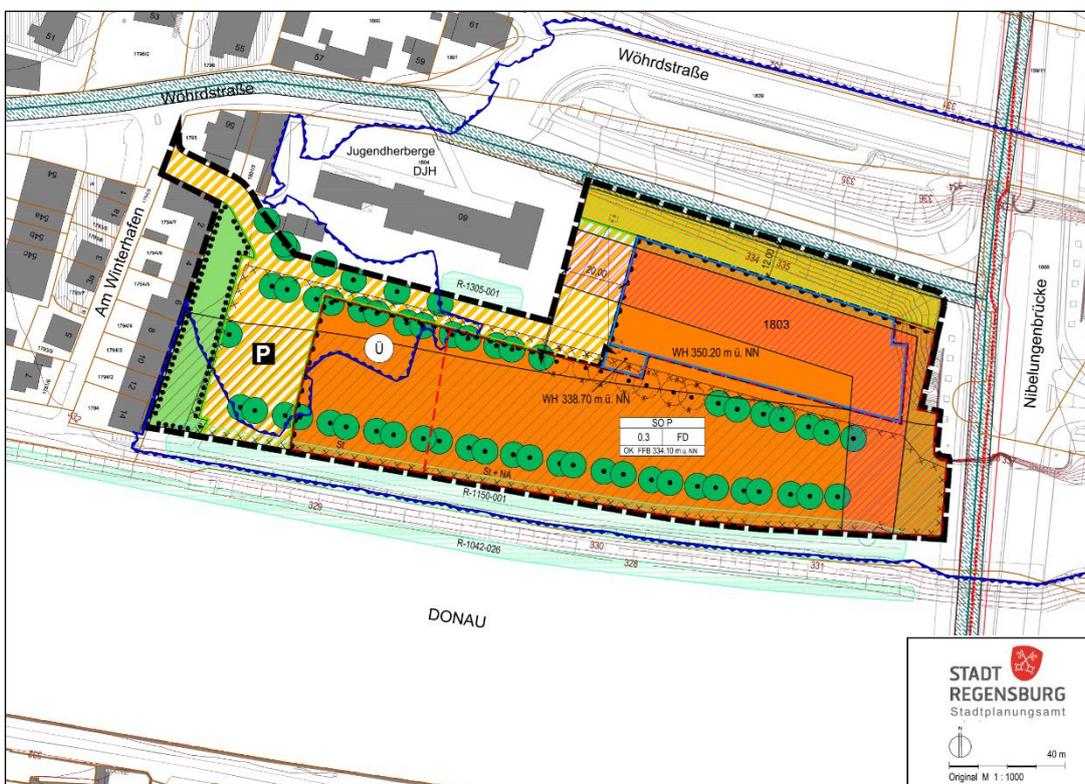


Energiekonzept für den Bebauungsplan Nr. 279

„Mobilitätsdrehscheibe Unterer Wöhrd“

Endbericht



Regensburg, 08.07.2025

Auftraggeber: Stadt Regensburg
Stadtplanungsamt
D.-Martin-Luther-Straße 1
93047 Regensburg



Auftragnehmer: Luxgreen Climadesign GmbH
Kumpfmühler Straße 3
93047 Regensburg
Geschäftsführer Tobias Saller



Vergabenummer: 22 H 040

Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse des nachfolgenden Berichts nur in Verbindung der im Untersuchungsbericht dargelegten Randbedingungen zu verstehen sind. Bei Änderung der Randbedingungen ändern sich dementsprechend die Ergebnisse.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	3
1 Einführung.....	5
1.1 Anlass und Vorgehen der Untersuchung.....	5
1.2 Örtliche Besichtigung.....	6
1.3 Grundlagenbewertung.....	8
2 Analyse des Ist-Zustands.....	9
2.1 Bewertung und Analyse der energetischen Ausgangssituation.....	9
2.1.1 Thermischer Energiebedarf.....	9
2.1.2 Elektrischer Energiebedarf.....	11
2.2 Gesamtübersicht Energiebedarfe.....	14
2.3 Energieinfrastruktur.....	15
3 Potentialanalyse der energetischen Möglichkeiten.....	16
3.1 Photovoltaik.....	16
3.2 Versorgung der Wärmeerzeuger.....	18
3.3 Umweltwärme.....	18
3.3.1 Erdwärmennutzung.....	19
3.3.2 Grundwasserwärmennutzung.....	21
3.3.3 Abwasserwärmennutzung.....	21
3.3.4 Luftwärmennutzung.....	22
3.3.5 Flusswasserwärmennutzung.....	22
3.4 Fernwärmennutzung.....	23
3.5 Konventionelle Erzeuger.....	23
4 Energiekonzept.....	25
4.1 Rahmenbedingungen.....	25
4.2 Variante 1 – Altes Eisstadion.....	25
4.2.1 Wärme.....	25
4.2.2 Strom.....	27
4.3 Variante 2 – Altes Eisstadion + Unterer Wöhrd.....	29
4.3.1 Wärme.....	29
4.3.2 Strom.....	31
5 Maßnahmenvorschläge.....	32

Inhaltsverzeichnis	4
6 Zusammenfassung.....	36
Literaturverzeichnis.....	41
Abbildungsverzeichnis.....	42
Tabellenverzeichnis.....	43

1 Einführung

1.1 Anlass und Vorgehen der Untersuchung

Das Grundstück der geplanten Bebauung (auch ehemaliges Eisstadion genannt) befindet sich nord-östlich des Zentrums von Regensburg, in unmittelbarer Nähe zur Nibelungenbrücke. Im Zuge der Erweiterung der innerstädtischen Parkmöglichkeiten hat die Stadt Regensburg mit dem Bebauungsplan Nr. 279 die Realisierung einer großflächigen Parkierungsanlage angestoßen. Laut Angaben der Stadt Regensburg soll die derzeitige Parkfläche durch bauliche und planerische Maßnahmen auf bis zu 1.000 Stellplätze erweitert werden. Dabei findet sowohl eine Umstrukturierung der oberirdischen Parkplätze als auch die Errichtung eines mehrgeschossigen Parkhauses statt. Ein Teil des Bebauungsplans liegt westlich innerhalb eines festgelegten Überschwemmungsgebiets. Der Untersuchungsraum besitzt eine Gesamtfläche in Höhe von ca. 2,2 ha und somit ein hohes Potential für die Verkehrsentlastung innerhalb des Stadtgebiets sowie für die Erzeugung erneuerbarer Energien.

Das Büro Luxgreen Climadesign GmbH wurde im Zuge der Erweiterung des Parkangebots von der Stadt Regensburg für die Erstellung eines Energiegutachtens, bzw. eines Energienutzungskonzeptes, beauftragt. Dieser Bericht fasst die Ergebnisse der Untersuchungen im Betrachtungsraum aggregiert zusammen und liefert mögliche Maßnahmen und Handlungsvorschläge für das weitere Vorgehen im Hinblick auf die Nutzung erneuerbarer Energie im Untersuchungsgebiet. Darüber hinaus werden auch Perspektiven über die Grenzen des Bebauungsplans hinaus aufgezeigt und erläutert.

Im ersten Schritt werden die örtlichen Randbedingungen in Form einer Besichtigung des Betrachtungsraums untersucht sowie bestehende Anforderungen und Grundlagen ermittelt und dokumentiert. Weiterhin werden derzeitige und zukünftige Energiebedarfe systematisch und bilanziell erfasst und auf deren Grundlage Potentiale zur energetischen Versorgung eingeordnet und beschrieben, nachdem sie erhoben wurden. Mit dem Hintergrund einer regenerativen Energiebereitstellung werden im nächsten Schritt Konzepte beschrieben, aus denen Erkenntnisse zur Entscheidungsfindung möglicher Vorgehensweisen für die Energienutzung hervorgehen. Abschließend werden konkrete Maßnahmenvorschläge formuliert, die auf Grundlage der vorangegangenen Untersuchungen als Handlungsempfehlungen dienen.

Alle in diesem Bericht getroffenen Annahmen und Untersuchungen beziehen sich auf die gelieferten Informationen der Stadt Regensburg. Es gilt der aktuelle Bebauungsplanentwurf BP 279 (Stand 21.01.2025), den die Firma Luxgreen Climadesign GmbH am 07.02.2025 erhalten hat, sowie die Ausschreibungsinformationen und das Auftragschreiben vom 28.01.2025.

1.2 Örtliche Besichtigung

Um einen Eindruck des Untersuchungsgebiets zu erhalten, wurde eine Besichtigung durchgeführt und markante örtliche Gegebenheiten photographisch dokumentiert. Folgende Abbildungen zeigen die Ergebnisse dieser Begehung:



Abbildung 1: Blick von Nibelungenbrücke Richtung Wöhrdstraße



Abbildung 2: Blick von Nibelungenbrücke auf Parkfläche



Abbildung 3: Blick auf Allee am Donauufer



Abbildung 4: Blick von Auffahrt Nibelungenbrücke auf Parkfläche



Abbildung 5: Blick von Wöhrdstraße auf DJH-Jugendherberge



Abbildung 6: Auffahrt Wöhrdstraße

Aus der ersten Betrachtung des Untersuchungsgebiets und den Erläuterungen der Stadt Regensburg geht hervor, dass die südlich angrenzende Allee, parallel zur Donau, nicht verändert werden soll. Bäume und Grünflächen sollen vollständig erhalten bleiben, dies wird im Umfang dieser energetischen Untersuchungen entsprechend berücksichtigt.

Gemäß den Angaben der Stadt Regensburg besteht im gesamten Gebiet ein erhöhtes Hochwasserrisiko, ein Teil des Bebauungsplans liegt weiterhin innerhalb eines festgesetzten Überschwemmungsgebiets, dessen Grenze innerhalb des Bebauungsplans verläuft. Im Rahmen eines Planfeststellungsverfahrens für Hochwasserschutz, das frühestens 2025 abgeschlossen wird, soll die Ausweisung dieses Teilbereichs ermöglicht werden. Maßnahmen zur Entwässerung, die Einfluss auf die energetische Konzeptionierung haben können, müssen dementsprechend nicht in den nachfolgenden Untersuchungen aufgegriffen werden, da ausschließlich oberirdische Stellplätze betroffen sind.

Zur Aufstellung des Bebauungsplans wird eine Änderung des Flächennutzungsplanes der Stadt Regensburg eingeleitet. Unter vorbehaltlicher Gestaltung soll das zuvor als Grünfläche, mit Zweckbestimmung Sport und Parkanlage ausgewiesene Grundstück im Bereich des alten Eisstadions künftig als Sondergebiet „Parkierungsanlage und ergänzende Nutzungen im Bereich Mobilität und Logistik“ ausgewiesen werden, um ein möglichst hohes Maß an planerischer Flexibilität zu gewährleisten. Der Grünstreifen parallel zur Donau soll auch im Flächennutzungsplan unverändert als Grünfläche bestehen bleiben.

Weiterhin trat der Jugendherbergsverband (J) nach den Angaben der Stadt Regensburg von einem geplanten Flächentausch und einem damit verbundenen Abbruch der historischen Jugendherberge im Nordwesten des Bebauungsplans zurück, sodass dieses Gebäude im Bestand vorerst bestehen bleibt.



Abbildung 7: Änderung FNP, im Bereich „altes Eisstadion“

1.3 Grundlagenbewertung



Abbildung 8: Entwurf Bebauungsplan Nr. 279, altes Eisstadion, Stadt Regensburg

Als Grundlage aller nachfolgenden Betrachtungen und Überlegungen diene der Entwurf des Bebauungsplans Nr. 279 (siehe Abbildung 8), der durch die Stadt Regensburg erstellt und zur Verfügung gestellt wurde (Stand 21.01.2025). Daraus ersichtlich wird die Verortung des zu entstehenden Parkhauses, der Geltungsbereich des Bebauungsplans als auch die Fläche des regulären Parkplatzes. Laut Angaben der Stadt Regensburg sollen auf einer Bruttogrundfläche von ca. 22.000 m² insgesamt Parkmöglichkeiten für bis zu 1.000 Fahrzeuge entstehen.

Weiterhin wurde durch die Stadt Regensburg eine Baugrund- und Altlasten-Untersuchung sowie ein geotechnischer Bericht der TAUW GmbH zur Verfügung gestellt.

2 Analyse des Ist-Zustands

2.1 Bewertung und Analyse der energetischen Ausgangssituation

Da das betrachtete Gelände derzeit lediglich als oberirdischer Parkplatz ohne bauliche Einrichtungen genutzt wird, gibt es keine existenten Wärmebedarfe. Zur sinnvollen Dimensionierung des zu entstehenden Energieversorgungssystems muss deshalb auf Grundlage von Erfahrungswerten, Berechnungsverfahren und Fachkenntnissen prognostiziert werden, welche Wärme- und Strommenge künftig durch die energetische Versorgung bereitgestellt werden soll. Folgende Berechnungen und Annahmen basieren auf dem derzeitigen Informationsstand und sind demnach nur als vorläufige Richtwerte zu verstehen.

2.1.1 Thermischer Energiebedarf

Altes Eisstadion

Bei der Betrachtung des Wärmebedarfs von Parkeinrichtungen muss beachtet werden, dass sich der Energiebedarf aufgrund der Nutzungsart fast ausschließlich auf Strom beschränkt. Eventuelle Wärmeverbraucher stellen, nach derzeitigem Planungsstand, lediglich Sanitäreinrichtungen und drei Aufenthaltsräume dar, die nur eine geringe Wärmemenge voraussetzen. Der Raumwärmebedarf von diesen Einrichtungen ist abhängig von den baulichen Gegebenheiten, der beheizten Grundfläche und dem Umfang der Erwärmung. In Parkhäusern werden die Sanitärräume in der Regel lediglich aus Frostschutzgründen beheizt werden. Dies ist nur bei sehr geringen Temperaturen und dementsprechend nur an wenigen Zeitpunkten im Jahresverlauf notwendig.

Aufgrund aktueller Pläne und Vorgaben wird eine grobe Ermittlung des notwendigen Heiz- und Raumwärmebedarfs sowie der notwendigen Leistungen mit dem GEG-Standard vorgesehen. Es wird jedoch angenommen, dass der Wärmebedarf am Standort angesichts des restlichen, elektrischen Energiebedarfs nahezu vernachlässigbar ist.

Eine vorläufige Berechnung des Raumheiz- und Warmwasserbedarfs am Standort „altes Eisstadion“ kann auf Grundlage aktueller Grundrisse stattfinden.

Auf Grundlage der Pläne wurde eine Schätzung des Wärmebedarfs gemäß GEG-Energiestandard durchgeführt. Das Parkhaus benötigt keine Wärmeversorgung. Das Nebengebäude mit Sanitäreinrichtungen und Aufenthaltsräumen für das Personal kann vorzugsweise durch eine Wärmepumpe beheizt werden. Es wäre empfehlenswert, die öffentlichen Sanitäreinrichtungen nur mit Kaltwasser zu versorgen und die Personaltoiletten und die Küche mit einem Durchlauferhitzer auszustatten.

Inselgebiet „Unterer Wöhrd“

Im Rahmen der Auseinandersetzung mit den Energiebedarfen am Standort wurden weiterführend auch der Wärmebedarf im gesamten Gebiet „Unterer Wöhrd“ untersucht. Dieser Bedarf kann perspektivisch durch Wärmeerzeuger am Standort „altes Eisstadion“ versorgt werden. Das Untersuchungsgebiet könnte dementsprechend als Ausgangspunkt der regenerativen Wärmeversorgung des gesamten Inselgebiet dienen, wodurch das Ziel der Stadt Regensburg, Klimaneutralität bis 2035 zu erreichen, verwirklicht werden kann (siehe Kapitel 4.3)

Nach dem Energienutzungsplan der Stadt Regensburg [1] sowie des öffentlichen Datensatzes des Hotmaps Consortiums [2] kann ein Wärmebedarf in Höhe von ca. 7.000 MWh pro Jahr abgeschätzt werden (siehe Abbildung 9).

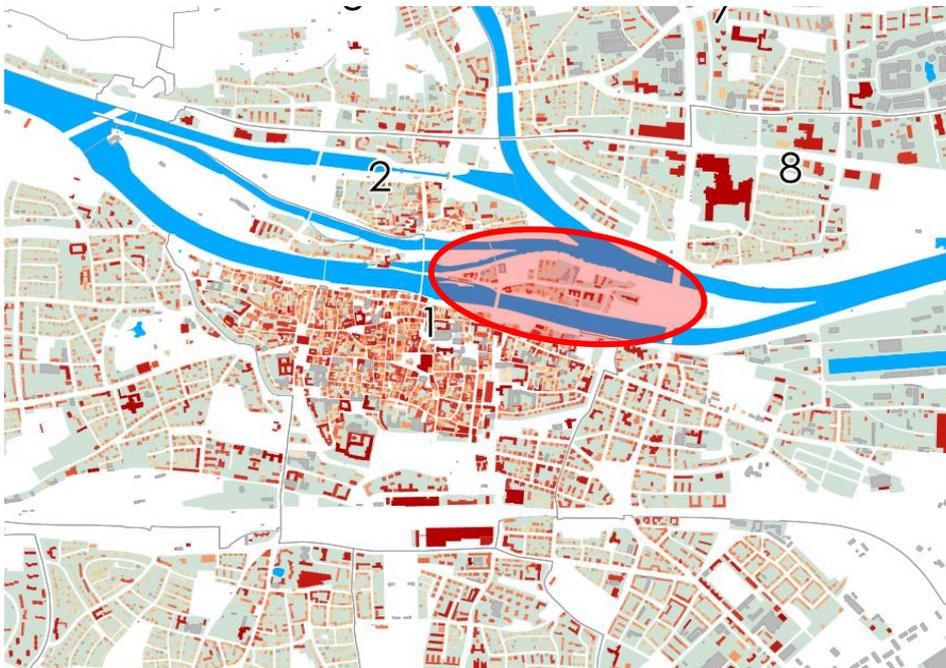


Abbildung 9: Ausschnitt ENP Regensburg, Wärmebedarfsabschätzung pro Gebäude

2.1.2 Elektrischer Energiebedarf

Da der Verbrauch an elektrischer Energie von einer Vielzahl an Faktoren abhängig ist, die nicht immer abschätzbar sind, kann bei dessen Berechnung lediglich ein grober Orientierungswert verwendet werden. Große Verbraucher elektrischer Energie im vorliegenden Fall sind Beleuchtung und E-Mobilität. Die notwendigen Energiemengen sollen größtmöglich durch lokale PV-Anlagen auf den Dächern, Freiflächen und Fassaden des Untersuchungsgebiets, bzw. des Baukörpers, gedeckt werden. Vorab wurde eine vorläufige Ertragsprognose auf Grundlage der voraussichtlich nutzbaren Flächen im Bebauungsplan erstellt, die den möglichen Umfang der PV-Installationen und dessen Potential darstellt (siehe Kapitel 3.1).

Beleuchtung/Nutzstrom

Die Beleuchtung in Parkhäusern muss gemäß der deutschen Arbeitsstättenverordnung ausreichend sein, um eine sichere Nutzung des Parkhauses zu gewährleisten. Dies bedeutet, dass Parkhäuser eine Mindestbeleuchtungsstärke von 50 Lux in den Fahrwegen und 100 Lux an den Stellplätzen haben müssen. Im Zuge der Untersuchung wird ein Vergleichsobjekt aus Regensburg herangezogen, aus dem ein spezifischer Gesamtstrombedarf (exkl. E-Mobilität) in Höhe von 252,8 kWh pro Stellplatz ermittelt wurde. Bei einer Stellplatzzahl von 1.000 ergibt sich so eine voraussichtlich erforderliche Energiemenge von ca. 253 MWh. Es wird davon ausgegangen, dass eine natürliche Belüftung des Parkhauses möglich ist.

Wärmeerzeugung

Neben dem reinen Strombedarf für die Beleuchtung und E-Mobilität muss auch der Energieverbrauch zur Wärmeerzeugung betrachtet werden. Die Wärmeerzeugung erfolgt in modernen Energiesystemen vorrangig durch Wärmepumpen, die mit der eingesetzten elektrischen Energie, ein Vielfaches an Wärme erzeugen können. Die Nutzung von Wärmepumpen für das Nebengebäude mit Sanitäreinrichtungen und Aufenthaltsräumen würde sich anbieten. Möglicherweise steht die Verwendung nicht im Verhältnis zum Nutzen der Wärmepumpenanlage, konkretere Abwägungen können jedoch erst in der detaillierteren Planung durchgeführt werden. Da der elektrische Energiebedarf der Wärmeerzeugung im Vergleich zu Beleuchtung und E-Mobilität sehr gering ausfällt wurde die Bilanzierung des elektrischen Energiebedarfs in einer Simulation als Bürostruktur grob berechnet. Der geringe Verbrauch hat jedoch keine großen Auswirkungen auf das bisherige Konzept. Bei Erhalt detaillierterer Pläne oder neuer Erkenntnisse können noch genauere Berechnungen durchgeführt werden.

E-Mobilität

Im Hinblick auf E-Mobilität wird ein Szenario betrachtet, in dem sich künftigen Rahmenbedingungen, Förderungen und technologische Fortschritte stark an den Klimazielen der Bundesregierung orientieren [3]. Zurückzuführen ist die Annahme des klimaorientierten Szenarios auf den stetig immer schneller wachsenden E-Mobilitätssektor sowie auf den Beschluss des EU-Parlaments, den Verkauf von Benzin- und Dieselfahrzeugen bis 2035 zu verbieten [4]. Somit wird mit

einer Durchdringung im Individualverkehr von 100 % bis 2050 gerechnet [5]. Bei der Bestimmung des Umfangs des künftigen Aufbaus von Lade- und Leitungsinfrastruktur bei Nichtwohngebäuden wurde das Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz [6] herangezogen. Dieses schreibt gemäß §7, Abschnitt 3 vor, dass in jedem neu zu errichtendem Nichtwohngebäude mit mehr als sechs Stellplätzen mindestens ein Ladepunkt realisiert werden muss. Weiterhin soll jeder dritte Stellplatz mit der Leitungsinfrastruktur für E-Mobilität ausgestattet sein.

Ausgehend davon, dass künftig jeder dritte Standort bis 2050 aufgrund der vollständigen Durchdringung mit einer Ladesäule ausgestattet wird (334 Ladesäulen im vorliegenden Bebauungsplan), ergibt sich bei einer Nutzung der Säulen über einen Zeitraum von durchschnittlich 8 Stunden pro Tag eine jährliche zu erzeugende Energiemenge in Höhe von ca. 2.146 MWh im Jahr 2050. Da es bei der Speicherung und dem Transport von Strom zu Verlusten kommt, muss diese Energiemenge mit einem Verlustfaktor verrechnet werden. Aus bereits durchgeführten Simulationen vergleichbarer Größenordnung ergibt sich ein Faktor von 1,185. Die erforderliche Energiemenge bis 2050 entspricht demnach ca. 2.543 MWh. Es gilt zu erwähnen, dass sich der Verlustfaktor nur auf die Strommenge und nicht auf die erforderlichen Ladeleistungen auswirkt.

Bei dieser Berechnung wird zudem von der Umsetzung eines Lademanagementsystems ausgegangen, weshalb bei einer geladenen Strommenge von durchschnittlich 8 kWh pro Ladung ein Gleichzeitigkeitsfaktor der Ladesäulennutzung von 0,18 angesetzt wird. Diese Annahme stützt sich auf den Ergebnissen einer Studie des World Electric Vehicle Journal [7] zu Gleichzeitigkeitsfaktoren öffentlicher Ladepunkte in Deutschland, die eine Abschätzung von realisierbaren Gleichzeitigkeitsfaktoren bei verschiedenen Lademanagementstrategien ermöglicht. Mit dem Ziel, eine möglichst regenerative Energieversorgung umzusetzen, wird ein Faktor im Kontext einer CO₂-Optimierungsstrategie angesetzt, siehe Abbildung 10.

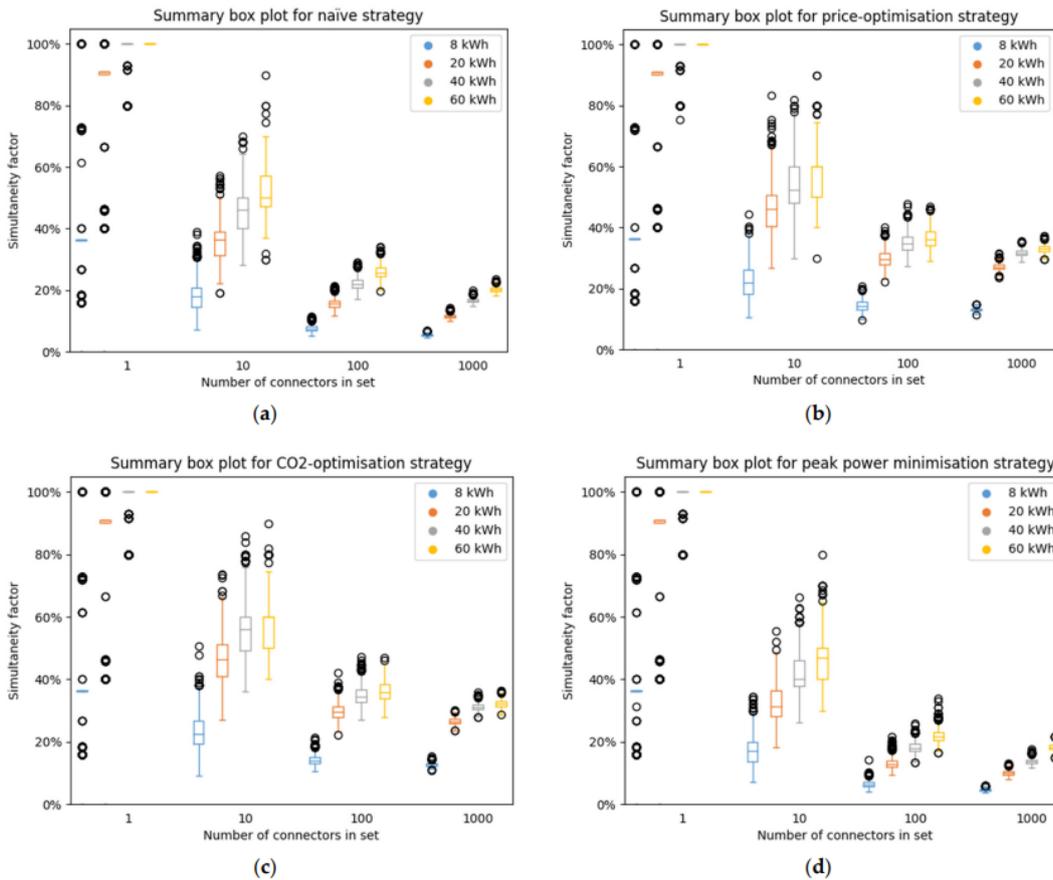


Figure 18. Summary of the simultaneity factors assuming for (a) naive charging; (b) price-optimised charging; (c) CO₂ intensity optimised charging; (d) peak power optimised charging. The plots summarise the information given in Figures A3–A6. For each combination of number of connectors per set and energy per charge event, 1000 sets were randomly created, and the results displayed in the box and whiskers plots in this figure. For example, when applying the CO₂-optimisation strategy, a random selection of 100 connectors lead to a median simultaneity factor of 30% if a 20 kWh per charge event were assumed with outliers ranging from 20% to 42%.

Abbildung 10: Gleichzeitigkeitsfaktoren an öffentlichen Ladesäulen, VBEW

Nachfolgende Abbildung zeigt die voraussichtlich, unter den oben beschriebenen Parametern, notwendigen Energiemengen für E-Mobilität von 2025 bis 2050:

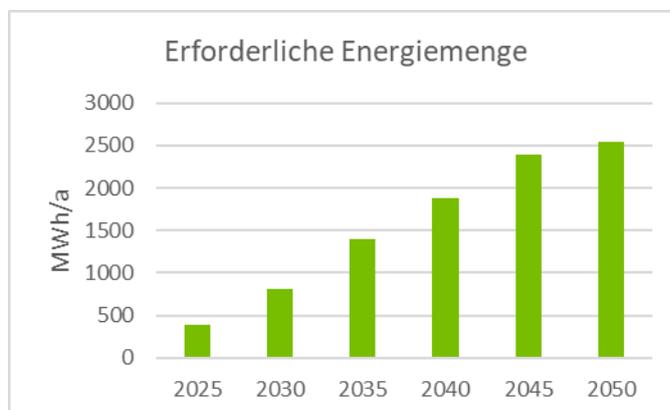


Abbildung 11: Prognose elektrische Energiemengen, E-Mobilität

Weiterhin wird bei dieser vorläufigen Berechnung angesetzt, dass jede Ladesäule eine Ladeleistung von 11 kW besitzt. Realistisch werden jedoch Ladesäulen mit unterschiedlichen Leistungen umgesetzt. Dies muss in einer gesonderten Untersuchung bzw. in einer zu entwickelnden Ladesäulenstrategie in der weiteren Detailplanung, insbesondere der Stromverteilanlagen festgelegt werden. Unterschieden wird im öffentlichen Verkehr zwischen Normalladepunkten (3,7 bis 22 kW) und Schnellladepunkten (50 bis 350 kW). Dabei gilt zu erwähnen, dass nicht die gesamte Leistung zu Beginn bereitstehen muss. Aus wirtschaftlichen Gründen empfiehlt sich ein sukzessiver Ausbau der Ladeinfrastruktur (inkl. Transformatoren, siehe Kapitel 2.3) am Standort. Hierfür ist in den späteren Planungsprozessen die Erstellung eines Flächenkonzepts (Ladeinfrastrukturstrategie) in Hinblick auf E-Mobilität notwendig.

2.2 Gesamtübersicht Energiebedarfe

Energienmenge		2030	2040	2050
Strom	Wärmeerzeugung	6,8 MWh	6,8 MWh	6,8 MWh
	Beleuchtung/ Nutzstrom	253 MWh	253 MWh	253 MWh
	E-Mobilität	812 MWh	1.878 MWh	2.543 MWh
	Gesamt	1.072 MWh	2.137 MWh	2.802 MWh

Tabelle 1: Übersicht prognostizierte elektrische Energiemengen bis 2030-2050

Als vorhandener thermischer Energiebedarf (Wärme) wird nur der potenzielle Bedarf des gesamten Gebiets „Unterer Wöhrd“ angenommen, falls dieses versorgt werden soll. Dieser beläuft sich auf ca. 7.000 MWh pro Jahr. Der Wärmebedarf des Parkhauses wird aufgrund der vorliegenden Datenbasis als mengenmäßig nicht relevant eingestuft. Das Nebengebäude hingegen benötigt eine Wärmeversorgung, welche berücksichtigt wurde.

Bei den in diesem Kapitel erhobenen Energiewerten handelt es sich lediglich um Vorabschätzungen auf Grundlage der bisher gelieferten Daten, dementsprechend müssen diese bei Eingang neuer Erkenntnisse und Festlegungen angepasst werden. Sie sind derzeit nur als Richtwerte zu verstehen, da Entscheidungen und neue Vorgaben der Stadt Regensburg großen Einfluss auf die angesetzten Parameter haben können.

2.3 Energieinfrastruktur

Zur Deckung der oben beschriebenen Energiebedarfe ist eine ausreichend vorhandene Energieinfrastruktur erforderlich. Die Anschlussleistungen müssen mindestens dem geplanten Energiesystemen entsprechen und eine Absicherung der notwendigen Leistungen darstellen.

Da vor allem die Versorgung der E-Mobilität einen hohen elektrischen Energiebedarf verursacht und die lokale Erzeugung von PV-Strom diesen Bedarf nicht immer ausreichend decken kann, muss der Netzanschluss im Untersuchungsgebiet ausreichend groß sichergestellt sein. Um dies zu gewährleisten, muss eine Anfrage an den lokalen Energieversorger gestellt werden, wie umfangreich das Stromnetz am Standort genutzt werden kann. Alle elektrischen Verbraucher dürfen deshalb in der Regel nicht mehr Leistung benötigen als die, die am Standort bezogen werden kann. Dennoch ist es energetisch am sinnvollsten, einen möglichst großen Anteil der Energiemenge, die diese Verbraucher benötigen, durch die eigene PV-Anlage zu decken (siehe Kapitel 3.1). Maßgeblich für die Dimensionierung des Transformators ist die Größere ein- oder ausgespeiste elektrische Energiemenge. Da aufgrund der E-Mobilität perspektivisch ein sehr hoher Stromleistungsbedarf vorhanden sein wird, ist letztlich eine Transformatoranlage, die für die Ausspeisung (Netzbezug) dieses Stroms ausreichend ist, wenn obiges Szenario eintritt, ebenfalls für die PV-Netzeinspeisung ausreichend dimensioniert.

Es muss beachtet werden, dass die sukzessive Erweiterung der Ladesäuleninfrastruktur am Standort bis 2050 eine ausreichende, planerische Platzvorhaltung für Transformatoren innerhalb des Bebauungsplans, bzw. der Energiezentrale, notwendig macht. Eine sofortige Dimensionierung auf den erwarteten Stromverkehr im Jahr 2050 macht aus wirtschaftlichen und technischen Gründen möglicherweise keinen Sinn, dennoch muss die anfänglich hergestellte Transformatorleistung mindestens der geplanten PV-Anlage (oder der anfangs geplanten E-Mobilität) entsprechen. Die modulare Erweiterung der Transformatoren soll anschließend in zeitlicher Abstimmung mit dem Ausbau der Ladesäuleninfrastruktur am Standort geschehen. Hierfür muss ein Ausbauplan in Form einer Strategie für die Ladeinfrastruktur in Hinblick auf Leistungen und Flächenbedarfen am Standort angefertigt werden.

3 Potentialanalyse der energetischen Möglichkeiten

3.1 Photovoltaik

Um das PV-Potenzial zu ermitteln, wird der übermittelte Bebauungsplan und die zur Verfügung gestellten Grundrisse zugrunde gelegt. Die umliegenden und angrenzenden Bäume und Strukturen wurden in die Simulation mit einbezogen. Das betrifft etwa die Bäume am Donauufer und die grobe Gestalt der Nibelungenbrücke sowie die grobe Gebäudestruktur der Jugendherberge nebenan. Die Nibelungenbrücke wird durch die Bäume am Ufer deutlich überragt. Aus diesem Grund wurde für die Bäume eine Höhe von 20 m angenommen.

Das Gebäude des Parkhauses wurde gemäß der Verortung innerhalb des vorläufigen Bebauungsplans platziert. Für die Simulation werden Solarmodule mit einem theoretischen Wirkungsgrad in Höhe von 20,8 % verwendet. Die Simulationssoftware greift auf meteorologische Daten zurück, die von nationalen und internationalen Wetterdiensten bereitgestellt werden und standortspezifische Werte zu Sonneneinstrahlung und Wetterbedingungen im Jahresverlauf liefern.

Dachfläche

In der Simulation wird das Flachdach mit einer Aufständering in V-Form belegt, die Module sind dabei annäherungsweise in Ost-West-Richtung ausgerichtet. Diese Ausrichtung sorgt für eine gute Verteilung bzw. flexiblere Stromerzeugung über den Tagesverlauf hinweg. Falls ein Parkdeck geplant ist, können die Module auf statisch ausreichend tragfähigen Trapezdächern oberhalb der Parkplätze installiert werden, um alle Flächen des Baukörpers optimal zu nutzen und den solaren Ertrag zu erhöhen.

Der Aufständeringwinkel der Module wurde mit 10° angesetzt. Der Mindestabstand der Module zu den Dachrändern beträgt 1,0 m, der Abstand zwischen den Reihen liegt bei 0,3 m. Mit den ermittelten 1.102 Modulen kann eine Gesamtpitzenleistung von ca. 441 kWp, sowie eine jährliche Energiemenge von ca. 456 MWh erzeugt werden. Verschattungen auf den Dachflächen durch umliegende Strukturen existieren aufgrund der Gebäudehöhe von mindestens 16 m nicht.

Simulationsmodell

Nachfolgend werden die Simulationsergebnisse aus den oben beschriebenen Untersuchungen dargestellt und evaluiert. Es gilt zu beachten, dass diese Ergebnisse vorerst nur als Richtwerte zu verstehen sind. Bei Eingang neuer Informationen und genauerer Pläne der Dachgestaltung müssen ggf. Anpassungen durchgeführt werden. Nachfolgende Abbildung zeigt das den Berechnungen zugrundeliegende Simulationsmodell. Bei der Belegung wurde ein möglichst hoher Belegungsfaktor angestrebt, unter Beachtung praxisnaher Modul- und Randabstände. Die nachfolgenden Simulationsergebnisse sollen das maximal mögliche PV-Potential darstellen.

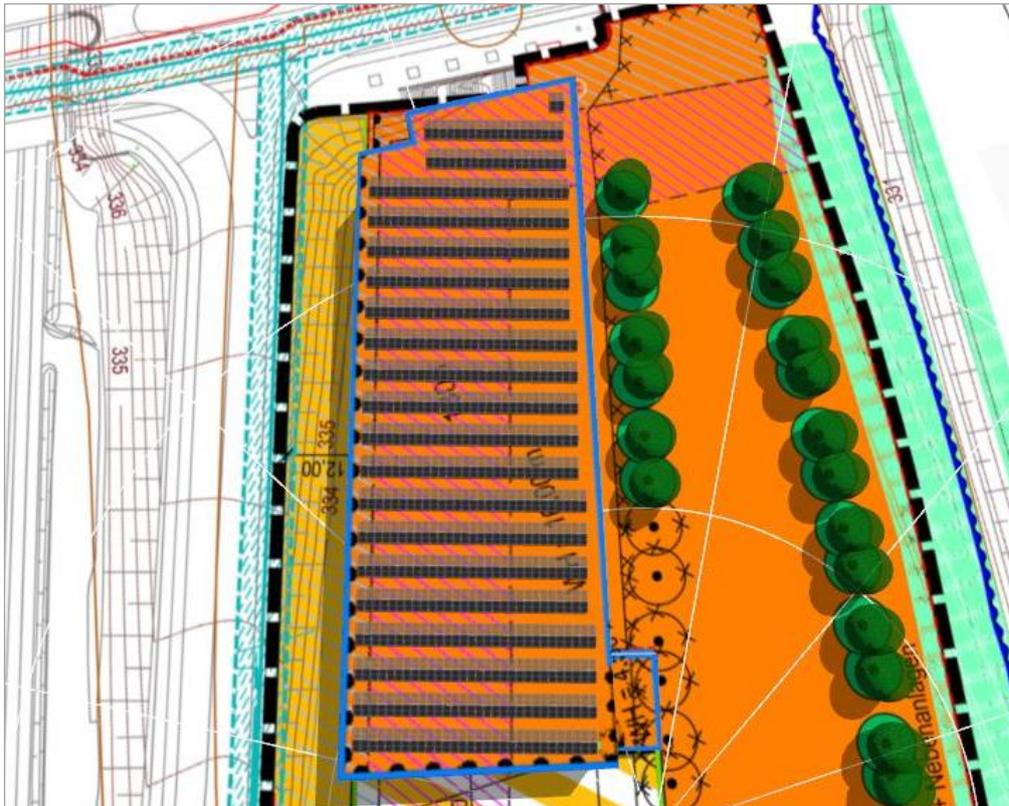


Abbildung 12: Simulationsmodell, PV-Potenzial Parkhaus

Auswertung

Fläche	Modulfläche	Spitzenleistung	Spez. Jahresertrag	Ertrag
Dach	2.114,4 m ²	440,8 kWp	1.034 kWh/kWp	456 MWh/a

Tabelle 2: Simulationsergebnisse, Dach-PV-Potential

Die Ertragsminderung durch Abschattung liegt bei der obigen Konstellation bei einem geringen Wert von ca. 0,6 %.

Es gilt zu beachten, dass alle Berechnungsergebnisse auf den aktuell vorliegenden Plänen basieren und demnach nur als vorläufig anzusehen sind. Gehen noch genauere Informationen, bei einer Objektplanung über den Baukörper ein, müssen diese angepasst werden.

Eine Veränderung der Höhe des Gebäudes, würde nach einer erfahrungsgemäßen Abschätzung keine oder nur geringe Unterschiede in Bezug auf die erzeugbaren Strommengen und dergleichen haben. Signifikante Unterschiede wären dann zu erwarten, wenn sich wichtige Parameter wie etwa die Winkel der PV-Module zur Sonne oder Verschattungen verändern würden. Jedoch könnte im Falle einer Erhöhung des Gebäudes möglicherweise die Installation von Fassaden-PV in Betracht gezogen werden, die Installation von Fassaden-PV Anlagen bedarf allerdings weiterer Untersuchungen, vor allem hinsichtlich möglicher Verblendungseffekte. Im Rahmen weiterer Untersuchungen müssten diese Auswirkungen auf umliegende Verkehrswege und Strukturen simulativ festgestellt werden. Das Hauptaugenmerk liegt dabei sowohl auf der Nibelungenbrücke, die unmittelbar neben dem Bebauungsplan verläuft als auch auf den Wasserfahrzeugen auf der Donau. Um diese Immissionen und die einhergehende Umsetzungsmöglichkeit realistisch abschätzen zu können, wird die Anfertigung eines ausführlichen Blendgutachtens empfohlen. Sowohl für Einbringung von Dach-Photovoltaik wie auch bei einer Fassaden-Photovoltaik-Anlage.

3.2 Versorgung der Wärmeerzeuger

Im Bereich der thermischen Versorgung spielt der generierte PV-Strom in der Regel eine wesentliche Rolle bei der Deckung des Strombedarfs der Wärmeerzeuger, vor allem von Wärmepumpen. Die Kombination einer Wärmepumpe mit einer PV-Anlage ist grundsätzlich sinnvoll, um einen möglichst großen Teil des PV-Stroms noch vor Ort zu nutzen, was wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Um die im Bebauungsplan überschüssig produzierte PV-Energie zu puffern, können Batteriespeicher zum Einsatz kommen. Wird der Strombedarf bei der Produktion unterschritten, so hätte dies die sofortige Einspeisung des selbst produzierten Stroms in das öffentliche Netz als Konsequenz. Unter Einsatz von Batteriespeichern, die ggf. auch für ein effizientes Lademanagementsystem in Bezug auf E-Mobilität notwendig sind, ergibt sich wiederum eine Steigerung des Eigennutzungsgrades. Somit können ggf. Wärmeerzeuger und E-Mobilität zu einem höheren Prozentsatz durch den günstigeren, selbst erzeugten Strom betrieben werden, um die energetische Versorgung noch regenerativer zu sichern, was sich bei zunehmend steigenden Energiepreisen positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirken kann.

Da die Wärmeerzeugung im vorliegenden Untersuchungsgebiet eine untergeordnete Rolle einnimmt, aber dennoch die potenzielle Versorgung des gesamten Insel-Gebiets „unterer Wöhrd“ untersucht werden soll, wird das Wärmeerzeugungspotential durch Wärmepumpen aller Art näher im nachfolgenden Kapitel 3.3 beschrieben.

3.3 Umweltwärme

Zur Deckung des Heizenergiebedarfs sollen vorrangig erneuerbare, dezentrale Energiequellen genutzt werden. Dadurch werden die umweltschädlichen Auswirkungen der Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Energieerzeugung reduziert und bestenfalls vermieden. Umweltwärme ist

Wärme, die in der Luft, im Wasser oder in der Erde enthalten ist. Mit Hilfe von Wärmepumpen wird diese Energie der Umwelt entzogen und für die Deckung des Wärmeenergiebedarf nutzbar gemacht. Folgende Ausführungen basieren auf den Angaben des Bayern Atlas des Bayerischen Staatsministeriums der Finanzen und für Heimat (stmfh) sowie dem Energie-Atlas Bayern der Bayerischen Staatsregierung [8]. Weiterhin existiert eine geo- und hydrotechnische Voruntersuchung, die in der Vergangenheit im Untersuchungsgebiet von der Stadt Regensburg 2019 in Auftrag gegeben wurde. Dieses fokussiert sich im Wesentlichen auf die Tragfähigkeit und die Altlasten am Standort und enthält keine Auswertung im Kontext Energie. Eine Einbindung des Gutachtens in die Potentialanalyse kann dementsprechend nicht stattfinden.

3.3.1 Erdwärmenutzung

Erdwärmesonden

Aus dem öffentlichen Datensatz des Energie Atlas Bayern [8] geht hervor, dass der Untergrund im weiten Umfeld des Untersuchungsgebiets für Erdwärmesonden aus hydro- und geologischer Sicht nicht geeignet ist. Genauere Daten liegen nicht vor, jedoch muss in Erwägung gezogen werden, dass eine Einzelprüfung am Standort möglicherweise ein anderes Ergebnis liefert. Hierfür wäre die energetische Auswertung des geologischen Gutachtens notwendig, in dem die Bodenbeschaffenheit mittels Probebohrungen in Erfahrung gebracht wurde. Zudem erfordert die Einbringung von Erdwärme(probe)sonden die Genehmigung durch das Wasserwirtschaftsamt. Das Potential, sowie die Genehmigungsfähigkeit können dementsprechend derzeit nur bedingt abgeschätzt werden.



Abbildung 13: Ausschnitt Energieatlas, Eignung oberflächennahe Geothermie

Erdwärmekollektoren

Im Gegensatz zu den Sonden gehen Erdwärmekollektoren, also Flächensysteme, aufgrund ihrer geringen Einbringungstiefe als unbedenklich hervor, siehe Abbildung 14. Da bei Flächensystemen ein sehr hoher Flächenbedarf entsteht, ist die Nutzung der gesamten Parkflächen theoretisch denkbar.

Ebenfalls ist die Nutzung von Flächenkollektoren unterhalb der Bodenplatte des Parkhauses denkbar. Bei der Nutzung von Flächensystemen unterhalb des Parkplatzes muss darauf geachtet werden, dass keine Vereisung durch den Wärmetzug vor allem in den Wintermonaten begünstigt wird. Zudem muss die Regeneration des Bodens gewährleistet sein. Ob dies der Fall ist, kann in der konkreteren Planung ggf. simulativ festgestellt werden. Aufgrund nicht vorhandener Angaben zur Wärmeleitfähigkeit im Untersuchungsgebiet kann kein vorläufiges Potential auf der verfügbaren Fläche ermittelt werden.

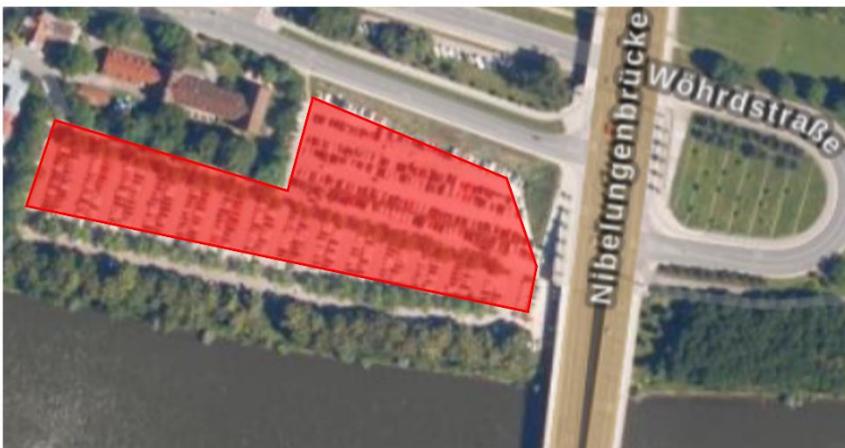


Abbildung 14: Potenziell nutzbare Grünflächen für Flächensysteme

Energiepfähle

Eine Umsetzung von geothermischer Wärmegewinnung unterhalb der versiegelten Flächen des Bebauungsplans bedarf genauerer Untersuchungen, da dabei gewisse Wechselwirkungen im Hinblick auf die Bodenregeneration entstehen können. So beispielsweise die Erhöhung der Bodentemperatur durch das Einleiten von Wärme, wenn „gekühlt“ werden würde. Durch eine sorgfältige Planung (ggf. simulativ) und Installation können die negativen Einflüsse jedoch vermieden, bzw. minimiert werden. Es gilt zu beachten, dass die Nutzung von Energiepfählen zur Wärmegewinnung vor allem ggf. sinnvoll ist, wenn eine Pfahlgründung des Gebäudes aus statischen Gründen erforderlich ist. Ist dies nicht der Fall, ist eine Erdwärmennutzung in Form von Erdwärmesonden oder Kollektoren unterhalb des Gebäudes möglicherweise zu verfolgen.

Prinzipiell ist die Nutzung von oberflächennaher Geothermie möglich, erfordert zur finalen Abschätzung allerdings weitere Untersuchungen und planerische Schritte.

3.3.2 Grundwasserwärmenutzung

Fast das gesamte Stadtgebiet Regensburg eignet sich für Grundwasserwärmepumpen, siehe Abbildung 13. Wie auch bei der Geothermie, machen die ganzjährig konstanten Temperaturen im Grundwasser bzw. im Boden Grundwasserwärmepumpen attraktiv für die Nutzung zur Wärmeversorgung. Aus dem Datensatz geht hervor, dass sich das Gelände aus wasserwirtschaftlicher und geologischer Sicht für diese Art der Energiegewinnung eignet. Zudem ist aufgrund der beidseitig verlaufenden Donau von einem guten Grundwasserwärmepotential auszugehen. Welche Entzugsleistungen erwartet werden können, muss durch exaktere Prüfungen durch Fachkundige (in Form von Pumpversuchen) ermittelt werden. In den Untersuchungen muss hervorgehen, welcher Grundwasserchemismus vorherrscht sowie die Förderrate und welche Abkühlung des Grundwassers stattfinden kann, daraus wird anschließend die Wärmeerzeugungsleistung ermittelt. Eine Aussage zum Potential kann dementsprechend erst nach diesen Untersuchungen stattfinden, grundsätzlich sollte die Möglichkeit weiterverfolgt werden.

3.3.3 Abwasserwärmenutzung

Eine weitere Möglichkeit zur Gewinnung von Wärmeenergie ist die Nutzung von Abwasser der städtischen Kanalisation in Kombination mit Wärmepumpen. Hierfür sind Messungen an möglichen Kanälen notwendig, aus denen der durchschnittliche Durchfluss und die durchschnittliche Temperatur des Abwassers vorzugsweise in der Trockenphase (Januar-März) hervorgeht. Als sicher nutzbar gilt allerdings nur der Trockenwetterabfluss, also der Durchfluss ohne Niederschlag. Dieser sollte mindestens 15 l/s betragen. Auf Grundlage von Erfahrungswerten wird angenommen, dass dieser Wert mit einem Anschluss von ca. 13.000 Haushalten erzielt wird.

Zur Bewertung wird der aktuelle Energienutzungsplan Regensburg (Potentialgebiete Wärmenutzung aus Abwasser) herangezogen, siehe Abbildung 15. Daraus geht hervor, dass kein Hauptsammelkanal durch den unteren Wöhrd verläuft. Die Nutzung von Abwasserwärme zur Versorgung ist dementsprechend nicht möglich.



Abbildung 15: Ausschnitt ENP, Potenzielle Abwasserwärmenutzung

3.3.4 Luftwärmenutzung

Eine sehr attraktive Nutzungsmöglichkeit von Umweltwärme stellt die Luft dar. Die hohe Ergiebigkeit, hohe Volllaststunden sowie die einfache Erschließbarkeit machen Luftwärmepumpen zur unkompliziertesten Form der regenerativen Wärmeherzeugung und sind daher optimal geeignet zur Abdeckung von Grundlasten. Zur Umsetzung sind keine aufwendigen Untersuchungen notwendig. Entscheidend ist jedoch die Akzeptanz der Anwohner bzw. die entstehenden Schallemissionen. Mittels Schallschutztechnischer Analysen und Gutachten müssen diese bewertet und die Wärmepumpen dementsprechend positioniert werden. Dieser Umstand stellt sich aber aufgrund der Entfernung zu Wohneinheiten als nicht kritisch dar. Die Nutzung von Luftwärmepumpen ist also grundsätzlich möglich. Lediglich eine Abwägung mit den anderen, in der Potentialanalyse aufgegriffenen, regenerativen Wärmeherzeugern im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit und die notwendige elektrische Leistung muss stattfinden, da die erzielbaren Wärmeleistungen leicht skaliert und dementsprechend theoretisch unbegrenzt hoch sind.

3.3.5 Flusswasserwärmenutzung

Wassertemperatur vom 14.12.2019 bis zum 14.12.2022

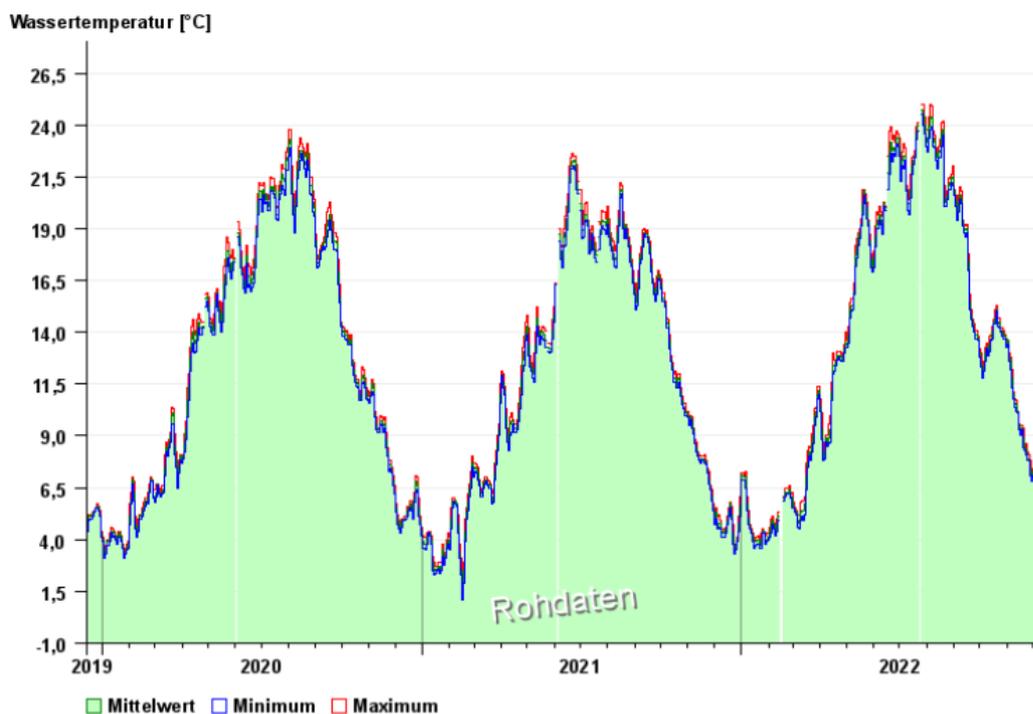


Abbildung 16: Messwerte Wassertemperatur Donau, Regensburg Pfaffenstein (Gewässerkundlicher Dienst Bayern)

Eine weitere, standortspezifische Wärmequelle am unteren Wöhrd stellt die vorbeifließende Donau dar. Messwerte des Gewässers zeigen, dass die Wassertemperatur im Sommer bis zu 24 °C und im Winter zumeist nicht weniger als 3°C aufweist (siehe Abbildung 16). Die im Fluss enthaltene Energie kann durch Wärmepumpen für die energetischen Wärmeversorgung genutzt werden. Daraus resultiert ein sehr hohes Potential, weit über dem des Wärmebedarfs im Parkhaus. Diese Wärmeenergie könnte perspektivisch für die Versorgung des gesamten Gebiets am

unteren Wöhrd genutzt werden, mit dem alten Eisstadion als zentraler Ausgangspunkt der regenerativen Wärmeversorgung.

Welche Ausmaße die Nutzung von Gewässerwärme annehmen kann, wird an einem Referenzprojekt der Stadtwerke Rosenheim verdeutlicht. 2022 wurden dort drei Wärmepumpen mit einer Heizleistung von 1.500 kW bei einer Jahresarbeitszahl von 2,5-2,88 realisiert. Sie entziehen dem Mühlbach jährlich bis zu 6.750 MWh nutzbare Wärme und speisen diese in ein Fernwärmenetz ein. Wären am Standort „Mobilitätsdrehscheibe“ Wasser-Wasser-Wärmepumpen gleicher Dimension, könnten möglicherweise Teile des Stadtgebietes versorgt werden. Ob ein solches Vorhaben genehmigungstechnisch und umweltverträglich umsetzbar ist, muss mit den zuständigen Behörden wie etwa dem Wasserwirtschaftsamt, geklärt werden. Grundsätzlich ist diese, nur an wenigen Standorten umsetzbare, Wärmegewinnung aber durchaus zu empfehlen, da sie ein hohes Potential und einen hohen Innovationscharakter im Hinblick auf den Ausbau erneuerbarer Energien besitzt.

3.4 Fernwärmenutzung

Aus dem Energie Atlas Bayern geht hervor, dass für die Nutzung von Fernwärme in näherer Umgebung des Betrachtungsgebiets keine realistisch erreichbaren Wärmenetze zur Verfügung stehen. Dieses Potential wird daher nicht weiter untersucht.

3.5 Konventionelle Erzeuger

In den meisten regenerativen Wärmenetzsystemen sollten aufgrund der Spitzenlasten (Zeit des höchsten, kurzfristigen Wärmebedarfs) auch herkömmliche, leistungsfähige Wärmeerzeuger in das Energiesystem integriert werden. Diese müssen in der Regel zur Versorgungssicherheit zur Verfügung stehen, falls andere Technologien ausfallen oder gewartet werden müssen und dienen der Deckung der Spitzenlasten.

Als Spitzenlastsysteme werden in der Regel gasbetriebene BHKW oder Kessel genutzt, jedoch können auch elektrische Heizsysteme in Form von Durchlauferhitzern (Power-to-heat) verwendet werden. Die grundsätzliche Versorgung erfolgt weiter durch erneuerbare Energien. Weiterhin besteht die Möglichkeit einer Substitution von fossilem Erdgas oder Biomasse durch Wasserstoff. Bereits jetzt sind Gaskessel und BHKW auf dem Markt, die vollständig durch Wasserstoff betrieben werden können [9]. Problematisch ist derzeit lediglich die Verfügbarkeit von Wasserstoff aus regenerativen Quellen. Auch eine Beimischung im mittleren, zweistelligen Prozentbereich zum herkömmlichen Gas, wäre denkbar, um den ökologischen Charakter des Systems noch weiter zu verbessern. Alternativ zu fossilen Brennstoffen und Wasserstoff, könnte auch die Verbrennung von Biomasse, bspw. Holz, sein. Die Holzbefuerung gilt als Klimaneutral, jedoch entstehen auch dabei umweltschädliche Stoffe wie Methan und Lachgas [10]. Zudem hat die EU entschieden, die erlaubte Menge an Holz zur Verbrennung zu deckeln und die staatlichen

Subventionen zu begrenzen [11]. Ein wirtschaftlicher Betrieb von holzbetriebenen Wärmeerzeugern wird deshalb künftig immer unattraktiver und demzufolge in diesem Untersuchungsgebiet als Wärmequelle nicht weiterverfolgt.

Da im vorliegenden Bebauungsplan keine Wohn- oder Gewerbenutzung vorgesehen ist, kann von einer Verwendung konventioneller Wärmeerzeuger ggf. vollständig abgesehen werden. Der geringe Wärmebedarf des Nebengebäudes im Winter könnte durch Wärmepumpen gedeckt werden.

Wird eine Wärmeversorgung über die Grenzen des Bebauungsplans hinaus in Erwägung gezogen, muss der Einsatz von konventionellen Erzeugern anders bewertet werden. Der Einsatz von herkömmlichen Spitzenlastsysteme kann vor allem bei einem hohen Warmwasserbedarf, also bei Wohngebieten, notwendig werden. Eine Versorgung des Inselgebiets „Unterer Wöhrd“ mit über 1.000 Bewohnern könnte dementsprechend den zusätzlichen Einsatz von Spitzenlast- und Redundanzsystemen erfordern. Der Großteil der Wärmeenergie sollte bei diesem System dennoch regenerativ bereitgestellt werden.

4 Energiekonzept

4.1 Rahmenbedingungen

Das Hauptziel der Konzeptionierung soll eine möglichst CO₂-reduzierte Bereitstellung von elektrischer und thermischer Energie, unter Erfüllung eines möglichst hohen Autarkiegrades sein. Anhand der zugrundeliegenden Potentialanalyse (siehe Kapitel 3) folgen nun ein konkretes Versorgungskonzept für den vorliegenden Bebauungsplan.

Da der jährliche Wärmeenergiebedarf größtmöglich von erneuerbaren Energiequellen gedeckt werden sollen, müssen zunächst die Systeme ausgelegt werden, die diese Energie bereitstellen können. Der Gesamtstrombedarf beläuft sich bis 2050 auf ca. 2.802 MWh/a. Dabei ist der jährliche Energiebedarf zur Beheizung der Sanitär- und Personalräume angesichts der weiteren, hohen Energiebedarfe als vernachlässigbar einzustufen. Zusätzlich wird in einer zweiten Variante die potenzielle Wärmeversorgung des Inselgebiets „Unterer Wöhrd“ dargestellt, dessen Wärmeenergiebedarf auf bis zu 7.000 MWh [1] [2] geschätzt wurde.

4.2 Variante 1 – Altes Eisstadion

4.2.1 Wärme

Das Nebengebäude, das für die Unterbringung von Sanitäreinrichtungen und Aufenthaltsräumen genutzt wird, kann durch eine effiziente Wärmepumpe beheizt werden. Diese Lösung entspricht dem aktuellen Gebäudeenergiegesetz (GEG), das Anforderungen an die energetische Effizienz stellt. Da das Nebengebäude beheizt werden soll, ist es notwendig, dass das Gebäude gemäß GEG erbaut wird. Um den Anforderungen des GEG gerecht zu werden, wird bei der Berechnung der Heizlast eine spezifische Heizlast von 40 W/m² zugrunde gelegt. Diese spezifische Heizlast beschreibt den Leistungsbedarf pro Quadratmeter Nutzfläche, um die geforderte Raumtemperatur im Auslegungsfall zu gewährleisten.

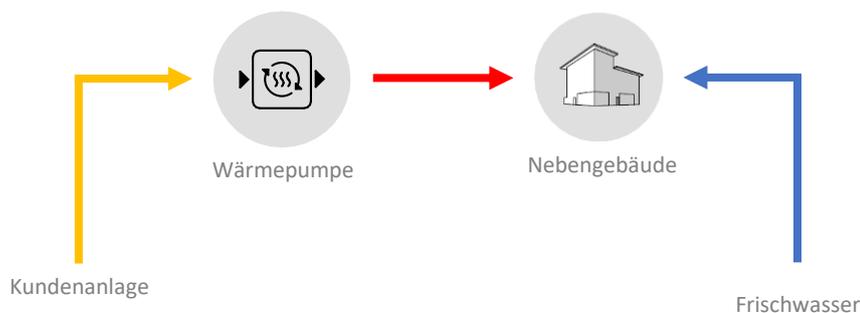


Abbildung 17: Schema "Wärmeversorgung des Nebengebäudes"

Mit einer Gesamt-Nutzfläche von 136 m² lässt sich daraus eine Heizlast von ca. 6 kW berechnen, die für eine ausreichende Beheizung des Nebengebäudes sorgt. Der zu erwartende Strombedarf für den Betrieb der Wärmepumpe und anderer elektrischer Einrichtungen im Gebäude liegt entsprechend den aktuellen Plänen vom 18.10.2024 bei ca. 6,8 MWh.

Für die geringe Anzahl an öffentlichen Sanitäranlagen des Nebengebäudes ist ausschließlich die Versorgung mit Kaltwasser zu empfehlen. Das senkt die Betriebskosten und minimiert den Energiebedarf. Für die ggf. warmwasserbedürftigen Bereiche, wie die Sanitäranlagen und die Küche des Personals, können Durchlauferhitzer installiert werden. Diese Geräte erhitzen das Wasser bei Bedarf direkt, was eine besonders energieeffiziente Lösung darstellt. So wird eine bedarfsgerechte Warmwasserversorgung ohne übermäßigen Energieverbrauch gewährleistet, weil keine Bereitstellungs- und Verteilverluste entstehen.

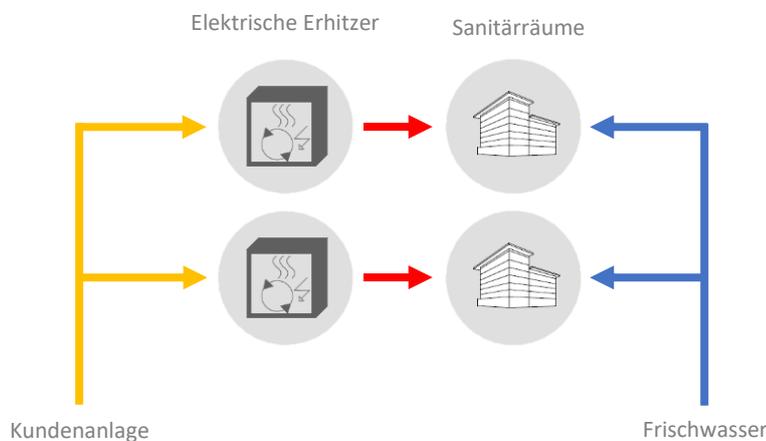


Abbildung 18: Schema " Dezentrale Versorgung Parkhaus mit Durchlauferhitzer"

Falls ein größerer Umfang an Sanitäreinrichtungen bzw. Versorgungseinheiten geplant ist, oder diese höhere thermische Komfortanforderungen erfüllen sollen, so ist eine zentrale Versorgung neu zu bewerten.

4.2.2 Strom

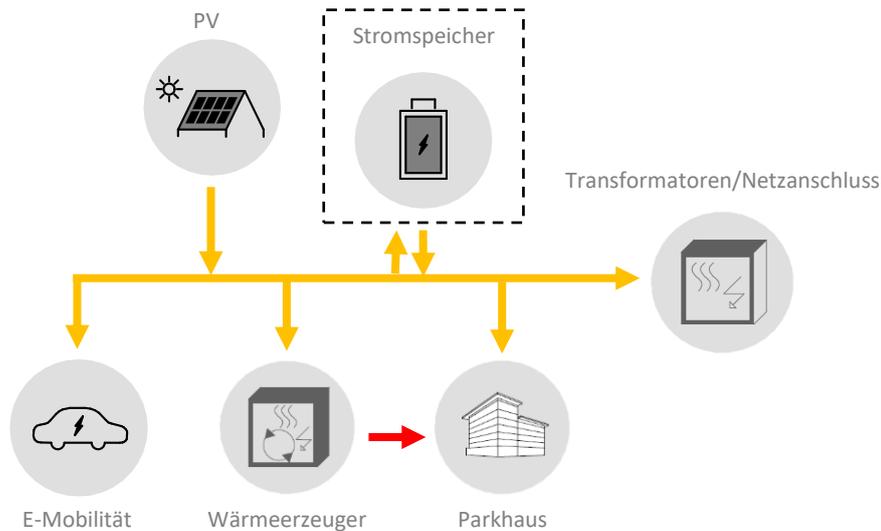


Abbildung 19: Schema Stromverteilung "Variante 1 – Altes Eisstadion"

Bei der Planung des Stromverteilnetzes innerhalb des Bebauungsplanes wird die Umsetzung einer gesamtheitlichen Kundenanlage empfohlen. Dabei werden alle Stromerzeuger (PV-Anlage) und alle Stromverbraucher (Beleuchtung, Nutzstrom, E-Mobilität, ggf. Wärmerezeuger) zu einem Stromnetz verbunden. Das lokale Stromnetz besitzt so nur einen zentralen Ein- und Ausseispunkt. Durch dieses Vorgehen können wirtschaftliche Vorteile und Anreize für den Betreiber der Energieversorgung durch die lokale Direktvermarktung des eigens produzierten PV-Stroms entstehen, sowie der regenerative Charakter des Energiesystems durch höhere Eigenverbrauchs- und Autarkiequoten erhöht werden. Vor allem hinsichtlich der Vermarktung des PV-Stroms an die E-Mobilitätsnutzer des Parkhauses entsteht am Standort ein hohes wirtschaftliches Potential.

Um eine faktische Bewertung der Versorgungsvariante zu schaffen, wurden die Energiesysteme mit ihren Verbrauchern und Erzeugern simulativ nachgebildet und im Hinblick auf Parameter, die für die Wirtschaftlichkeit relevant sind, ausgewertet. Ergänzend zu den in Kapitel 2.1 prognostizierten Verbräuchen wird bei dieser Simulation angenommen, dass sich die E-Mobilität im Zustand des Jahres 2030 befindet.

Außerdem wurde die Umsetzung von Batteriespeichern mit einer Kapazität von ca. 850 kWh und einer Leistung von ca. 370 kW simuliert. Auffallend ist, dass hier bei Verwendung eines Stromspeichers der Autarkiegrad und der Eigenverbrauch ansteigt, zudem nimmt die Menge des Stromes ab, welcher vom Stromnetz bezogen werden und dort eingespeist werden muss. Dies wirkt sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Betriebs des Stromnetzes aus. In einer zweiten Variante wurde das System ohne Stromspeicher simuliert, um einen Vergleich zu ermöglichen. Bei der Planung von Speichersystemen muss stets zwischen der Wirtschaftlichkeit der Investition

und der des Betriebs abgewogen werden. Folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse der Simulationen:

		Eigenverbrauch	Autarkiegrad	Netzeinspeisung	Netzbezug
Variante 1	Versorgung Parkhaus mit Stromspeicher	98,3 %	41,1 %	7.609 kWh	626.111 kWh
Variante 2	Versorgung Parkhaus ohne Stromspeicher	83,9 %	35,8 %	73.413 kWh	686.425 kWh

Tabelle 3: Simulationsergebnisse der Varianten 1 und 2

Das konzipierte System mit Speicher bewirkt, dass durch eine höhere lokale Stromnutzung (Eigenverbrauch) die Wertschöpfung des PV-Stroms erhöht und die CO₂-Emissionen gesenkt werden.

Bei der weiteren Planung und Konkretisierung des E-Mobilitäts- bzw. Erzeugungskonzeptes werden sich die Anforderungen und damit auch die gewählten Speicher hinsichtlich Leistung und Kapazität wegen konkreten Wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ändern. Der Eigenverbrauch und der Autarkiegrad sollten möglichst hoch in Kombination mit dem Wirtschaftlichen Optimum angesetzt werden. Diese Überlegungen müssen bei der weiteren Planung aktualisiert werden.

Nach der aktuellen Simulation sind für den Betreiber Umsätze durch die Vermarktung des Stroms an die E-Mobilitätsnutzer von rund 406.000 € p.a. bei einer Annahme von 50 ct/kWh (812 MWh Bedarf im Jahr 2030). Hier ist zu berücksichtigen, dass für die E-Mobilität bis 2050 dynamische Entwicklungen erwartet werden, sodass sich die Umsätze im Jahr 2050 auf rund 2.288.300 € p.a. bei einer Annahme von 90 ct/kWh (2.543 MWh Bedarf im Jahr 2050) erhöhen können. Im Untersuchungsgebiet, kann schlussfolgernd ein hohes Wertschöpfungspotential festgestellt werden. Die Werte hängen stark vom Marktgeschehen und dem E-Mobilitäts-Hochlauf ab und können demnach nur als Richtwerte angesehen werden.

4.3 Variante 2 – Altes Eisstadion + Unterer Wöhrd

4.3.1 Wärme

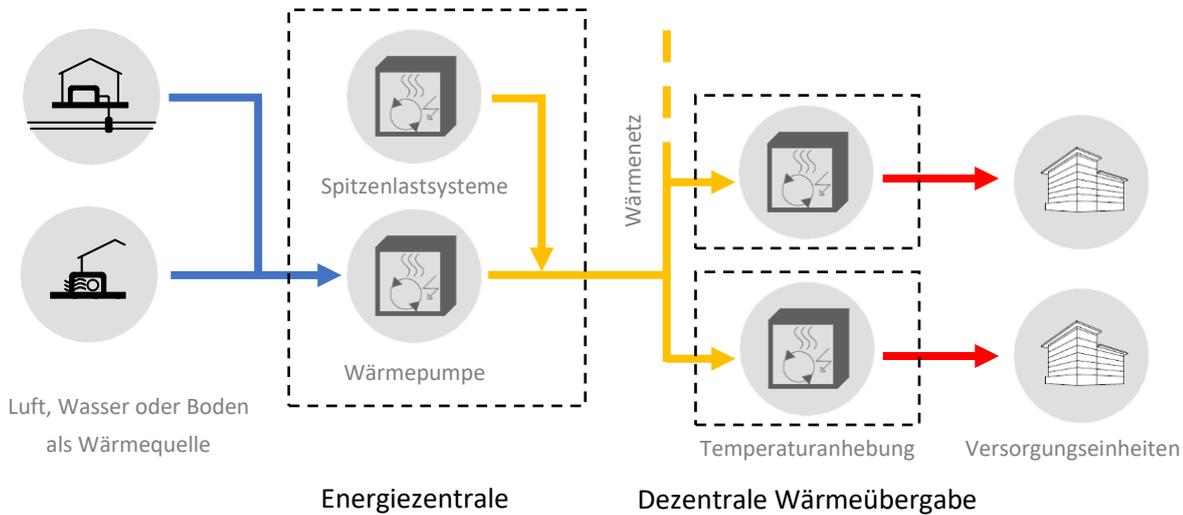


Abbildung 20: Schema "Zentrale Wärmeerzeugung Unterer Wöhrd - Niedertemperatur"

Hinsichtlich der Wärmeerzeugung am Standort wird, zusätzlich zur alleinigen Versorgung des Bebauungsplans/des Parkhauses, die perspektivische Versorgung des gesamten Inselgebiets „Unterer Wöhrd“ nachfolgend konzipiert. Das Bebauungsplan-Gebiet kann so als zentraler Ausgangspunkt einer regenerativen Versorgung des Stadtteils fungieren. Dabei kommt ausschließlich ein zentrales Konzept mit seinen positiven Synergien und überschaubareren Umsetzungs- und Organisationsaufwand in Frage. Die Wärmeerzeugung findet dabei vorzugsweise über zentrale Großwärmepumpen in einer Energiezentrale statt. Im vorliegenden Versorgungsumfang ist hierfür mit einem Platzbedarf überschlägig ca. 500 m² Grundfläche mit ggf. mehreren Geschossen für Anlagen und dessen Peripherie zu rechnen. Die finale Bruttogeschoßfläche ist aufgrund der Vielzahl von noch unklaren, variablen Parametern noch nicht zu bewerten und ist stark abhängig von der konkreten Ausgestaltung des Versorgungssystems.

Aus der Potentialanalyse gehen mehrere Wärmequellen als geeignet hervor. Bei einer zentralen Wärmeversorgung eignet sich insbesondere die Nutzung von Flusswasserwärme aus der unmittelbar am Bebauungsplan vorbeifließenden Donau. Je nach Dimensionierung der Wärmeentnahme (mittels Wärmepumpen) kann dadurch ggf. der gesamte Wärmeenergiebedarf des Inselgebiets gedeckt werden. Kann diese Wärmequelle genehmigungstechnisch oder aus anderen Gründen nicht erschlossen werden, ist eine Zusammensetzung verschiedener Wärmequellen wie Luft-, Erd- oder Grundwasserwärme notwendig und genauer zu untersuchen.

Aufgrund der kurzen, aber hohen Lastspitzen, die durch den Warmwasserbedarf der Bewohner entstehen, sind ggf. zusätzliche Spitzenlastsysteme erforderlich. Diese können aufgrund der hohen vorhandenen Potentiale gegebenenfalls erneuerbar gestaltet werden, jedoch muss (auch aus Redundanzgründen) eine konventionelle Spitzenlastdeckung in Erwägung gezogen werden.

Für die Wärmeverteilung zu den Versorgungseinheiten ist ein modernes 2-Leiter-System geeignet. Eine Variante kann die Verteilung mit einer niedrigen Vorlauftemperatur sein. Dies bringt energetische Vorteile durch minimierte Wärmeverluste mit sich. Höhere Temperaturen, wie die, die für das Warmwasser und ggf. Heizwärme notwendig sind, werden dezentral erzeugt. Die Raumwärmeverteilung innerhalb der Versorgungseinheiten kann im Idealfall über Flächenheizsysteme erfolgen, ist jedoch aufgrund des Bestandes eher unwahrscheinlich.

Alternativ kann ein Wärmenetz mit höherem Temperaturniveau in Betracht gezogen werden.

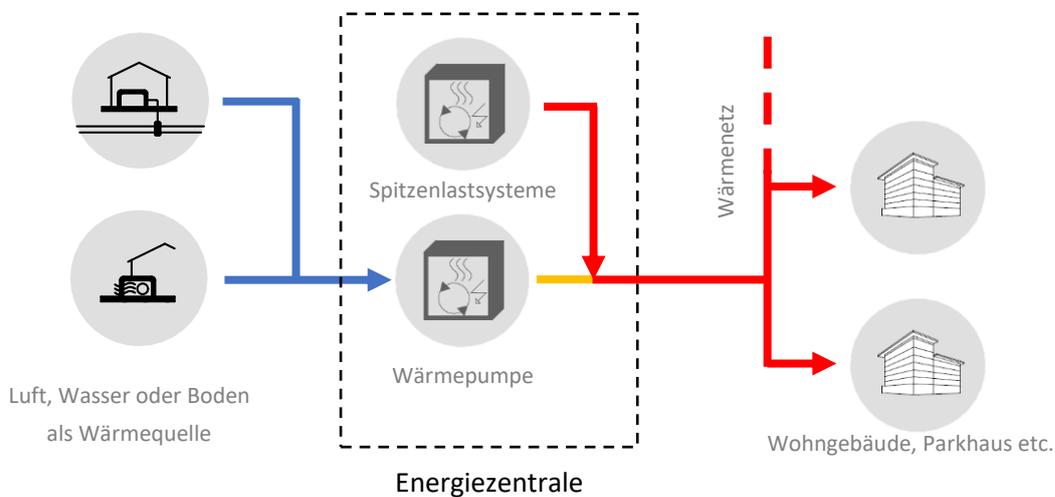


Abbildung 21: Schema " Zentrale Wärmeerzeugung Unterer Wöhrd - Hochtemperatur"

Dies zieht zwar höhere Wärmeverteilungsverluste nach sich, jedoch kann so die dezentrale Wärmeerzeugung, die sonst von den Anschlussnehmern zu leisten ist, vermieden werden. Weiterhin wird dabei die Integration von Hochtemperaturerzeuger erforderlich. Diese müssen ggf. konventionell betrieben werden, um die notwendigen Temperaturniveaus bereitzustellen.

In welcher Art und Weise die Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe im Detail aussehen kann, sollte in einer weiteren Untersuchung, bestenfalls einer Machbarkeitssuche näher untersucht werden. Hierbei ist neben der Machbarkeit auch das Interesse der Potenziellen Wärmeabnehmer mittels geeigneter Umfragen abzuklären.

4.3.2 Strom

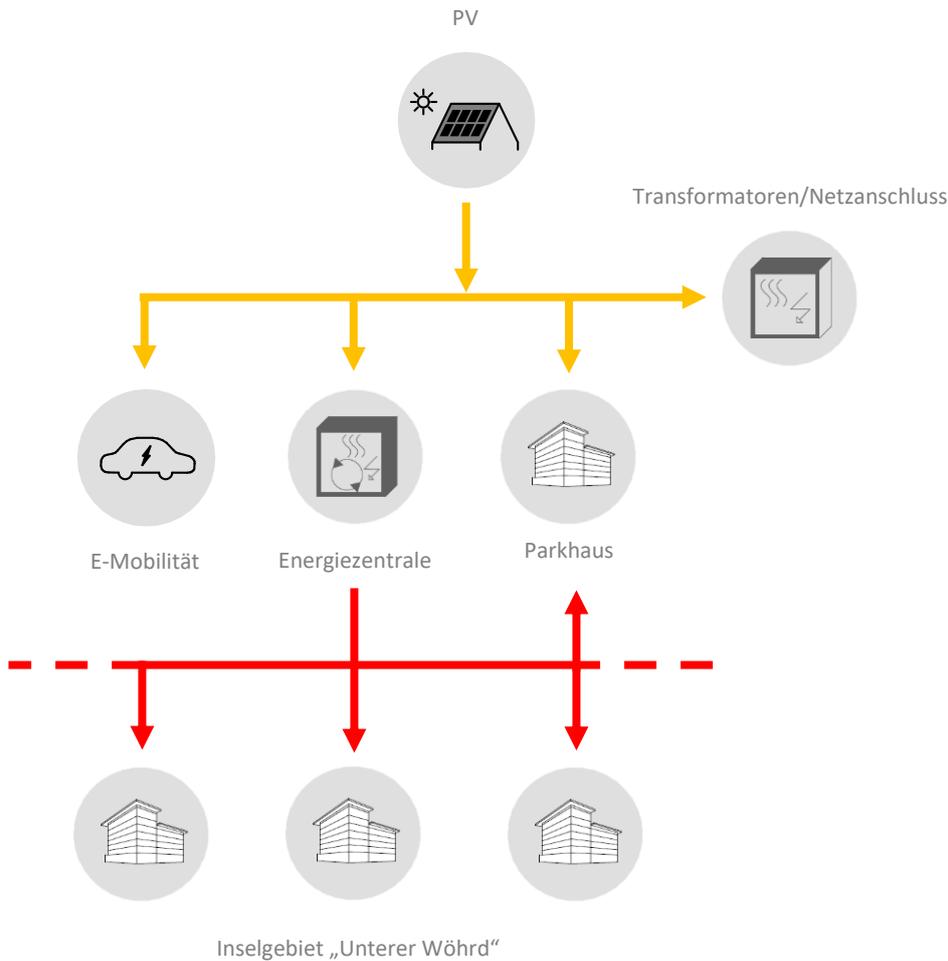


Abbildung 22: Schema Stromverteilung "Variante 2 – Bebauungsplan + Unterer Wöhrd"

Wie auch bei der Variante der alleinigen Versorgung des Parkhauses ist bei der zusätzlichen Versorgung des Inselgebiets die Umsetzung einer gemeinsamen Kundenanlage zu empfehlen. Der lokal erzeugte Strom kann so neben der Versorgung des Parkhauses auch für den Betrieb der in Kapitel 4.3.1 beschriebenen Energiezentrale und ihren Wärmeerzeugern und Peripherie genutzt werden. Dies sorgt für eine höhere Dynamik der Stromverteilung und der dadurch entstehenden energetischen Vorteile am Standort. Weiterhin ergeben sich für den Betreiber der Anlage weitere, neben der Vermarktung des PV-Stroms innerhalb des Bebauungsplans, wirtschaftliche Anreize durch die Vermarktung von Wärme an Haushalte des Inselgebiets. Dabei gilt zu beachten, dass für dieses Vorgehen die rechtliche Umsetzbarkeit einer gemeinsamen Kundenanlage in oben beschriebener Konstellation genauer geprüft werden muss. So muss beispielsweise der Betreiber des Energiesystems des Parkhauses ebenfalls der Betreiber der Energiezentrale sein. Ist dies nicht der Fall, muss eine separate Kundenanlage für die Energiezentrale umgesetzt werden.

Auf die energetische Simulation dieses Energiesystems wird aufgrund der hohen Komplexität und der Vielzahl an Ausführungsmöglichkeiten verzichtet, da dies in diesem Stadium nicht möglich ist. Hierfür wird eine detaillierte Machbarkeitsstudie empfohlen.

5 Maßnahmenvorschläge

Empfehlung zur Optimierung der Planung (Effizienzmaßnahmen)

Werden Wärmeverteilsysteme geplant, sollten sie sich auf Niedertemperatursysteme beschränken, d.h. keine Vorlauftemperaturen höher als 40°C, um die Einbindung von Umweltwärme effizient zu gewährleisten

Hohe **Spitzenlasten** sind aufgrund des geringen Warmwasserbedarfs im Parkhaus nicht zu erwarten, weshalb elektrische Wärmeversorgungssysteme ausreichend sind.

Wird eine Versorgung des gesamten Inselgebiets in Erwägung gezogen ändert sich dieser Umstand und eine Spitzenlast- und Redundanzdeckung durch konventionelle Erzeuger wird ggf. erforderlich. Weiterhin sollten dann frühzeitig Fachplaner, für die weiter zu untersuchenden **Umweltwärmequellen** eingebunden werden, um diese im zeitlichen Ablauf in die Nutzung bringen zu können.

Es sollte die Untersuchung, beziehungsweise Planung von **Energiespeichern** wie Batteriespeicher integriert werden, um das Energiesystem ggf. in der Wirtschaftlichkeit sowie Emissionsreduzierung zu verbessern.

Planungsvorschläge und erforderliche bauliche Anpassungen

- Vorhalten der notwendigen Flächen für PV-Anlagen auf den Dächern, ca. 65 % PV-Fläche (bezogen auf die Dachfläche) wurden auf Basis der Simulation ermöglicht
- Abgestimmte Planung anderer Dachbelegungen, die in Konkurrenz zu PV-Anlagen stehen (Oberlichter, Entlüftungen, Lüftungsanlagen, Rückkühler, Anlagentechnik, Förder-technik, Dachterrassen, etc.)
- Kurze Wege von öffentlichen Anschlusspunkten zu Technikräumen
- Kurze Wege von Technikräumen zu Verbrauchspunkten
- Flächen im B-Plan für Versorgungszonen wie z.B. Trafostationen
- Ggf. Leitungsrechte und Dienstbarkeiten
- Prüfung der notwendigen Flächen für Technikzentralen und Speichereinheiten

Versorgung gesamtes Inselgebiet:

- Berücksichtigung von Flächen zur Nutzung von erneuerbaren Energiequellen bei der Planung der Hochbauten wie Flächenkollektoren ggf. unter den Gebäuden
- Prüfung geeigneter Flächen und Erschließung für die Energiezentrale mit Einbeziehung der Möglichkeit der Energieversorgung durch Dritte wie z.B. der Stadt Regensburg
- Kurze Wege von öffentlicher Versorgungsstrasse zu Anschlussräumen

Auswirkungen und Möglichkeiten für anliegende Bebauung

Die geplante Entwicklung des Untersuchungsgebiets und der damit verbundenen Errichtung eines Energieversorgungssystems schafft neben der effizienten und regenerativen Versorgung im Bebauungsplan auch Möglichkeiten für anliegende Energieverbraucher. Wird das geplante Energiesystem so konzeptioniert, dass es in der Lage ist, ausreichend Wärme und Strom zu erzeugen und zu verteilen, können perspektivisch das umliegende Inselgebiet „Unterer Wöhrd“ ebenfalls mit Energie versorgt werden. Dies kann nicht nur zu einer höheren Energieeffizienz und geringeren Energiekosten für die Endverbraucher führen, sondern auch zu einer Reduzierung der Umweltbelastung durch CO₂-Reduzierung mittels umfassenden Einsatzes erneuerbarer Energien.

Dies hätte allerdings bereits im jetzigen Planungsprozess eine ausreichende Platzvorhaltung im derzeitigen Untersuchungsgebiet zur Folge, um das Energiesystem den künftigen Anforderungen gerecht zu machen. Eine entscheidende Rolle bei dem Entscheid für dieses zukunftsorientierte Vorgehen spielt die Einbindung der gegebenenfalls betroffenen Parteien wie Anwohner und Betreiber der Anlage. Zudem sind weitere Untersuchungen bestenfalls im Rahmen einer Machbarkeitsstudie, erforderlich um die technische, wirtschaftliche und juristische Umsetzbarkeit genauer zu prüfen.

Grobe Kostenschätzung für die jeweiligen Planungsempfehlungen

Für verschiedene Technologien, bzw. Komponenten der vorgeschlagenen Energiesysteme können zwar erste Aussagen getroffen werden, diese sind jedoch noch sehr grob und erst nach weiterer Untersuchung der favorisierten Variante bzw. Planung gemäß HOAI detailliert genug, um ausreichende Sicherheit zu erlangen. Anhaltswerte wurden auf Basis von Erfahrungen und Angeboten des Jahres 2024 ermittelt, die weiterhin dynamischen Preisentwicklungen ergeben jedoch große Unsicherheiten bei der Prognose, wodurch die Angaben als wenig belastbar und in die Zukunft prognostizierbar einzustufen sind.

Hierzu zählen:

- Für den Einsatz von Wärmepumpen ist zwischen 400€/kW und 1600€/kW in der Regel je nach Art und Leistungsklasse zzgl. Installation und Umweltwärmequelle zu rechnen
- Für den Einsatz von direktelektrischen Heizungen ist zwischen 80 €/kW und 130€/kW in der Regel je nach Leistungsklasse zzgl. Installation zu rechnen
- Für den Einsatz von Pufferspeicher ist zwischen 1.600 €/m³ und 3.500 €/m³ in der Regel je nach Typ und Größe zzgl. Installation zu rechnen
- Für den Einsatz von Stromspeicher ist zwischen 400€/kW und 1.000€/kW in der Regel je nach Typ, Größe und Leistung zzgl. Installation zu rechnen
- Für den Einsatz von Photovoltaik ist zwischen 800 €/kWp und 2.000 €/kWp je nach Typ, Leistung und Unterkonstruktion zu rechnen
- Für die Errichtung eines Flächenkollektors sind spezifische Kosten von ca. 80-100€/m² zzgl. Verteiler zu veranschlagen.

- Für die Errichtung eines Grundwasser–Brunnen sind Kosten ab ca. 20.000 € zu veranschlagen und variiert je nach Tiefe, Untergrund, Fördermenge und Dimension stark
- Für den Einsatz von Ladepunkten ist zwischen 2.000 €/Stück und 200.000 €/Stück, je nach Typ und Leistung, zu rechnen

Versorgung gesamtes Inselgebiet:

- Für die Errichtung einer Nahwärmeleitung sind spezifische Kosten von ca. 800-2.000 €/Trassenmeter zu veranschlagen und variiert je nach Oberfläche, Tiefe, Länge und Dimension stark
- Für den Einsatz von Wärmeübergabestationen ist in der Regel ab 5.000 €/Stück zzgl. Installation zu rechnen und variiert je nach Typ und Leistung stark

Beschreibung der Erfordernisse möglicher Rechtsverfahren

Bei der Konzeptionierung von Energiesystemen ist eine Reihe von juristischen Gutachten und Überlegungen zu berücksichtigen. Darunter fallen in aller Regel:

- Energie- und Umweltrechtliche Gutachten, die die Konformität mit den geltenden Umweltgesetzen und Vorschriften sowie anderen einschlägigen rechtlichen Anforderungen beurteilen (Berücksichtigung Umsetzung von Kundenanlagen)
- Genehmigungsrechtliche Untersuchungen, die prüfen, ob erforderliche Genehmigungen von den zuständigen Behörden voraussichtlich erteilt werden
- Netzanschlussrechtliche Beurteilungen, die bewerten, ob das Stromsystem an das öffentliche Stromnetz angeschlossen werden kann und welche Anforderungen gestellt werden
- Vertragsrechtliche Beurteilungen, die die Rechtsbeziehungen zwischen den verschiedenen Parteien innerhalb des Energiesystems einschließlich Betreiber, Lieferanten und Kunden bewerten

Oben genannte Punkte dienen lediglich als grobe Übersicht der zu beachtenden juristischen Gegebenheiten. Im Zuge der Planung dieses Energiekonzepts wurden bereits rechtliche Umstände, vor allem im Hinblick auf Wärmequellen, auf Grundlage von Erfahrungswerten und entsprechenden Gesetzen und Vorschriften bewertet. Im weiteren Planungsverlauf muss jedoch eine tiefere Auseinandersetzung mit den rechtlichen Ausgangssituationen im Kontext des Energiesystems durchgeführt werden.

Betrieb und Organisation der Energieversorgung

Bei einer zentralisierten Versorgung muss die Verantwortlichkeit des Betriebs der Energieverteilung und ggf. der Energiezentrale innerhalb des Untersuchungsgebiets geklärt werden. Der Betreiber ist sowohl für die Instandhaltung des lokalen Strom- und Wärmeverteilnetzes als auch für die Vermarktung des PV-Stroms und der Wärme verantwortlich. Als Betreiber der Anlage kommen im vorliegenden Projekt sowohl die Stadt Regensburg, bzw. eine Tochtergesellschaft

dieser, als auch externe Unternehmen in Frage, die durch die Stadt Regensburg beauftragt werden.

Fossile Energieträger / strombasierte Wärmeerzeugung

Bei dem konzeptionierten Energieversorgungssystem des Parkhauses kann auf den Einsatz von konventionellen Energieträgern wie Gas oder Öl vollständig verzichtet werden. Eine ausschließlich elektrische Wärmeerzeugung ist insbesondere im vorliegenden Projekt sinnvoll, da ein hohes Potential zur PV-Stromerzeugung vorliegt und die Nutzung von lokal erzeugtem Strom nicht nur ökologische, sondern auch wirtschaftliche Vorteile mit sich bringt. Weiterhin bewirkt die Substitution von herkömmlichen, fossilen Energieträgern eine politische und ökonomische Unabhängigkeit und somit eine zukunftsfähige Energieversorgung.

Soll eine Energiezentrale zur Versorgung des gesamten Inselgebiets errichtet werden, ist die Lage anders zu bewerten. Mehrere Umweltwärmequellen sind technisch anwendbar, eine Hürde kann die genehmigungstechnische und ggf. ökonomische Umsetzbarkeit darstellen, die im weiteren Planungsverlauf für die relevanten Potentiale geprüft werden muss. Bei der Umsetzung von Luft-, Erd- oder Flusswärmenutzung sind keine maßgeblichen juristischen Hindernisse zu erwarten, jedoch ist bei Favorisierung einer Energiequelle eine tiefere, genehmigungstechnische Prüfung sowie Planung erforderlich. Dennoch sind aufgrund des hohen Warmwasserbedarfs im Inselgebiet Spitzenlast- und Redundanzsysteme erforderlich. Da diese i.d.R. nicht Energieeffizienz durch Umweltwärme zu decken sind, müssen diese Systeme ggf. konventionell betrieben werden. Alternativ ist eine strombasierte Deckung denkbar. Sollte das Vorgehen einer Versorgung über die Grenzen des Bebauungsplans hinaus in Erwägung gezogen werden, sind weitere, spezifischere Berechnungen notwendig, um ein konkretes Energiesystem mit den relevanten Variablen zu konzipieren.

Kundenanlage

Eine Grundlage als Stellschraube für die spätere Wirtschaftlichkeit der Stromverteilung in der Versorgung des gesamten lokalen Stromnetzsystems ist die Realisierung von Kundenanlagen innerhalb des Bebauungsplans. Durch den Einsatz dieser Kundenanlage, die Verbraucher (Wärmeerzeuger, Nutzstrom und E-Mobilität) und Erzeuger (PV-Anlage) verbindet, kann ein höherer Anteil des lokal erzeugten Stroms innerhalb der Grundstücksgrenzen genutzt werden. Auf öffentlicher Stromnetzebene führt dies zu einer Reduktion von Transportverlusten und Netzengpässen. Auf lokaler Ebene können die Stromkosten der Endkunden (Parkhausbetreiber) durch die Vermeidung von Netzbezug und die Nutzung des PV-Stroms reduziert. Überschüssiger PV-Strom innerhalb der Kundenanlagen kann zudem auf herkömmliche Weise in das Stromnetz eingespeist werden und somit einen weiteren Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Energiesystems leisten. Vor allem im Hinblick auf die E-Mobilität könnte die Umsetzung einer Kundenanlage und die damit verbundene Nutzung des lokal erzeugten Stroms sinnvoll sein. Dadurch entsteht ein hohes Potential, den eigens produzierten Strom direkt zu vermarkten und somit positiv für die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems zu sein.

6 Zusammenfassung

Für die Erstellung eines Energiekonzeptes für den Bebauungsplan Nr. 279 wurden Energiepotenziale auf deren Verfügbarkeit und Nutzungsmöglichkeit in Hinblick auf die Energieversorgung der Parkierungsanlage und darüber hinaus untersucht. Die Potenziale erneuerbarer Stromerzeugung wurden detailliert jahresweise simuliert und quantifiziert und in Relation zueinander gesetzt. Die Potenziale der Umweltwärmenutzung wurde in ihrer Bandbreite dargestellt und deren theoretische Erschließbarkeit, beziehungsweise Ergiebigkeit beschrieben. Es wurden bauliche Randbedingungen und die zu untersuchenden Energieverbrauchssektoren differenziert mit Randbedingungen erläutert. An dieser Stelle sollte nochmal betont werden, dass es sich um ein Energiekonzept handelt, welches an einen Entwurf des Bebauungsplans angelehnt ist und somit bei Fortschreiten der aktuellen Planungen weiterhin Aktualisierungen bezüglich des Inhalts des Berichts notwendig sind.

Eine umfassende Gebäudebilanzierung weist Informationen zu Flächen und Energiebedarfen bezogen auf die Energieverbrauchssektoren Strom und Wärme aus. Der Stromverbrauch wurde weiterhin in Beleuchtungs-, Nutzstrom und Strom für E-Mobilität differenziert und Szenarien für die Entwicklung der Bedarfe berücksichtigt.

Für den vorliegenden Bebauungsplan wurde auf Grundlage der Grundlagenbewertung und Untersuchung ein konkretes Konzept zur Erzeugung von Strom und Wärme entwickelt und dargestellt und die Möglichkeiten der Strom sowie Wärmeverteilung beziehungsweise Vermarktung erläutert. Zusätzlich wurde eine Versorgungsoption über die Grenzen des Bebauungsplans hinaus mit zentraler Energieversorgung beschrieben und in den Ansätzen untersucht.

Energiebedarf

Beim „Altes Eisstation“ besteht vor allem ein Strombedarf für E-Mobilität für 334 E-Ladesäulen im Jahr 2050. Auf Grundlage neuer Pläne kann eine Heizlast nach GEG-Energiestandard bei 136 m² beheizte Fläche im Nebengebäude und 40 W/m² abgeschätzt werden. Die Heizlast mit 5.4 kW macht im Gesamtkonzept keinen bemerkbaren Unterschied. Wird das Inselgebiet „Unterer Wöhrd“ mitbetrachtet kommt eine Wärmebedarf von 7.000 MWh pro Jahr laut ENP und Hot-Maps Consortium hinzu.

Um den elektrischen Energiebedarf einschätzen zu können, wurde eine Simulation zur Ertragsprognose durchgeführt. Für die Vorgabe von 50 Lux in den Fahrwegen und 100 Lux an den Stellplätzen resultiert aufgrund eines Vergleichsprojekt ein Verbrauch von 253 kWh pro Stellplatz. Bei 1.000 Stellplätzen ergibt sich ein Verbrauch von ca. 253 MWh. Es wird angenommen, dass eine Belüftung nicht notwendig ist und die dahingehende Strombedarfe werden nicht berücksichtigt. Es wird geprüft, ob eine Wärmepumpe rentabel ist und Durchlauferhitzer (elektrische Erhitzer) eingesetzt werden können. Laut GEIG muss jeder dritte Stellplatz mit einer Leitungsinfrastruktur ausgestattet werden, um bis 2050 ein Drittel der Parkplätze mit einer Ladesäule ausstatten zu

können. Bei 1.000 Stellplätzen entspricht das 334 Ladesäulen mit ± 11 kW im Jahr 2050 mit einer voraussichtlichen Energiemenge von 2.543 MWh. Die Ladesäulen werden dann sukzessiv ausgebaut.

Es ergeben sich für die Wärmeerzeugung, Beleuchtung/Nutzstrom und E-Mobilität Energieverbräuche im Jahr 2030 von 1.072 MWh, im Jahr 2040 von 2.137 MWh und im Jahr 2050 von 2.802 MWh. Der Netzanschluss im Untersuchungsgebiet muss dahingehend ausreichend groß sichergestellt werden, damit darauf zurückgegriffen werden kann, für den Fall, dass die PV-Anlage den Verbrauch nicht decken kann. Insbesondere für das Jahr 2050 mit einem vollständigen Ausbau der Ladesäulen.

Potentialanalyse

In einer Potentialanalyse werden die umliegenden und angrenzenden Bäume und Strukturen berücksichtigt und die Dachfläche wird auf Grundlage der neuesten Pläne mit Solarmodulen simuliert. Es werden Solarmodule mit einem theoretischen Wirkungsgrad von 20,8% eingesetzt. Die meteorologischen Daten am Standort werden ebenfalls berücksichtigt. Belegt wird die Dachfläche mit Modulen mit 10° Aufständigungswinkel in V-Form. 1.102 Module können mit einer Gesamtpitzenleistung von ca. 441 kWp, sowie einer jährliche Energiemenge von ca. 456 MWh aufgebracht werden. Um das maximale Erzeugungspotential genauer zu berechnen, wird ein Blendgutachten empfohlen.

Für die Wärme- und Stromversorgung ist eine Kombination aus Wärmepumpe und PV-Anlage empfehlenswert, ein zusätzlicher Stromspeicher zur Pufferung der Verbrauchs- und Produktionszeiten ist ebenfalls sehr vorteilhaft. Es soll ein effizientes Lademanagementsystem entstehen, um eine Steigerung des Eigennutzungsgrades zu erzielen.

Für die Potentialanalyse wird die Nutzung von Umweltwärme, zum Beispiel Luft-, Abwasser-, Erd- und Flusswasserwärme betrachtet. Diese Potentiale sind regenerativ und nachhaltig. Die ermittelten Potentiale basieren auf dem Bayern-Atlas und dem Energie-Atlas Bayern.

Der Untergrund am unteren Wöhrd ist für Erdwärmesonden aus hydro- und geologischer Sicht vermutlich nicht geeignet. Für ein genaueres Ergebnis wäre die Bodenbeschaffenheit mittels Probebohrung genauer zu betrachten. Die Einbringung von Erdwärmesonden, wie auch eine Probebohrung wäre vom Wasserwirtschaftsamt zu genehmigen. Das Potential, wie auch die Genehmigungsfähigkeit können nicht eingeschätzt werden. Erdwärmekollektoren sind als ein flächiges System in der Genehmigung einfacher, doch auch hier kann das Potential nur schlecht abgeschätzt werden. Energiepfähle wären dann zu empfehlen, wenn eine Pfahlgründung des Gebäudes aus statischen Gründen erforderlich wäre. Oberflächennahe Geothermie wäre denkbar, müsste jedoch noch genauer betrachtet werden.

Laut Energieatlas ist das Gebiet für eine Grundwassernutzung geeignet und würde sich auch aus geologischer und wasserwirtschaftlicher Sicht anbieten. Es müssten jedoch Untersuchungen zum Grundwasserchemismus, zur Förderrate und der möglichen Abkühlung des Grundwassers stattfinden, um eine Wärmeentzugsleistung ermitteln zu können. Das Potential kann erst nach diesen Untersuchungen abgeschätzt werden.

Für eine Potentialeinschätzung des Abwassers wären ebenfalls Messungen notwendig. Explizit in der Trockenphase (Januar-März), um den Durchfluss und die durchschnittliche Temperatur zu ermitteln. Bei mehr als 15 l/s wäre das Abwasser sicher nutzbar und könnte ca. 13.000 Haushalte versorgen. Jedoch verläuft kein Hauptsammelkanal durch den unteren Wöhrd, weshalb die Nutzung nicht möglich ist.

Mit einer hohen Ergiebigkeit, hohen Vollaststunden und einer einfachen Erschließbarkeit ist die Nutzung von Luftwärme sehr unkompliziert. Bei einer Aufstellung müsste ein Schallschutztechnisches Gutachten erstellt werden. Der Einsatz muss noch im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit abgeschätzt werden.

Durch eine Wassertemperatur der Donau von bis zu 24°C und meist nicht weniger als 3°C besteht ein hohes Potential, welches perspektivisch für die Versorgung des gesamten unteren Wöhrd genutzt werden könnte. Die Nutzung ist zu empfehlen, wie auch am Referenzprojekt der Stadtwerke Rosenheim deutlich wird. Gerade durch das hohe Potential und den hohen Innovationscharakter. Die Genehmigung und Umweltverträglichkeit kann nicht eingeschätzt werden und muss mit dem Wasserwirtschaftsamt abgeklärt werden.

Da in der Nähe keine Fernwärmenetze vorhanden sind, entfällt die Möglichkeit der Fernwärmeeinutzung.

Um Spitzenlasten explizit bei der Versorgung des gesamten Gebiets ausgleichen zu können, sind konventionelle Erzeuger integrierbar. In der Regel werden gasbetriebene BHKW oder Kessel genutzt, es können auch elektrische Heizsysteme eingesetzt werden. Denkbar wären auch Wasserstoffbetriebene Systeme. Auch Die Verbrennung von Biomasse wäre eine Alternative zu Wasserstoff und fossilen Brennstoffen. Wird der gesamte untere Wöhrd beplant, muss der Einsatz von konventionellen Erzeugern erneut bewertet werden.

Konzeptionierung

Es wird ein Energiekonzept erstellt, welches die Deckung des Wärmeenergiebedarf im Jahr 2050 von 2.802 MWh für Nutzstrom, E-Mobilität und Wärmeerzeugung für das Nebengebäude beinhaltet. Es werden zwei Varianten betrachtet, in der ersten wird vor allem das alte Eisstadion betrachtet. In der zweiten Variante wird das Inselgebiet mit einem Wärmeenergiebedarf von 7.000 MWh mitversorgt und in ein Konzept eingearbeitet.

Variante 1

Der Wärmebedarf bezieht sich nur auf das Nebengebäude, um die Räume für das Personal, wie auch die öffentlichen Sanitäreanlagen zu beheizen. Dieser wird vorzugsweise durch eine Wärmepumpe gedeckt. Warmwasser wird durch elektrische Erhitzer zur Verfügung gestellt.

Es entsteht ein gesamtheitliches Stromverteilnetz, mit einer PV-Anlage, eventuell einem Stromspeicher, den Verbrauchern wie E-Mobilität, Nutzstrom, Beleuchtung und Wärmeerzeuger und dem Stromnetz. Ziel ist ein möglichst hoher Autarkiegrad und Eigenverbrauch. Ein Stromspeicher wird in einer Simulation eingebracht und das Netz wird mit und ohne Stromspeicher in den Punkten Eigenverbrauch, Autarkiegrad, Netzeinspeisung und Netzbezug verglichen. Berechnet wird zusätzlich der Umsatz für die E-Mobilität in den folgenden Jahren bei steigenden Strompreisen.

Variante 2

Die Betrachtung des alten Eisstadions, wird zusätzlich mit einer perspektivischen Versorgung des gesamten Inselgebiets ergänzt. Möglich wäre die Wärmeerzeugung über Großwärmepumpen in einer Energiezentrale. Geeignet für die Umweltwärmenutzung wäre insbesondere die Flusswärme. Alternativ kann auch auf Luft-, Erd-, oder Grundwasserwärme zurückgegriffen werden. Hohe Lastspitzen können ggf. durch erneuerbare Energien gedeckt werden, abhängig von den Potentialen der Umweltwärmequellen müssen sie gegebenenfalls als konventionelle Spitzenlastdeckung ausgeführt werden. Bestenfalls sollte eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden, um die Art und Weise der Wärmeerzeugung, -verteilung und -übergabe zu untersuchen.

Durch die PV-Anlage erzeugter Strom könnte für den Betrieb der Energiezentrale genutzt werden. Dies sorgt für eine höhere Dynamik der Stromverteilung und der entstehenden energetischen Vorteile. Außerdem ergeben sich neben der Vermarktung des PV-Stroms weitere wirtschaftliche Anreize für den Betreiber, welcher bestenfalls Energiezentrale und Parkhaus bewirtschaftet, da er sonst eine separate Kundenanlage für die Energiezentrale umsetzen muss. Die Umsetzung der Kundenanlage müsste in dieser Konstellation noch genauer geprüft werden.

Für die Optimierung der Wärmeversorgung durch eine Wärmepumpe sollten keine Vorlauftemperaturen über 40°C angesetzt werden, da ein Niedertemperaturnetz weniger Verluste aufweist. Hohe Spitzenlasten sind laut aktuellem Stand vorerst nicht zu erwarten, für den Fall, dass das gesamte Inselgebiet versorgt werden soll, sind vermutlich konventionelle Erzeuger für die Spitzenlastdeckung einzuplanen. Eine weitere Effizienzmaßnahme wäre die Untersuchung und Planung von Energiespeichern, um die Wirtschaftlichkeit und Emissionsreduzierung zu verbessern.

Es ergeben sich Planungsvorschläge und erforderliche bauliche Anpassungen,

für das Parkhaus:

- Vorhalten der notwendigen PV-Flächen
- Abgestimmte Planung der Dachbelegungen
- Kurze Wege zu Anschlusspunkten
- Kurze Wege zu Verbrauchspunkten
- Flächen im B-Plan für Versorgungszonen
- ggf. Leitungsrechte und Dienstbarkeiten
- Prüfung der notwendigen Flächen

für das ganze Inselgebiet:

- Berücksichtigung von Flächen für Nutzung erneuerbarer Energien
- Prüfung geeigneter Flächen und Erschließung der Energiezentrale
- Kurze Wege von öffentlicher Versorgungstrasse zu Anschlussräumen

Neben einer effizienten und regenerativen Versorgung entstehen Möglichkeiten für die anliegenden Energieverbraucher. Die perspektivische Versorgung des Inselgebiets würde für eine Reduzierung der Umweltbelastung und für geringere Kosten der Endverbraucher sorgen. Sollte dies in Betracht bezogen werden, ist die Berücksichtigung in der weiteren Planung notwendig.

Anhaltswerte für eine grobe Kostenschätzung wurden auf Basis von Erfahrungen und Angeboten aus dem Jahr 2022 ermittelt. Die momentan dynamischen Preisentwicklungen ergeben große Unsicherheiten bei der Prognose. Die Angaben sind daher leider wenig belastbar und prognostizierbar.

Bei einer spezifischeren Planung ist die Berücksichtigung von juristischen Gutachten und Überlegungen besonders wichtig. Das sind beispielsweise Energie- und Umweltrechtliche Gutachten, Genehmigungsrechtliche Untersuchungen, Netzanschlussrechtliche Beurteilungen und Vertragsrechtliche Beurteilungen.

Verantwortlichkeiten müssten geklärt werden. Als Betreiber kommt die Stadt Regensburg, wie auch eine Tochtergesellschaft oder auch ein externes Unternehmen in Frage.

Durch das hohe Potential zur PV-Stromerzeugung ist eine rein elektrische Wärmeerzeugung sinnvoll. Auf konventionelle Energieträger kann verzichtet werden. Für das gesamte Inselgebiet ist die Lage anders zu bewerten. Denkbar wäre auch hier die Spitzenlastdeckung durch erneuerbare Energien. Ist die Nutzung an diesem Standort jedoch nicht ausreichend vorhanden, muss auf konventionelle Energieträger zurückgegriffen werden.

Als Grundlage für die spätere Wirtschaftlichkeit ist die Realisierung von Kundenanlagen innerhalb des B-Plans zu beachten. Durch die Verbindung von Verbrauchern und Erzeuger kann ein höherer Anteil des lokal erzeugten Stroms genutzt werden. Außerdem kann überschüssiger PV-Strom auf herkömmliche Weise in das Stromnetz eingespeist werden. Damit wird ein Beitrag zur Wirtschaftlichkeit des Energiesystems geleistet. Vor allem durch die E-Mobilität mit der Nutzung des lokalen Stroms kann die Umsetzung einer Kundenanlage sinnvoll sein. Es entsteht ein hohes Potential den eigens produzierten Strom direkt zu vermarkten und damit positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtsystems einzuwirken.

Abschließend lässt sich sagen, dass das Untersuchungsgebiet und vor allem darüber hinaus ein hohes Potenzial aufweist dazu beizutragen, das CO₂-Reduktionsziel des Leitbilds „Energie und Klima“ der Stadt Regensburg zu erreichen.

Literaturverzeichnis

- [1] Stadt Regensburg, „Energienutzungsplan Teilbericht B,“ 28 04 2014. [Online]. Available: <https://www.regensburg.de/fm/121/113005-energienutzungsplan-teilbericht-b-ist-zustand-verbrauch.pdf>.
- [2] Hotmaps Consortium, „Hotmaps EU,“ 16 02 2023. [Online]. Available: <https://www.hotmaps.eu/map>.
- [3] Schweizer Ingenieur- und Architektenverein, „sia,“ 16 02 2023. [Online]. Available: <https://www.sia.ch/de/der-sia/der-sia/>.
- [4] EBP Schweiz AG, „Szenarien der Elektromobilität in Deutschland,“ 2018.
- [5] Bundesamt für Justiz, *Gebäude-Elektromobilitätsinfrastruktur-Gesetz*, 2021.
- [6] Verband der Bayerischen Energie- und Wasserwirtschaft e.V., „e-netze allgäu,“ 04 2019. [Online]. Available: https://www.e-netzeallgaeu.de/media/VBEW-Hinweis_E-Mobilitaet.pdf.
- [7] Bayerischer Rundfunk, „BR24,“ 14 02 2023. [Online]. Available: <https://www.br.de/nachrichten/wirtschaft/eu-parlament-beschliesst-ab-2035-nur-noch-co2-freie-neuwagen,TVqB82O>.
- [8] Bayerische Staatsregierung, „Energie-Atlas Bayern,“ 16 02 2023. [Online]. Available: https://www.karten.energieatlas.bayern.de/start/?lang=de&topic=energie_gesamt&bgLayer=atkis.
- [9] Bosch Industriekessel GmbH, „Bosch-Thermotechnology, UT-L,“ 02 2023. [Online]. Available: <https://www.bosch-thermotechnology.com/de/de/ocs/gewerbe-industrie/unimat-heizkessel-ut-l-669463-p/>.
- [10] Umweltbundesamt.de, „Umwelt Bundesamt,“ 02 12 2022. [Online]. Available: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/heizen-holz>.
- [11] BR24, „BR Nachrichten,“ 02 12 2022. [Online]. Available: <https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/holzverbrennung-eu-beschluss-spaltet-die-gemueter,THbNQb0>.
- [12] EBP Deutschland GmbH, 20 04 2018. [Online]. Available: https://www.ebp.de/sites/default/files/unterthema/uploads/2018-04-20_EBP_D_EmobSzen_PKW_2018_0.pdf.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Blick von Nibelungenbrücke Richtung Wöhrdstraße	6
Abbildung 2: Blick von Nibelungenbrücke auf Parkfläche	6
Abbildung 3: Blick auf Allee am Donauufer	6
Abbildung 4: Blick von Auffahrt Nibelungenbrücke auf Parkfläche	6
Abbildung 5: Blick von Wöhrdstraße auf DJH-Jugendherberge	6
Abbildung 6: Auffahrt Wöhrdstraße	6
Abbildung 7: Änderung FNP, im Bereich „altes Eisstadion“	7
Abbildung 8: Entwurf Bebauungsplan Nr. 279, altes Eisstadion, Stadt Regensburg	8
Abbildung 9: Ausschnitt ENP Regensburg, Wärmebedarfsabschätzung pro Gebäude	10
Abbildung 10: Gleichzeitigkeitsfaktoren an öffentlichen Ladesäulen, VBEW	13
Abbildung 11: Prognose elektrische Energiemengen, E-Mobilität	13
Abbildung 12: Simulationsmodell, PV-Potenzial Parkhaus	17
Abbildung 13: Ausschnitt Energieatlas, Eignung oberflächennahe Geothermie	19
Abbildung 14: Potenziell nutzbare Grünflächen für Flächensysteme	20
Abbildung 15: Ausschnitt ENP, Potenzielle Abwasserwärmenutzung	21
Abbildung 16: Messwerte Wassertemperatur Donau, Regensburg Pfaffenstein (Gewässerkundlicher Dienst Bayern)	22
Abbildung 17: Schema "Wärmeversorgung des Nebengebäudes"	25
Abbildung 18: Schema "Dezentrale Versorgung Parkhaus mit Durchlauferhitzer"	26
Abbildung 19: Schema Stromverteilung "Variante 1 – Altes Eisstadion"	27
Abbildung 20: Schema "Zentrale Wärmeerzeugung Unterer Wöhrd - Niedertemperatur"	29
Abbildung 21: Schema "Zentrale Wärmeerzeugung Unterer Wöhrd - Hochtemperatur"	30
Abbildung 22: Schema Stromverteilung "Variante 2 – Bebauungsplan + Unterer Wöhrd"	31

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht prognostizierte elektrische Energiemengen bis 2030-2050.....	14
Tabelle 2: Simulationsergebnisse, Dach-PV-Potential	17
Tabelle 3: Simulationsergebnisse der Varianten 1 und 2	28