderen Energieträgern verglichen werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:
Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden. Bei der Ausarbeitung eines weiterführenden Konzepts mit umfassender technischer und wirtschaftlicher Berechnung können die Kosten ermittelt werden.

CO2-Einsparung:
Die CO2-Minderungen sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können erst nach den weiteren Berechnungen ermittelt werden.

12. Prüfung zum Einsatz eines BHKW / PV-Anlage in Gewerbebetrieben

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: Firmenspezifisch

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Die Auswertung der Datenerhebungsbogen und die Abstimmung mit den betreffenden Unternehmen hat ergeben, dass die Installation eines BHKW und/oder einer PV-Anlage näher betrachtet werden sollte. (Eine Auflistung der Betriebe ist aus Datenschutzgründen hier nicht möglich)

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden.

CO2-Einsparung:

Der Einsatz von KWK in den einzelnen Gebäuden kann einen erheblichen Beitrag zur Minderung der CO2-Emissionen leisten. Dies kann durch die kombinierte Strom- Und Wärmeerzeugung begründet werden, die in Summe einen deutlich höheren Wirkungsgrad als die getrennte Erzeugung aufweisen kann.

13. Abwärmenutzung in Gewerbebetrieben

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: Firmenspezifisch

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Anhand des Datenerhebungsbogens und in direkter Abstimmung konnte identifiziert werden, dass ein hohes Abwärmepotenzial besteht. Nach einer ersten Einschätzung ergibt sich ein Potenzial insbesondere in der betriebsinternen Nutzung der Abwärme. (Eine Auflistung der Betriebe ist aus Datenschutzgründen hier nicht möglich)

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden.

CO2-Einsparung:

Die Nutzung von Abwärme, die bisher an die Umgebung abgeführt werden musste, birgt große Potenziale zur Minderung der CO2-Emissionen, da hierdurch der Einsatz zusätzlicher Energieerzeuger bei den Abnehmern entfallen kann.

14. Prozessoptimierung in Gewerbebetrieben

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: Firmenspezifisch

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Anhand des Datenerhebungsbogens und in direkter Abstimmung konnte identifiziert werden, dass ein hohes Potenzial zur energetischen Optimierung von industriellen und gewerblichen Anlagen und Prozessen zur Steigerung der Energieeffizienz vorhanden ist. (Eine Auflistung der Betriebe ist aus Datenschutzgründen hier nicht möglich)

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden.

CO2-Einsparung:

Die Nutzung von Abwärme, die bisher an die Umgebung abgeführt werden musste, birgt große Potenziale zur Minderung der CO2-Emissionen, da hierdurch der Einsatz zusätzlicher Energieerzeuger bei den Abnehmern entfallen kann.

15. Fördermittelberatung in Gewerbebetrieben

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: Firmenspezifisch

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch verantwortliche Akteure der Unternehmen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Bei der direkten Abstimmung mit den Unternehmen wurde festgestellt, dass bei diesen ein Informationsbedarf hinsichtlich Fördermittel zu den Themen Energieberatung und Umsetzung investiver Maßnahmen vorherrscht. Durch eine Energie- und Fördermittelberatung könnten Maßnahme zur Effizienzsteigerung angestoßen werden. (Eine Auflistung der Betriebe ist aus Datenschutzgründen hier nicht möglich)

Investitionskosten bei Umsetzung:
Die Investitionskosten sind abhängig vom Umfang der durchzuführenden Maßnahmen und können aktuell nicht beziffert werden.

CO2-Einsparung:
Die Nutzung von Abwärme, die bisher an die Umgebung abgeführt werden musste, birgt große Potenziale zur Minderung der CO2-Emissionen, da hierdurch der Einsatz zusätzlicher Energieerzeuger bei den Abnehmern entfallen kann.

16. Austausch alter Ölheizungen im Marktgebiet

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: mittel- und langfristig, fortlaufender Prozess

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen als Initiator; Umsetzung durch Gebäudeeigentümer

Beschreibung / Nächste Schritte:

Im Rahmen der Untersuchungen wurde ermittelt, dass in Holzkirchen noch viele Ölheizungen existieren. (-> Umweltauswirkungen und Effizienz..)

Mittels gezielter Information könnte der Markt Holzkirchen insbesondere für den Anschluss an das bestehende Fernwärme- bzw.- Erdgasnetz werben. Des Weiteren könnten durch den gezielten Ausbau der Fernwärme die fossilen Energieträger, insbesondere Heizöl, weiter verdrängt werden. (siehe auch Nr. 8)

Investitionskosten bei Umsetzung:
Kosten für die Umrüstung von Heizölkessel auf z.B. Erdgaskessel oder Fernwärme: rund 10.000 Euro / Wohngebäude (Annahme Einfamilienhaus)

CO2-Einsparung:
Durch den Anschluss an ein Fernwärmenetz mit regenerativem Wärmeerzeuger können die CO2-Emissionen in den einzelnen Gebäuden um rund 70-80% gemindert werden (Minderung um rund 7 Tonnen / Wohngebäude).

17. Einführung eines Energiemonitoringsystems

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Ein wichtiges Instrument für eine möglichst effiziente und kostengünstige Energieversorgung ist die Erfassung von Energieverbrauchsdaten in regelmäßigen Zyklen. Die Auswertung und Analyse der Verbrauchsdaten ist für einen optimalen Betrieb enorm wichtig, da nur durch regelmäßige Plausibilitätsprüfungen Fehler in der Betriebsweise erkannt werden können. Des Weiteren können Maßnahmen zur Effizienzsteigerung abgeleitet werden.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Zur regelmäßigen Auswertung der Verbrauchsdaten fallen im ersten Schritt keine Kosten an. Durch den Aufbau eines Monitoringsystem mit entsprechender Software fallen Kosten von mindestens 10.000 € an.

CO2-Einsparung:

Vor allem in den energieintensiven Produktionsbereichen wie den Werkstätten ist ein regelmäßiges Monitoring mit der Bildung von relevanten spezifischen Verbrauchskennwerten enorm wichtig, um die Energiekosten möglichst gering zu halten und konkurrenzfähig zu bleiben.

18. Sicherstellung der Lademöglichkeiten der Elektrofahrzeuge in ganz Holzkirchen durch einen Gemeindeservices "nachhaltig mobil"

Kategorie A

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Gemeindewerke Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Der Einzug der Elektromobilität in Holzkirchen erfordert nicht nur die Einrichtung von Ladesäulen im Ortsgebiet, sondern aufgrund der zu erwartenden Stromlasten eine über private, gewerbliche und öffentliche Räume regelbare Bereitstellung von Ladestrom. Dies erfordert nicht nur eine Meldung, sondern einen koordinierten Aufbau und Betrieb von Ladeinfrastrukturen im gesamten Gemeindegebiet. Hierzu zählt die Einrichtung von AC-Wallboxen in privaten Garagen, bei Arbeitgebern und an P+R-Anlagen wie auch die Sicherung einer schnellen Lademöglichkeit durch DC-Ladestationen an geeigneten Plätzen mit Aufenthaltsqualität (15-30 min.) in Holzkirchen. Die Bereitstellung der Ladeinfrastrukturen und des regenerativen Stroms sollte im Rahmen eines Gemeindeservices "nachhaltig mobil" den Bürgern angeboten werden und durch die Gemeindewerke Holzkirchen erfolgen. In diesen Service können auch weitere Dienstleistungen um die Mobilität (z. B. Parken), der Immobilie (z. B. Strom, Wärme) oder den Aktivitäten (z. B. Badusa, Eisstation) integriert werden, um einen ganzheitlichen Bürgerservice zu ermöglichen.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Investitionskosten fallen zum einen für die Entwicklung eines neuen Geschäftsbereichs/-modells (Gesellschaft, Produkte, Dienste, Preismodell, Kommunikation) für den Gemeindeservice "nachhaltig mobil" bei den Gemeindewerken Holzkirchen und zum anderen für die Errichtung von öffentlichen Schnellladesäulen (nach Schätzungen der NPE ca. 24.000 Euro/Schnellladesäule inkl. Netzanschluss, Planung etc.; Teilförderung durch das BMVI oder StMWi) und die Einrichtung eines Servicemediums (Chipkarte, APP, ca. 200.000 €).

CO2-Einsparung:

Die Sicherung der leistungsfähigen Lademöglichkeit zu Hause und beim Arbeitgeber in Holzkirchen erleichtert den Bürgern den Umstieg von fossil auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge. Zusammen mit der Bereitstellung von regenerativem Strom für die Fahrzeuge kann bei dem im ENP für das Jahr 2030 in Holzkirchen ermittelten Anteil an Elektrofahrzeugen (28 %) eine jährliche CO2-Einsparung zwischen 1.000 bis 2.100 t CO2 erwartet werden (Abhängig von dem Anteil an Klein- Mittel- und Oberklassefahrzeugen).

19. Emissionsfreier Ortsbus

Kategorie C

Priorität und zeitliche Relevanz: hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Landkreis Miesbach / Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

Im Rahmen der Neugestaltung des Ortsbusses Holzkirchen (siehe Nahverkehrsplan für den Landkreis Miesbach) soll die Chance genutzt werden, elektrische Busse einzusetzen. Zudem sind die Ladestandorte zu entwickeln und gegebenenfalls in den Gemeindeservice ""nachhaltig mobil"" (siehe entsprechende Maßnahme) zu integrieren.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Anschaffungskosten von Elektrobussen variieren nach Angaben des Fraunhofer IVI von 280.000-700.000 Euro je nach Fahrzeuggröße. Diese Kosten werden durch das BMVI und BMU teils gefördert. Auch wenn ein E-Bus noch immer etwa doppelt so viel wie sein Diesel-Äquivalent kostet und dazu noch die Kosten für die Installation einer Ladeinfrastruktur kommen, ist ein E-Bus im Betrieb auf lange Sicht dennoch günstiger. Im Kostenvergleich (Total Cost of Ownership) amortisiert sich ein elektrisch betriebenes 12-Meter-Standardfahrzeug nach einer Laufleistung von etwa 42.000 Kilometern pro Jahr.

CO2-Einsparung:

Mit der Elektrifizierung im ÖPNV können auch Treibhausgase eingespart werden. Ein Diesel-Bus im Stadtverkehr bei täglichem, eng getaktetem Einsatz erzeugt jährlich knapp bis zu 79 Tonnen CO2 -Äquivalente (inklusive Vorkette). Diese werden durch den Einsatz eines emissionsfreien E-Busses bei Nutzung regenerativer Energie eingespart. So würde z. B. auf der Linie 4 in Holzkirchen (ca. 60 km Nutzwagen-Km, ein Bus) mit dem Einsatz eines emissionsfreien E-Busses pro Einsatztag 73 kg CO2, d.h. im Jahr 18,4 t CO2 eingespart werden.

20. P+R am Bahnhofsareal

Kategorie B

Priorität und zeitliche Relevanz: Hohe Priorität

Akteure bei Umsetzung: Quartiersentwicklung / Markt Holzkirchen

Beschreibung / Nächste Schritte:

P+R ist ein idealer Ort für zeitlich entzerrtes Laden von Elektrofahrzeugen aufgrund langer Standzeiten: Die größte Nutzergruppe sind Berufspendler (52 Prozent, nach ENP), die ganztägig auf dem P+R parken. Eine Berücksichtigung der Anforderungen einer ausgiebigen Ladeinfrastruktur ist im Architekturwettbewerb zwingend erforderlich. Gegebenenfalls ist P+R-Laden in den Gemeindeservice "nachhaltig mobil" (siehe Maßnahme 19) zu integrieren.

Investitionskosten bei Umsetzung:

Die Investitionskosten einer AC-Ladesäule werden von der NPE auf 7.500 Euro inkl. Netzanschluss, Planung etc. im Jahr 2020 geschätzt (Teilförderung durch das BMVI oder StMWi).

CO2-Einsparung:

Die Errichtung einer öffentlichen Ladeinfrastruktur an P+R Holzkirchen würde die Ökobilanz der Elektrofahrzeuge durch regenerativen Strom an P+R optimieren. Zudem schafft sie einen weiteren Anreiz zum Umstieg vom MIV auf den ÖV z. B. durch günstige Bepreisung des Ladestroms am P+R-Platz, wodurch Verkehr- und damit Emissionen vermieden werden. Ein Pendler mit einem fossil angetriebenen Kfz (Kompaktwagen, 35 km einfach) emittiert lokal 6,3 kg CO2 pro Fahrt aus. Bei Anfahrt mit einem Elektrofahrzeug (10 km) und Umstieg auf die S-Bahn (25 km) reduziert sich der CO2-Ausstoß auf null.