

K3 - Klimaneutrales Klinikum Klagenfurt: Sondierung

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 37/2026

Wien, 2026

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination: Abteilung III/3 - Energie und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Isabella Warisch

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DIⁱⁿ (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren:

Stefan Guggenberger, BSc. Dr. Georg Eichler, IPAK GmbH

DI Martin Beermann, DI Dr. Sebastian Bock, BSc., Mag.^a Dr.ⁱⁿ Ingrid Kaltenegger, DI

Christian Joachim Gruber, Eva Trausinger, Bakk. BSc. MSc., JOANNEUM RESEARCH

Mag.^a Petra Aichholzer, KABEG

Wien, Klagenfurt 2026. Stand: März 2026

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an iii3@bmimi.gv.at.

Rechtlicher Hinweis

Dieser Ergebnisbericht wurde von die/der Projektnehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die/der Projektnehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die/der Projektnehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die/der Projektnehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem FTI-Schwerpunkt „Klimaneutrale Stadt“ des Bundesministeriums für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) und Klima- und Energiefonds (KLIEN). Im Rahmen dieses Schwerpunkts werden Forschung, Entwicklung und Demonstration von Technologien und Innovationen gefördert, mit dem Ziel, einen essentiellen Beitrag zur Erreichung der Klimaneutralität in Gebäuden, Quartieren und Städten zu liefern. Gleichzeitig wird dazu beigetragen, die Lebens- und Aufenthaltsqualität sowie die wirtschaftliche Standortattraktivität in Österreich zu erhöhen. Hierfür sind die Forschungsprojekte angehalten, einen gesamtheitlichen Ansatz zu verfolgen und im Sinne einer integrierten Planung – wie auch der Berücksichtigung aller relevanten Bereiche wie Energieerzeugung, -speicherung und -verteilung, Berücksichtigung von gebauter Infrastruktur, Mobilität und Digitalisierung – angewandte und bedarfsorientierte Fragestellungen zu adressieren.

Um die Wirkung des FTI-Schwerpunkts „Klimaneutrale Stadt“ zu erhöhen, ist die Verfügbarkeit und Verbreitung von Projektergebnissen ein elementarer Baustein. Durch Begleitmaßnahmen zu den Projekten – wie Kommunikation und Stakeholdermanagement – wird es ermöglicht, dass Projektergebnisse skaliert, multipliziert und „Von der Forschung in die Umsetzung“ begleitet werden. Daher werden alle Projekte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform [nachhaltigwirtschaften.at](https://www.nachhaltigwirtschaften.at) frei zugänglich gemacht. In diesem Sinne wünschen wir allen Interessierten und Anwender:innen eine interessante Lektüre.

Inhalt

Vorbemerkung	4
1 Kurzfassung	6
2 Abstract	9
3 Projektinhalt	11
3.1 Ausgangslage, Projektaufbau und Vorgangsweise	11
3.2 Wissenschaftliche Herangehensweise und methodischer Ansatz:.....	13
4 Ergebnisse	16
4.1 Klimabilanz und Hotspotanalyse.....	16
4.2 Verkehrsmodell	18
4.3 Einzelmaßnahmen, Potentialanalyse.....	20
4.4 Transformationspfade für klimaneutrales Klinikum	21
4.5 Dekarbonisierung der Dampferzeugung.....	23
4.6 Erstellung einer begleitenden Mikroklimaanalyse.....	28
4.7 Stakeholderprozess.....	35
4.8 Beitrag des Projekts zu den Gesamtzielen der Mission „Klimaneutrale Stadt“	36
5 Schlussfolgerungen	38
6 Ausblick und Empfehlungen	40
Abbildungsverzeichnis	42
Tabellenverzeichnis	42
Data Management Plan (DMP)	43

1 Kurzfassung

Die Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee nimmt als einzige österreichische Stadt an der EU Cities Mission "100 climate neutral and smart cities by 2030" teil. Der Fahrplan zur Erreichung der angestrebten (bilanziellen) Klimaneutralität ist im sogenannten "Climate City Contract", welcher im Herbst 2023 von der EU-Kommission akzeptiert wurde, beschrieben und auf lokaler Ebene mit der Version 7.2 der Smart City Klimastrategie politisch beschlossen.

Das ambitionierte Klimaziel kann nur durch enge Zusammenarbeit mit internen und externen Stakeholdern erreicht werden. Das Klinikum Klagenfurt, ist hierbei mit einer Gesamtfläche von ca. 442.000 m², rund 4.000 Mitarbeiter:innen und über 1.000 Betten ein energie- und ressourcenintensiver Betrieb mit entsprechenden Auswirkungen auch über die Betriebsgrenzen hinaus. Auch wenn am Klinikum Klagenfurt bereits seit vielen Jahren erfolgreich diverse Klimaschutzmaßnahmen umgesetzt werden und seit über 10 Jahren eine EMAS-Zertifizierung vorliegt, fehlte es bislang an einem umfassenden, systematischen Ansatz zur THG-Bilanzierung und einer daraus folgenden Evaluierung der Auswirkungen auf lokale und nationale Klimaziele.

Im Sondierungsprojekt K3 (Klimaneutrales Klinikum Klagenfurt) erarbeiteten die Projektpartner IPAK GmbH, JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH und Landeskrankenanstalten-Betriebsgesellschaft-KABEG eine vollständige Treibhausgasbilanz und eine daraus folgende Hotspotanalyse. Diese umfassen die direkten THG-Emissionen (Scope 1), die indirekten THG-Emissionen durch die Erzeugung eingesetzter Energie (Scope 2) sowie die indirekten THG-Emissionen von vor- und nachgelagerten Prozessen (Scope 3) in den Unterkategorien Scope 3.1 (Eingekaufte Güter), 3.2 (Kapitalgüter), 3.3 (Energiebezogene Aktivitäten), 3.4 (Vorgelagerter Transport), 3.5 (Abfälle), 3.6 (Geschäftsreisen), 3.7 (Mobilität von Pendler:innen) und einer zusätzlich eingeführten Kategorie 3.16 (Mobilität von Patient:innen und Besucher:innen).

Basierend auf den Ergebnissen der Hotspotanalyse wurde der aktuelle Status bewertet, wobei in der Umsetzung befindliche Maßnahmen bzw. geplante Maßnahmen berücksichtigt und mit Empfehlungen wie beispielsweise des Leitfadens „Strategie Klimaneutrales Gesundheitswesen“ des Bundesministeriums für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK) verglichen wurden. Der Impact der THG-Emissionen in der vorgelagerten Wertschöpfungskette (Scope 3) beträgt rund 90% (marktbasiert) der Gesamtemissionen.

Indirekte THG-Emissionen durch die Erzeugung eingesetzter Energie (Scope 2) betragen etwa 9,0% der Gesamtemissionen, wobei der Bezug von Industriedampf hier den wesentlichen Einfluss auch auf lokaler Ebene generierte. Im Rahmen einer eigens beauftragten Machbarkeitsstudie zur THG-Emissionsreduktion im Dampfbereich wurde geprüft, inwieweit Alternativen zur erdgasbasierten

Dampferzeugung technisch und wirtschaftlich umsetzbar sind. Die Analyse zeigte, dass entsprechende Optionen unter den aktuellen Rahmenbedingungen derzeit nur eingeschränkt wirtschaftlich tragfähig sind.

Auf Basis der THG-Emissionsbilanz im Referenzjahr 2023 entwickelte JOANNEUM RESEARCH prospektive Transformationspfade und analysierte und bewertete Maßnahmenbündel. Transformationspfade unterstützen das Management bei langfristigen, strategischen Entscheidungen bzw. Zielen mit einer nachvollziehbaren Datenbasis und zeigen klar den Einfluss unterschiedlicher Handlungsoptionen zur THG-Reduktion auf. Im Rahmen der Sondierung erstellte JOANNEUM RESEARCH drei Transformations-Szenarien: (i) ein „Referenzszenario“ ohne KABEG-interne Maßnahmen, (ii) ein „Maßnahmenszenario“ mit bereits geplanten Maßnahmen der KABEG und (iii) ein „Klimaneutralitätsszenario“ mit kalkulierbaren, langfristig wirksamen Handlungsstrategien. Das ambitionierte Klimaneutralitätsszenario berücksichtigt optimistische externe politische Rahmenbedingungen sowie alle vorgeschlagenen internen Maßnahmen und prognostiziert eine THG-Emissionsreduktion von -48% bis -68% im Jahr 2050 gegenüber dem Referenzjahr 2023. Die durch unterschiedliche sozio-ökonomische Entwicklungspfade induzierte Schwankungsbreite der Ergebnisse ist im Klimaneutralitätsszenario geringer gegenüber den Referenzszenarien, was auf robuste Maßnahmen schließen lässt. Die Analyse zeigt jedoch eindeutig eine hohe Abhängigkeit des Gesundheitsbereichs von internationalen, nationalen und regionalen Entwicklungen sowie von der Umsetzungsgeschwindigkeit effektiver Klimaschutzmaßnahmen auf politischer Ebene.

Aufgrund des bereits fortschreitenden Klimawandels ist es immer wichtiger, bei sämtlichen Klimaschutzmaßnahmen auch mögliche Klimawandelanpassungsmaßnahmen zu bedenken. Ein besonderes Augenmerk liegt hier beispielsweise auf der Überhitzung städtischer Gebiete (Urban Heat Island) durch Versiegelung. Durch intelligente Bauweisen und Begrünung kann dem Urban Heat Island Effekt jedoch relativ gut entgegengewirkt werden. Zur systematischen Bewertung klimawandelbedingter Hitzeeffekte und zur Ableitung geeigneter Anpassungsmaßnahmen wurde am Klinikum Klagenfurt eine Mikroklimaanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse zeigen, dass es an Sommertagen in einzelnen Bereichen des Klinikareals zu erhöhten Wärmebelastungen kommt, eine großflächige Überhitzung derzeit jedoch noch nicht vorliegt. Vor dem Hintergrund zunehmender Hitzetage infolge des Klimawandels besteht das strategische Ziel darin, klimatisch begünstigte Bereiche langfristig zu sichern und durch klimaresiliente Bauweise, gezielte Begrünungsmaßnahmen, Entsiegelung sowie die Schaffung zusätzlicher Grün- und Freiflächen die thermische Aufenthaltsqualität und Widerstandsfähigkeit des Standorts nachhaltig zu stärken.

In einem großen Betrieb wie dem Klinikum Klagenfurt sind Verantwortlichkeiten für Externe meist nicht sofort erkennbar, und viele der im Projekt behandelten Themen involvieren eine Vielzahl an internen und externen Stakeholdern. Aus diesem Grund wurde gleich zu Projektbeginn eine umfangreiche Stakeholderanalyse durchgeführt und Stakeholder entsprechend kategorisiert. Eine Stakeholdermap wurde mit dem Fortschreiten des Projektes kontinuierlich aktualisiert. Dank der Maßnahmenentwicklung in Kombination mit der Stakeholderanalyse konnten schon während der Son-

dierung erste Umsetzungsmaßnahmen angestoßen werden. Während manche Umsetzungsmaßnahmen State of the Art sind (Errichtung E-Car-Sharing-Standort, Bike-Sharing-Standort etc.), zeigte die Sondierung durchaus auch einige Themenbereiche auf, in welchen es gilt, innovative Lösungsansätze zu entwickeln und zu testen. Die Möglichkeiten eines FTI-Förderprojektes werden aktuell vom Projektteam evaluiert.

2 Abstract

The provincial capital Klagenfurt on Lake Wörthersee is the only Austrian city participating in the EU Cities Mission “100 Climate-Neutral and Smart Cities by 2030.” The roadmap for achieving the targeted (balance-based) climate neutrality is outlined in the so-called Climate City Contract, which was accepted by the European Commission in autumn 2023 and politically adopted at the local level through version 7.2 of the Smart City Climate Strategy.

The ambitious climate goal can only be achieved through close cooperation with internal and external stakeholders. With a total area of approximately 442,000 m², around 4,000 employees, and more than 1,000 beds, the Klagenfurt Hospital (Klinikum Klagenfurt) is an energy- and resource-intensive operation with corresponding impacts extending beyond its direct boundaries. Although the hospital has successfully implemented various climate protection measures over many years and has held EMAS certification for more than a decade, there has so far been no comprehensive, systematic approach to greenhouse gas (GHG) accounting and subsequent evaluation of the impacts on local and national environmental targets.

Within the exploratory project K3 – Climate-Neutral Klagenfurt Hospital, the project partners IPAK GmbH, JOANNEUM RESEARCH, and the Regional Hospital Operating Company (KABEG) developed a complete greenhouse gas inventory and corresponding hotspot analysis. This includes direct GHG emissions (Scope 1), indirect emissions from generated energy used (Scope 2), and indirect emissions from upstream and downstream processes (Scope 3), divided into the subcategories 3.1 (Purchased goods), 3.2 (Capital goods), 3.3 (Energy-related activities), 3.4 (Upstream transport), 3.5 (Waste), 3.6 (Business travel), 3.7 (Employee commuting), and an additionally introduced category 3.16 (Patient and visitor mobility).

Based on the hotspot analysis results, the current status was assessed, taking into account ongoing and planned measures and comparing them to recommendations — for example, those of the Strategy for a Climate-Neutral Healthcare System published by the Federal Ministry of Social Affairs, Health, Care and Consumer Protection (BMSGPK). The impact of upstream supply chain emissions (Scope 3) accounts for around 90% (market-based) of total emissions. Indirect GHG emissions from energy generation (Scope 2) represent about 9% of total emissions, with industrial steam procurement having a particularly significant local effect. A dedicated feasibility study was commissioned to explore technically and economically viable alternatives to natural gas-based steam generation. The analysis revealed that, under current framework conditions, the available options are only economically feasible to a limited extent.

Based on the 2023 reference-year GHG inventory, JOANNEUM RESEARCH developed prospective transformation pathways and analysed and evaluated sets of measures. Transformation pathways

support management in making long-term strategic decisions by providing a sound data basis and demonstrating the impact of various GHG reduction options. Within the exploratory study, JO-ANNEUM RESEARCH created three transformation scenarios: (i) a “reference scenario” without internal KABEG measures, (ii) an “action scenario” including KABEG’s planned measures, and (iii) a “climate-neutrality scenario” featuring feasible long-term strategies. The ambitious climate-neutrality scenario assumes favourable external political conditions, incorporates all proposed internal measures, and forecasts a GHG emission reduction of between -48% and -68% by 2050 compared to the reference year 2023. The variability of results driven by different socio-economic development paths is narrower in the climate-neutrality scenario than in the reference scenarios, indicating the robustness of the measures. However, the analysis clearly highlights the strong dependency of the healthcare sector on international, national, and regional developments as well as the pace of implementation of effective political climate protection measures.

Given the ongoing progression of climate change, it is becoming increasingly important to consider potential climate adaptation measures alongside mitigation actions. Particular attention should be paid to the overheating of urban areas (Urban Heat Island effect) caused by sealing surfaces. Smart building design and greening can effectively counteract this effect. To systematically assess heat-related impacts of climate change and derive appropriate adaptation measures, a microclimate analysis was carried out at the Klagenfurt Hospital. Results show that certain parts of the hospital grounds experience increased heat load during summer days, although large-scale overheating has not yet been observed. In light of the projected rise in hot days, the strategic objective is to preserve climatically favourable zones in the long term and to enhance the thermal comfort and resilience of the site through climate-resilient construction, targeted greening, surface unsealing, and the creation of additional green and open spaces.

In a large institution like the Klagenfurt Hospital, responsibilities are often not immediately visible to external parties, and many of the topics addressed in the project involve a large number of internal and external stakeholders. For this reason, an extensive stakeholder analysis was conducted at the beginning of the project, and stakeholders were categorized accordingly. The stakeholder map was continuously updated as the project progressed. The combination of measure development and stakeholder analysis enabled the initiation of first implementation steps already during the exploratory phase. While some of these measures are state of the art (e.g., establishing e-car-sharing and bike-sharing stations), the exploratory phase also revealed several areas where innovative approaches need to be developed and tested. The project team is currently evaluating the potential of a research, technology, and innovation (RTI) funding project to pursue these opportunities further.

3 Projektinhalt

3.1 Ausgangslage, Projektaufbau und Vorgangsweise

Für die Erreichung der angestrebten Klimaneutralität Klagenfurts ist die Zusammenarbeit mit internen und externen Stakeholdern elementar. Mit knapp 4.000 MitarbeiterInnen ist das Klinikum Klagenfurt nicht nur der größte Arbeitgeber, sondern nimmt mit einer Gesamtfläche von über 442.000 m² auch eine beachtliche Fläche der Stadt ein. Auch wenn das Klinikum Klagenfurt bereits seit vielen Jahren Klima- und Umweltschutzmaßnahmen umsetzt und seit 10 Jahren eine regelmäßige EMAS-Zertifizierung erfolgt, fehlt es bislang an einer ganzheitlichen Klimabilanz (Scope 1 – Scope 3) und entsprechenden Transformationspfaden. Es gibt bereits Studien zu THG-Emissionen im Gesundheitswesen. Allerdings fokussieren sich diese oft nur auf einzelne medizinische Behandlungen. Treibhausgasbilanzen bilden zusätzlich teilweise nicht alle relevanten Emissionskategorien ab.

Im Zuge der K3-Sondierung wurde ein systematischer und ganzheitlicher Ansatz verfolgt, mit dem Ziel, klare “Hotspots” zu identifizieren. Basierend auf den Ergebnissen wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern und externen Stakeholdern drei Transformationspfade erarbeitet. Adressiert wurden dabei sowohl die direkten Emissionen durch den Verbrauch fossiler Energieträger für die Erzeugung von Prozesswärme – als auch die indirekten Emissionen von Treibhausgasen, die beispielsweise aus dem Bezug von Wärme und Strom, dem Güterverbrauch, sowie aus der Beschäftigten- oder der Besucher:innenmobilität resultieren.

Ergänzt wurden die Projektaktivitäten mit Bezug zu direkten und indirekten Treibhausgasen in weiterer Folge durch eine detaillierte Mikroklimastudie um begleitend zu den Emissionssektoren auch den Bereich der Klimawandelanpassung abdecken zu können. Die Identifikation von urbanen Hitzeeinseln und Handlungsempfehlungen sowie Maßnahmen, um diesen Herausforderungen auf Basis des Klimawandels entgegenzuwirken, bedeuten eine holistische Betrachtung eines Quartiers mit einer speziellen Funktion, in diesem Fall ist die Funktion der Gesundheitsversorgung. Das Projekt entspricht in diesem Zusammenhang den Zielen der Mission klimaneutrale Stadt mit dem Fokus auf einer klimaneutralen Quartiersentwicklung, auch wenn das Quartier in dieser Form keine Wohnfunktion verfolgt.

Die Sondierung beinhaltet folgende fünf Arbeitspakete:

AP1 - Projektmanagement: u.a. Austausch mit Projektpartnern (inklusive Partnermeetings), Erstellung und Abschluss eines Konsortialvertrages, Austausch mit der Förderstelle, Berichtslegung.

AP2 - Klimabilanz Status Quo und Hotspot-Analyse: u.a. Erstellung einer Klimabilanz, Identifikation von THG-Hotspots, Sensitivitätsanalyse.

AP3 - Bewertung Status Quo und Innovationen: u.a. Maßnahmenbewertung und Potentialanalyse, Verkehrsmodellierung, Mikroklimaanalyse (Klimawandelanpassung).

AP4 - Transformationspfade für ein klimaneutrales Klinikum in der klimaneutralen Stadt: u.a. Entwicklung von Transformationspfaden mit verschiedenen Szenarien, Gap-Definition zwischen Klimazielen und Maßnahmen.

AP5 - Dissemination und Stakeholder Involvement: Identifikation und Integration von Stakeholdern, Öffentlichkeitsarbeit, Teilen der Projektergebnisse.

Das Projektkonsortium, das sich den oben aufgelisteten Themen bzw. Arbeitspaketen widmete, setzte sich aus den folgenden drei Projektpartnern zusammen:

International Projekt Management Agency on Lake Wörthersee GmbH (IPAK):

Die IPAK GmbH ist zu 90% im Besitz der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und zu 10% im Besitz der Tourismus Region Klagenfurt am Wörthersee GmbH. Die IPAK ist eine nicht wirtschaftlich tätige, gemeinnützige Gesellschaft. Ihr Zweck ist es, mit Hilfe von nationalen und internationalen Förderprogrammen Projekte zur Aufbereitung innovativer Technologien zu entwickeln und umzusetzen, um damit einen Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung des Standortes Klagenfurt am Wörthersee zu leisten. Im Zuge des Pionierstadtprogramms (ÖÖK - Mission 2030) ist die IPAK mit der Abwicklung der Klimapionierstadt Klagenfurt betraut. Sämtliche Projektinhalte entsprechen der Smart City Klimastrategie (V7.2), den Zielen des im Zuge der EU-Cities Mission entwickelten und zertifizierten Climate City Contracts und dem Pionierstadt-Vorhaben. Als Projektlead war die IPAK GmbH mit dem Projektmanagement (AP1) betraut und unterstützte zusätzlich bei der Dissemination und dem Stakeholder Involvement. Besonders hervorzuheben ist das umfangreiche Netzwerk der IPAK GmbH, dank dessen auf unkomplizierte Art und Weise ein Austausch mit identifizierten Stakeholdern möglich war.

KABEG:

Die KABEG, als führender Gesundheitsversorger in Kärnten und Betreiber des Klinikum Klagenfurts, betont die Bedeutung eines aktiven Umweltmanagements als entscheidenden Erfolgsfaktor. Seit über 10 Jahren entwickelt sich das Umweltschutz- und Nachhaltigkeitsthema zu einem umfassenden Handlungsbereich. Die KABEG setzt sich für die Reduktion negativer Umweltauswirkungen ein und ist mit allen Standorten nach EMAS III zertifiziert. Zielsetzungen des Umweltmanagements umfassen die Verminderung von Stoffeinsatz, Energie- und Abfallmengen, Kostensenkung durch Ressourcensparsamkeit, ständige Verbesserung der Umweltleistung wie zum Beispiel durch ökologisches und energieeffizientes Bauen und Sanieren. Die KABEG hat als erster öffentlicher Krankenhausverbund in Österreich das EMAS-Zertifikat an allen Standorten eingeführt. Da das Forschungsobjekt „Klinikum Klagenfurt“ der KABEG zugeordnet ist, leistete der Projektpartner einen wesentli-

chen Beitrag zum Erfolg des Vorhabens. Das KABEG-Projektteam unterstützte sämtliche Arbeitspakete, unter anderem durch die Bereitstellung relevanter Daten, die Koordination mit anderen Abteilungen, Aktivitäten der Öffentlichkeitsarbeit sowie zahlreiche Diskussionsrunden im Rahmen der Maßnahmenentwicklung.

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH (JR) – Institut für Klima, Energiesysteme und Gesellschaft (LIFE)

JOANNEUM RESEARCH ist eine außeruniversitäre Forschungsgesellschaft in Österreich mit Hauptsitz in Graz, im Eigentum der Länder Steiermark, Kärnten und Burgenland. Rund 500 Mitarbeitende aus über 25 Nationen forschen an sechs Standorten an Lösungen und Technologien für Gesellschaft, Wirtschaft und Industrie. Eigentümer sind das Land Steiermark, die Kärntner Betriebsansiedlungs- & Beteiligungsgesellschaft (BABEG) und die Wirtschaftsagentur Burgenland GmbH.

Als eine der größten Forschungsgesellschaften Österreichs übernimmt JOANNEUM RESEARCH Verantwortung bei der Identifikation und Entwicklung von Lösungen für gesellschaftsrelevante Herausforderungen wie Klimawandel, Energieversorgung, Gesundheit und Pflege, digitale Transformation, Mobilität, aber auch von sozialen Veränderungen. Das Institut LIFE forscht zu zentralen Fragen rund um Klima-, Energie- und gesellschaftliche Systeme mit wissenschaftlich fundierter Modellierung, Wirtschaftlichkeitsberechnung und Lebenszyklusanalyse. JR LIFE ermittelt die CO₂-Bilanz des gesamten Lebenszyklus von Produkten und Dienstleistungen unter Berücksichtigung aller dabei entstehender vor- und nachgeschalteter Umweltwirkungen.

Als wissenschaftlicher Partner war Joanneum für einen Großteil der überwiegend wissenschaftlichen Sondierung verantwortlich.

3.2 Wissenschaftliche Herangehensweise und methodischer Ansatz:

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde die **prospektive Lebenszyklusanalyse (pLCA)** eingesetzt, um eine **Treibhausgasbilanz und Transformationspfade für das Klinikum Klagenfurt zu entwickeln**. Zunächst musste dazu die Methode der prospektiven LCA, die zur Bewertung zukünftiger Produkte und Prozesse verwendet wird, auf die spezifischen Rahmenbedingungen des Krankenhausstandorts übertragen werden:

(1) Wesentlichkeitsanalyse: Die Definition, welche Prozesse in die Analyse einbezogen werden (Arzneimittel, induzierte Mobilität), beeinflusst das Ergebnis stark. Die Projektpartner erstellten eine

Wesentlichkeitsanalyse gemäß Greenhouse Gas Protocol¹ (GHG-Protocol), um sowohl direkte als auch indirekte Umweltauswirkungen zu inkludieren. Das Ergebnis ist eine komplette Analyse der Emissionen gemäß GHG-Protocol inklusive aller relevanter Emissionskategorien im komplexen Scope 3.

(2) Umfang des Inventars: Alle relevanten Prozesse und Aktivitäten – über den vielfältigen Produkteinkauf, den Energieverbrauch bis hin zur Abfallentsorgung – mussten abgebildet und deren Entwicklung abgeschätzt werden. Diese Umlegung der prospektiven LCA erforderte die Umsetzung neuer Methoden, um mögliche Unternehmensziele sowie territoriale Klimaziele mit den dynamischen Rahmenbedingungen des Gesundheitssektors zu verbinden.

(3) Prognose der Vordergrunddaten: Ein Kernpunkt war die Vordergrunddatenprognose. Das Konsortium erstellte quantitative Vorhersagen über Energiebedarf, Materialeinsatz und die induzierte Mobilität. Wir kombinierten die Analyse historischer Trends und Vordergrundsszenarien, um plausible Werte zu generieren.

(4) Prognose der Hintergrunddaten: Die Nutzung geeigneter Hintergrunddaten für das sehr heterogene Produktportfolio des Krankenhauses war eine weitere Hürde. Das Portfolio reicht von medizinischen Artikeln über Bau- und Renovationsmaterialien bis hin zu IT-Geräten und Lebensmitteln. Da viele der Produkte nicht in bestehenden LCA-Datenbanken vertreten sind, wurden generalisierte Annahmen für Produktkategorien getroffen.

(5) Prognose zukünftiger Entwicklungen: Es wurden sozio-ökonomische Modelle mittels Methoden der prospektiven LCA umgelegt, um zukünftige Sachbilanzen zu extrapolieren. Die Modifikation der zugrundeliegenden Datenbanken berücksichtigt regionale Transformationen und zukünftige Marktentwicklungen durch politische Maßnahmen. Diese langfristige Prognose (10–30 Jahre) ist mit unterschiedlichen politischen und technologischen Entwicklungspfaden verknüpft, weshalb mehrere Szenarien in einer Sensitivitätsanalyse parallel evaluiert wurden.

(6) Stakeholdereinbindung: Ein weiterer kritischer Erfolgsfaktor war die Einbindung aller relevanten Akteure in den Prozess. Das Krankenhaus als Großunternehmen umfasst zahlreiche interne Abteilungen (z.B. medizinische Fachabteilungen, Technischer Bereich, Speise- und Wäscheversorgung, Informatik, Kommunikations- und Medizintechnik, zentraler Einkauf) sowie externe Stakeholder (Lieferanten, Krankenkassen, Behörden, Gesellschafter). Wir organisierten mehrere Workshops und kontinuierliche Feedback-Loops, um sicherzustellen, dass die getroffenen Annahmen den operativen Realitäten entsprechen und gleichzeitig die strategischen Zielvorstellungen aller Beteiligten widerspiegeln. Die Kombination aus prospektiver LCA und intensiver Stakeholder-Einbindung ermög-

¹The Greenhouse Gas Protocol: a Corporate Accounting and Reporting Standard, Revised Edition. 2004. Publisher: World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development, ISBN: 1-56973-568-9

lichte es, einen realistischen Transformationspfad zu konzipieren. Die beschriebenen Herausforderungen verdeutlichen, dass die Anwendung prospektiver LCA in einem komplexen Unternehmensumfeld weit mehr erfordert als reine Modellierung – sie verlangt ein integriertes Vorgehen, das Dateninnovation, interdisziplinäre Zusammenarbeit und Managementstrukturen miteinander verbindet.

4 Ergebnisse

4.1 Klimabilanz und Hotspotanalyse

Als Ausgangspunkt einer Roadmap für das Klinikum Klagenfurt wurde eine Klimabilanz für das Jahr 2023 erstellt. Diese umfasst alle als relevant identifizierten direkten und indirekten Emissionsbeiträge, welche durch den Betrieb des Klinikums Klagenfurt entstehen. Die THG-Bilanz wurde von JO-ANNEUM RESEARCH in enger Abstimmung mit Ansprechpartner*Innen der KABEG erstellt.

Die Ermittlung aller emissionsrelevanten Geschäftsaktivitäten umfasste vielfältige Bereiche des Klinikums Klagenfurt, und erforderte eine koordinierte Datensammlung und anschließende Zusammenstellung. Bei Datenlücken oder Unsicherheiten wurden geeignete Annahmen getroffen und begründet. Die Kategorisierung erfolgte gemäß GHG-Protocol. Scope 3-Emissionen wurden in acht Wirkungskategorien als Resultat einer Wesentlichkeitsanalyse berücksichtigt.

Diese umfasst die direkten THG-Emissionen (Scope 1), die indirekten THG-Emissionen durch die Erzeugung eingesetzter Energie (Scope 2) sowie die indirekten THG-Emissionen von vor- und nachgelagerten Prozessen (Scope 3) in den Unterkategorien Scope 3.1 (Eingekaufte Güter), 3.2 (Kapitalgüter), 3.3 (Energiebezogene Aktivitäten), 3.4 (Vorgelagerter Transport), 3.5 (Abfälle), 3.6 (Geschäftsreisen), 3.7 (Mobilität von Pendler:innen) und einer zusätzlich eingeführten Kategorie 3.16 (Mobilität von Patient:innen und Besucher:innen).

Während die Vordergrunddaten zu Scope 1, Scope 2 und Scope 3. Aus bisherigen Berichtsaktivitäten der KABEG aufbereitet vorlagen, wurden zu den anderen Scope 3 Kategorien die Vordergrunddaten des Klinikums erstmals strukturiert zusammengestellt.

Die Treibhausgasbilanz erweitert die bisher erfassten THG-Emissionen substanziell um alle Geschäftsaktivitäten und deren indirekten Beiträge der Wertschöpfungsketten. Der Bezug von Fernwärme verursacht zusätzlich biogene THG-Emissionen. Zum Vergleich, die in der bestehenden EMAS-Umwelterklärung umfassten Aktivitäten (Energie, Narkosegase, Kältemittelverbrauch, Abfall) verursachten THG-Emissionen in der Höhe von etwa 11.300 t CO_{2e} und stellen somit nur etwa 18 %_{rel.} der Gesamtemissionen dar.

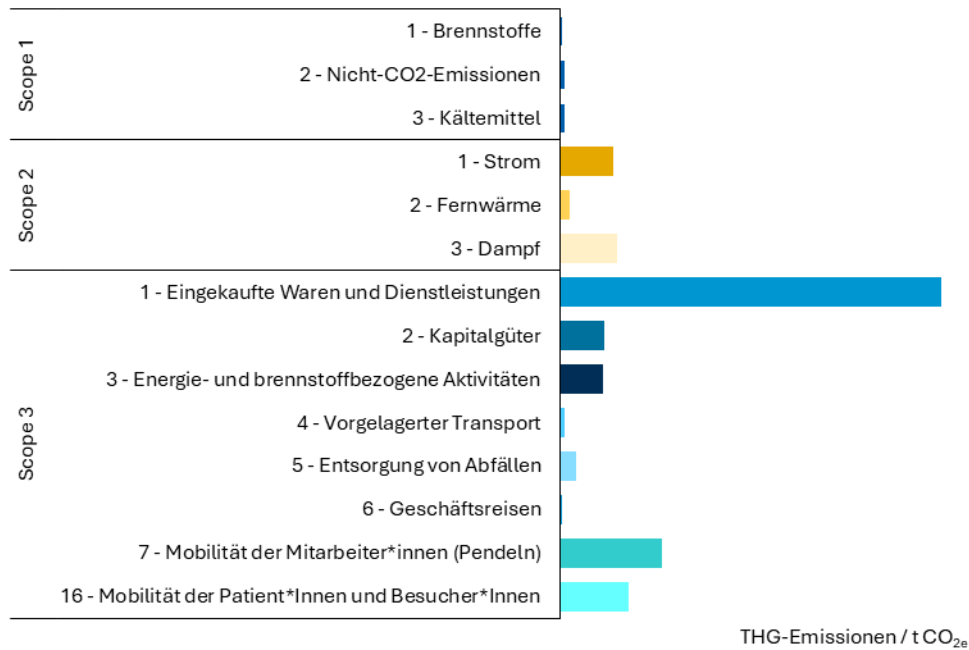


Abbildung 1: Standortbasierte THG-Emissionen nach Emissionskategorie. © JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

Die Handlungsfelder wurden angelehnt an die „Strategie Klimaneutrales Gesundheitswesen“ (BMSGPK, 2023) gewählt und Hotspots und Maßnahmenbereiche somit spezifisch für das Klinikum Klagenfurt identifiziert. JOANNEUM RESEARCH identifizierte auf Basis der Treibhausgasbilanz die **wichtigsten Handlungsfelder**:

- (i) Das **Handlungsfeld Energie, und Gebäude** ist anteilmäßig mit einem Drittel der Emissionen das größte und enthält alle zurechenbaren Emissionen aus dem Energieverbrauch sowie aller Bau- und Infrastrukturmaßnahmen.
- (ii) Die Arzneimittel und Medizinprodukte haben einen Anteil von etwa einem Viertel der Gesamtemissionen, wobei die THG-Emissionen zu ähnlichen Teilen auf Medikamente und sonstige medizinische Produkte entfallen.
- (iii) Die **induzierte Mobilität** des Klinikum Klagenfurt modellierte JOANNEUM RESEARCH mittels eines eigenen, kärntenspezifischen agentenbasierten Verkehrsmodells. Sie trägt zu etwa einem Fünftel zu den Gesamtemissionen bei. Die Verkehrsleistung verteilt sich zu ähnlichen Teilen auf Pendler:innen (etwa 60%) und Patient:innen und Besucher:innen (etwa 40%). Der

motorisierte Individualverkehr verursacht dabei 88%_{rel.} der Verkehrsleistung und 99,8%_{rel.} der THG-Emissionen.

- (iv) Der **Einkauf von Kapitalgütern** verursachte im Referenzjahr nur einen geringen Anteil <10% der Emissionen. Größere Investitionsprojekte insbesondere im Infrastrukturbereich oder bei Medizintechnik sind jedoch künftig jedenfalls sehr relevant.
- (v) Die Bereiche Ernährungssystem sowie Abfall und Ressourcen haben einen relativ geringen Anteil an den Gesamtemissionen mit <10%.

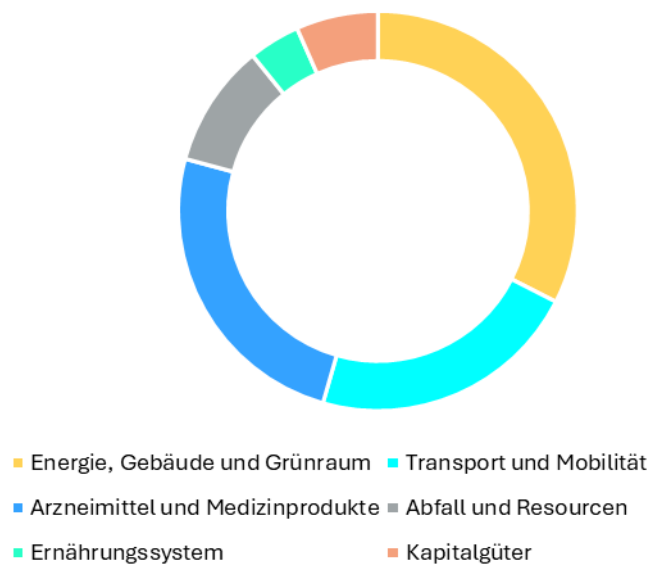


Abbildung 2: THG-Emissionen (standortbasiert) nach Handlungsfeldern, angelehnt an „Strategie Klimaneutrales Gesundheitswesen“ (BMSGPK, 2023).

4.2 Verkehrsmodell

Für den Mobilitätsbereich wurden im LIFE „Mobility and Activity Model – Carinthia“ Szenarien auf drei unterschiedlichen Ebenen implementiert: zum einen auf Basis nationaler Trends (z.B. Flottenanteil E-Fahrzeuge) und politischer Maßnahmen (z.B. Verbrennerverbot 2035), zum anderen auf Basis von Maßnahmen der Stadt Klagenfurt (z.B. erhöhter Anteil E-Fahrzeuge, Verbesserungen im ÖV), und des Weiteren auf Basis zusätzlicher Mobilitätsmaßnahmen der KABEG (z.B. Parkraummanagement). Es handelt es sich um ein agentenbasiertes Modell, das die Kärntner Wohnbevölkerung als synthetische Bevölkerung (Agenten) als Haushalte mit Personenmerkmalen, Fahrzeugverfügbarkeiten und Antriebsklassen (Benzin-, Diesel-, Elektroantriebe) sowie deren Aktivitätsketten (werktags)

abbildet. Die Methode der Berechnung über das agentenbasierte Verkehrsmodell bietet den Vorteil, die Verkehrsleistung der Mitarbeiter:innen, Patient:innen und Besucher:innen in ihrem Tagesablauf abzubilden. Bei dieser Methode werden die für das Klinikum Klagenfurt relevanten (und zu-rechenbaren) Weganteile exakter zugewiesen (z.B. werden die Weganteile von länger andauernden Aktivitäten wie z.B. Freizeitaktivität am Nachhauseweg nur zu einem Teil den Mitarbeiter- bzw. Besucherweglängen zugerechnet).

Für den Raum Klagenfurt wurden für 2030 und 2050 Mobilitätsmaßnahmen definiert, die sich an den Strategien der Stadt Klagenfurt zur Emissionsreduktion in Transport und Mobilität richten (Mobilitätskonzept Klagenfurt 2035). Diese geplanten Maßnahmen wurden zusammengefasst und mit einem globalisierten Ansatz als Basis für die Referenzszenarien 2030 und 2050 im Verkehrsmodell integriert.

Aufbauend auf der Entwicklung der Mobilität in Klagenfurt wurden zusätzliche Maßnahmen-szenarien für das Klinikum Klagenfurt definiert und in die Modellrechnung miteinbezogen, um eine Bandweite der verkehrlichen Wirkungen abbilden zu können. Ziel dabei war es, auch realitätsnahe (wirtschaftliche und funktional umsetzbare) Maßnahmen zu definieren und evaluieren, die auch als Grundlagen für das zukünftig geplante Mobilitätskonzept im Klinikum Klagenfurt herangezogen werden können. Neben den Maßnahmen für den Umweltverbund (ÖV, Fuß und Fahrrad) wird auch eine wohnortabhängige Parkraumbewirtschaftung im Modell implementiert.

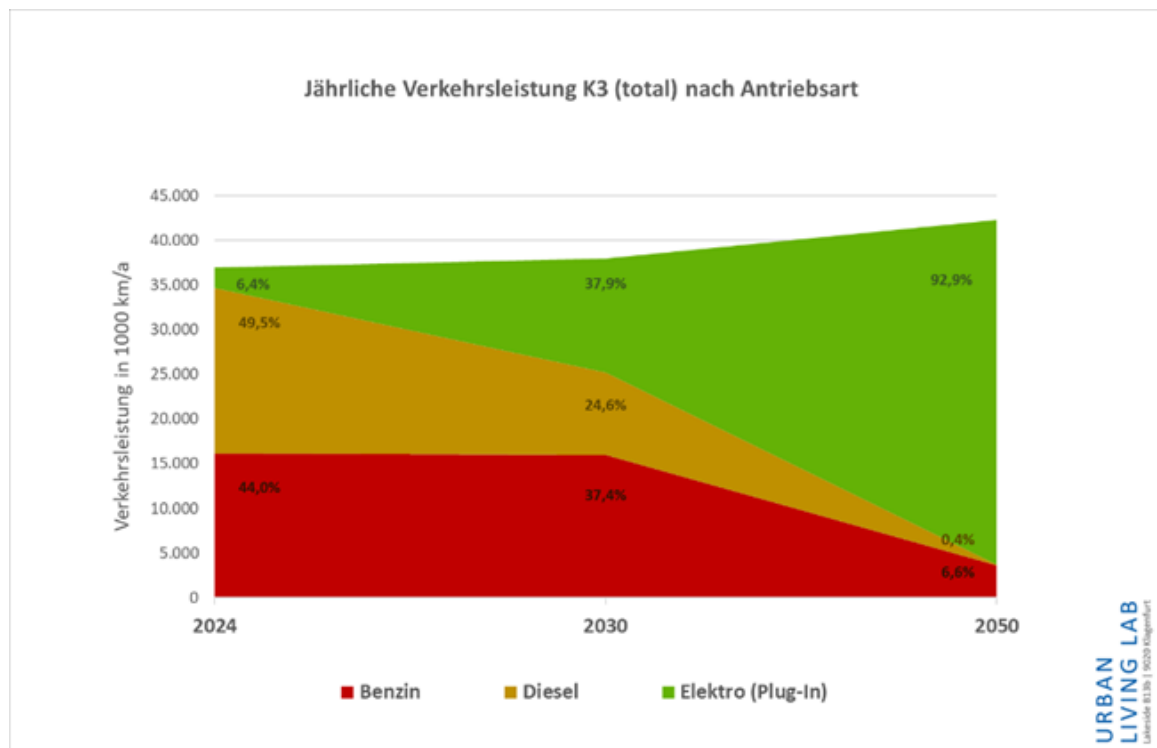


Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung der gesamten induzierten Verkehrsleistung unter Berücksichtigung der Mobilitätsmaßnahmen, Bevölkerungsveränderung sowie Änderung des medizinischen Angebots. © JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

4.3 Einzelmaßnahmen, Potentialanalyse

JOANNEUM RESEARCH stellte potenzielle Maßnahmen aus zwei Bereichen zusammen,

- (i) auf Basis der Empfehlungen (Handlungsfelder, Best Practice) des Leitfadens „Strategie Klimaneutrales Gesundheitswesen“ des Bundesministeriums für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz (BMSGPK),
- (ii) basierend auf geplanter sowie in Umsetzung befindlichen Maßnahmen der KABEG.

JOANNEUM RESEARCH bewertete die Maßnahmenlisten anschließend hinsichtlich ihrer Relevanz, ihrer Bilanzierbarkeit, und ihrer erwarteten Auswirkungen (Impact) auf die THG-Emissionen.

Insgesamt implementierte JOANNEUM RESEARCH im Modell 18 Maßnahmen, welche die kumulativen Gesamtemissionen bis 2050 gegenüber dem Referenzpfad ohne Maßnahmen um etwa -17% bis -20% (je nach Szenario) reduzieren.

4.4 Transformationspfade für klimaneutrales Klinikum

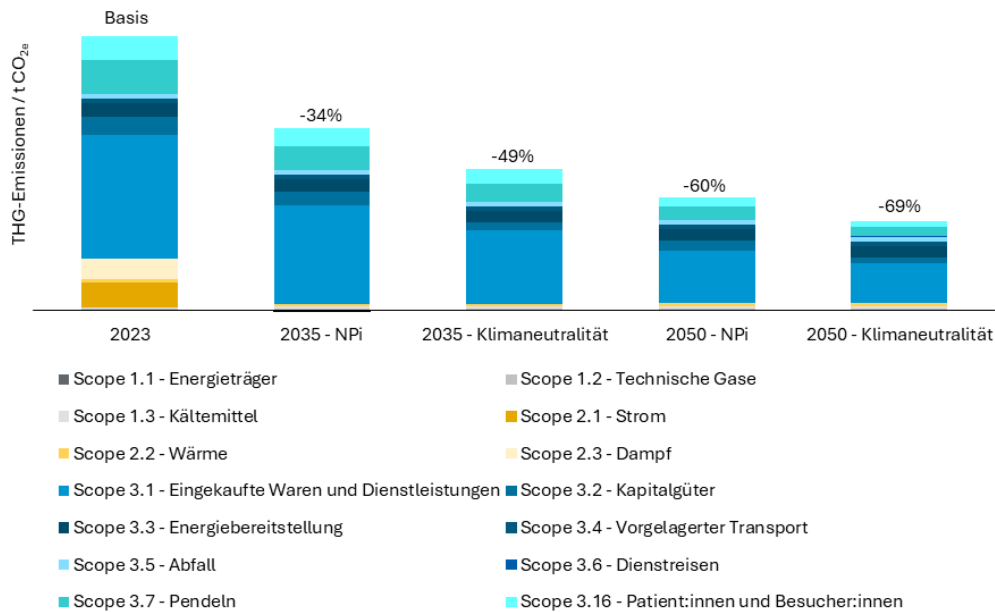


Abbildung 4: Entwicklung der THG-Emissionen in zwei unterschiedlichen sozio-ökonomischen Szenarien unter Berücksichtigung aller im Modell implementierten Maßnahmen. © JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

JOANNEUM RESEARCH modellierte einen **Transformationspfad Richtung Klimaneutralität** des Klinikum Klagenfurt. Es wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die **medizinische Bedarfsentwicklung** wurde unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung und dem prognostizierten medizinischem Bedarf berechnet.
- Der **Energieverbrauch** (Strom, Heizen, Dampf) wurde auf Basis historischer Verbrauchsdaten modelliert, wobei zukünftige Änderungen durch Investitionen (Maßnahmen und Neubauten) berücksichtigt wurden.
- Ein **ambitionierte sozio-ökonomische Szenario**, welches das Pariser Klimaziel erreicht (Klimaneutralität - „well below 2°C“).

In einer Sensitivitätsanalyse wurden die Auswirkungen von Einflussfaktoren wie die zukünftige Nachfrage nach medizinischen Leistungen, unterschiedliche globale Klimaszenarien sowie der modellierte induzierte Verkehr bewertet. Der Gap zum Ziel der Netto-Null-Emissionen wurde quantifi-

ziert, Kompensationsmöglichkeiten für die verbleibenden THG-Emissionen im Jahr 2050 wurden jedoch nicht im Detail analysiert, da sie für die KABEG nicht relevant sind und laut GHG-Protocol nicht in die Scope 3 Emissionen einberechnet werden dürfen.

Die Annahmen des Klimaszenarios sind ambitioniert und die Maßnahmen enthalten in einigen Bereichen sehr optimistische Ziele, zeigen aber insgesamt, dass bei entsprechend ambitionierter interner und externer Entwicklung deutliche Reduktionen der THG-Emissionen in allen Bereichen erreichbar sind. Die ermittelte **THG-Emissionsreduktion im ambitionierten Klimaneutralitätsszenario** beträgt etwa **-73% pro medizinischer Dienstleistung** im Jahr 2050.

Hinsichtlich **anwendbarer territorialer Klimaziele** wurden das Ziel der Klimaneutralität 2040 in Österreich und die Smart City Klimastrategie der Stadt Klagenfurt, die eine Reduktion der direkten Treibhausgasemissionen um -81% und weitere -19 % durch Kompensation bis zum Jahr 2030 anstrebt (Net Zero), identifiziert.

Die **territorialen Emissionen** wurden auf Basis direkt zurechenbarer Emissionsanteile aus der Klimabilanz (Scope 1, Scope 2, direkt zurechenbare aus Scope 3) ermittelt. **Diese reduzieren sich im Klimaneutralitätsszenario bis 2030 bzw. 2040 um -51% bzw. -62%, gegenüber dem Referenzjahr 2023.** Zu beachten ist, dass das Referenzjahr dieser Studie stark vom Referenzjahr der politischen Ziele abweicht (2008 und 2011). Im Rahmen dieses Sondierungsprojekts war jedoch keine valide Datenbasis, insbesondere im Bereich Verkehr, für frühere Referenzjahre vor 2023 vorhanden.

Die größten identifizierten Beiträge stammen aus dem Verkehr und dem Energiebezug. THG-Emissionen aus dem Energiebezug kann die KABEG direkt beeinflussen (Strom aus erneuerbaren Energiequellen, Dampf) und können effektiv dekarbonisiert werden. Die THG-Emissionen des Verkehrssektors sind wesentlich an die indirekten, zurechenbaren THG-Emissionen des induzierten motorisierten Individualverkehrs aus der Mobilität von Mitarbeiter:innen, Patient:innen und Besucher:innen gebunden. Hier beeinflussen vorwiegend nationale Strategien und Maßnahmen die Entwicklung, der direkte Handlungsspielraum der KABEG ist in diesem Bereich limitiert und beschränkt sich auf die Unterstützung der Marktdurchdringung des öffentlichen Verkehrs, der E-Mobilität und aktiver Mobilität am Gelände.

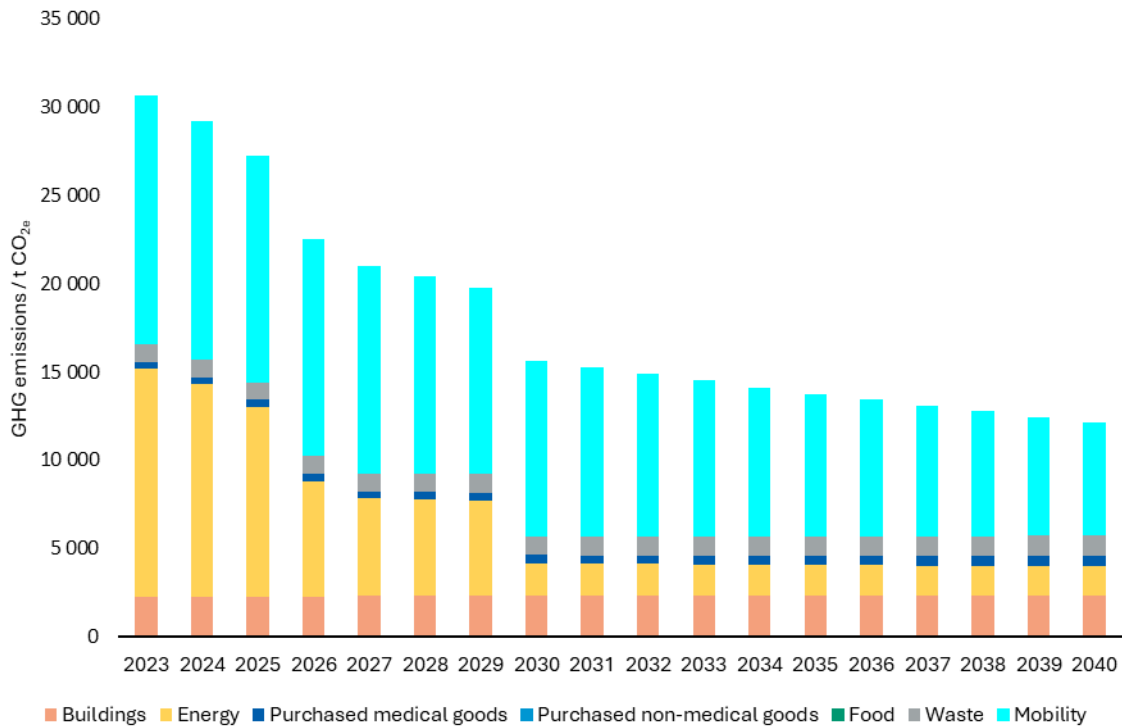


Abbildung 5: Entwicklung des Beitrags der KABEG zur Erreichung territorialer (nationaler) Klimaziele in einem ambitionierten sozio-ökonomischen Szenario („well below 2°C“) unter Berücksichtigung interner Maßnahmen. © JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH

4.5 Dekarbonisierung der Dampferzeugung

Schon zu Beginn der Berechnungen für die Klimabilanz des Klinikums Klagenfurts stellte sich eine Dampfanlage als Emissionshotspot heraus. Der erzeugte Dampf wird überwiegend zur Raumluftkonditionierung und für die Wäscherei benötigt. Gleichzeitig kann bei einer Störung der Fernwärmeversorgung, das Fernwärmenetz am Klinikum auf Inselbetrieb umgestellt werden, wobei die benötigte Wärme in diesem Fall über die Dampfanlage erzeugt wird. Die zur Dampferzeugung erfolgt aktuell aus fossilem Erdgas. Da der erzeugte Dampf u.a. zur Raumluftkonditionierung eingesetzt wird, ist der Dampfverbrauch in den Wintermonaten etwa doppelt so hoch wie im Sommer.

Aufgrund der anteilmäßig hohen THG-Emissionen der Dampfanlage, wurde eine externe Machbarkeitsstudie vergeben. Das Ziel der Machbarkeitsstudie war es, mögliche Alternativen zur erdgasbetriebenen Dampfanlage zu identifizieren und einer energetisch-ökonomischen Bewertung zu unterziehen. In einem ersten Schritt wurden in der Machbarkeitsstudie die verfügbaren Standortressourcen beim Klinikum Klagenfurt identifiziert und analysiert. Diese sind:

- Erdwärmesonden

Das ungestörte Erdreich beim Klinikum Klagenfurt weist Temperaturen von ca. 12–16 °C auf. Es ist davon auszugehen, dass auf Grund des hohen erforderlichen Temperaturhubes in Verbindung mit dem hohen Flächenbedarf und damit verbundenen hohen Herstellkosten die Nutzung eines Erdwärme-Sondenfeldes als Energiequelle zur Dampferzeugung nicht wirtschaftlich ist. Die verfügbaren Erdwärme-Sondenfelder sollten als Energiequelle für Wärmepumpen zur Beheizung von Gebäuden und anderen Niedertemperaturanwendungen verwendet werden

- Grundwasser

Das vorhandene Grundwasservorkommen und eventuelle Erweiterungen der Brunnenanlagen sind eine potentielle Wärmequelle für das Klinikum Klagenfurt.

Das thermisch genutzte Grundwasser müsste über Schluckbrunnen wieder in den Boden versickert werden. Solche Schluckbrunnen sind nicht vorhanden und müssten erst errichtet werden. Die dem Grundwasser entzogene Energie könnte mit Hilfe von Wärmepumpen zur Erzeugung von Warmwasser oder Heißwasser verwendet werden. Die bestehenden Grundwasserbrunnen zur Wasserversorgung des Klinikums liefern aktuell eine durchschnittliche Wassertemperatur von 13 °C. Das Grundwasser wird derzeit für die Trinkwasserversorgung, Löschwasserbereitstellung, als Prozesswasser und zur Bewässerung verwendet. Das Grundwasser wird derzeit noch zur Trinkwasserversorgung des Klinikums verwendet kann aber nach dem Umschluss auf die Trinkwasserversorgung durch die Stadtwerke Klagenfurt auch für andere Nutzungsarten verwendet werden. Die bestehende Eigenwasserversorgung wird für die Nutzung als Brauchwasserversorgung in Trinkwasserqualität umgebaut. In Zukunft sollen u.a. die Wäscherei, die Löschwasserversorgung, die Bewässerungsanlagen und die WC-Anlagen im neuen Kopfbau über die Brauchwasseranlage versorgt werden.

Auf Grund der multiplen Nutzung des Grundwassers für unterschiedliche Anwendungsfälle und Verbraucher, mit stark schwankenden Wassermengen durch die Vielzahl von Abnehmern, ist die Nutzung der bestehenden Grundwassergewinnung zur Dampferzeugung nicht zu empfehlen.

- Luft als Wärmequelle:

Luftwärmetauscher, welche die Außenluft als Wärmequelle nutzen können ebenfalls als Energiequelle für Wärmepumpen verwendet werden. Das Potenzial und die Leistung eines Luftwärmetauscher hängen stark von den Klimabedingungen und dem erforderlichen Temperaturhub ab. Für die Nutzung zum Zweck der Dampferzeugung sind solche Wärmepumpen auf Grund des sehr großen erforderlichen Temperaturhubes jedoch nur im Verbund mit Sole/Wasser-Wärmepumpen ganzjährig einsetzbar.

- Photovoltaik:

Photovoltaik (PV) stellt eine zentrale Technologie zur Dekarbonisierung dar. Sie wandelt Sonnenstrahlung direkt in elektrische Energie um und bietet eine nahezu emissionsfreie Stromquelle. Durch den Einsatz von PV-Anlagen auf Dachflächen und gegebenenfalls auf Freiflächen des Klinikums kann ein signifikanter Anteil des Strombedarfs für Wärmepumpen und andere Verbraucher gedeckt werden. Da Photovoltaik bereits in großem Umfang im Klinikum Klagenfurt genutzt wird (mit dem aktuellen Ausbau 1,2 MWp) ist als Empfehlung nur noch festzuhalten, dass weitere PV-Anlagen grundsätzlich zu begrüßen sind und dass Strom in Kombination mit Wärmepumpen und Abwärmenutzung

hilft den fossilen Energieeinsatz zu senken.

- **Nutzung von Abwärme aus dem Kühlwasserring:**

Ein großes ungenutztes Potenzial liegt im bestehenden Kühlwasserring, welcher Abwärme aus Kühlprozessen, z. B. von medizinischen Geräten (MRT, CT) und aus der Gebäudeklimatisierung zu den Rückkühlwerken transportiert. Diese Wärme könnte über Wärmepumpen zurückgewonnen und für Heizzwecke oder Prozesswärme genutzt werden. Von Mitte April bis Anfang Oktober kann der gesamte Dampfbedarf über die Abwärme aus dem Kühlwasserring gedeckt werden. Von Anfang Oktober bis Mitte April gibt es ein Defizit an Abwärme, sodass in dieser Zeit Dampf zusätzlich über andere Quellen produziert werden muss. Das könnte z.B. Hochtemperatur-Fernwärme aus erneuerbarer Energie oder Biomasse sein.

Die derzeit ungenutzte Abwärme aus dem Kühlwasserring sollte in jedem Fall genutzt werden. Auch eine Nutzung zur Dampferzeugung mit Wärmepumpen ist technisch sehr gut möglich und daher auch zu empfehlen.

In einem nächsten Schritt wurden verschiedene technologische Optionen zur Dekarbonisierung der Dampferzeugung kritisch analysiert:

- **Fernwärme aus Biomasse und/oder Abwärme (<120°C)**

Fernwärme mit Temperaturen unter 120 °C kann nicht direkt zur Dampferzeugung verwendet werden, da Wasserdampf unter Normaldruck erst ab ca. 100 °C entsteht und für viele industrielle Prozesse Temperaturen von 120 °C oder mehr benötigt werden. Dennoch kann Fernwärme als Wärmequelle für Wärmepumpen dienen, die den nötigen Temperaturhub erzeugen. Moderne dampferzeugende Wärmepumpen nutzen Fernwärme oder industrielle Abwärme (z.B. 30–80 °C) als Eingangstemperatur und erzeugen durch Verdichtung und Wärmetauscher Dampf mit Temperaturen bis zu 165 °C. Diese Technologie ist besonders effizient, wenn die Wärmequelle kontinuierlich verfügbar ist und eine Temperatur über 50 °C aufweist.

Die Verwendung von Fernwärme als Wärmequelle zur Erzeugung von Dampf stellt eine wesentliche Schlüsseltechnologie zur Dekarbonisierung dar.

- **Hochtemperatur-Fernwärme aus Biomasse und/oder Abwärme (>120°C)**

Hochtemperatur Fernwärme >120°C steht im Klinikum Klagenfurt nicht zur Verfügung und ist laut Auskunft der STW-Klagenfurt AG auch nicht geplant.

- **Biomasse Dampfkessel (Hackgut, Pellets, unbehandeltes Restholz)**

Die Erzeugung von Sattdampf mit 12 bar Abs. und einer Leistung von 7–15 t/h erfordert eine sehr große Biomassekesselanlage im Bereich von 10 MW_{th}. Industrielle Wasserrohrkessel sind für diese Leistungsklasse üblich. Sie ermöglichen hohe Verfügbarkeit (> 98 %) und flexible Brennstoffnutzung (Holzhackschnitzel, Pellets, landwirtschaftliche Reststoffe). Für 15 t/h werden häufig mehrere Kessel installiert, um Redundanz und Lastanpassung zu gewährleisten. Biomasse gilt als nahezu CO₂-neutral, da bei der Verbrennung nur die Menge an CO₂ freigesetzt wird, die die Pflanzen während ihres Wachstums aufgenommen haben. Voraussetzung ist eine nachhaltige Brennstoffbereitstellung und

kurze Transportwege. Moderne Anlagen mit Partikelabscheidern reduzieren Feinstaub- und NO_x-Emissionen, erreichen aber nicht die Emissionswert. Für eine Anlage mit 15 t/h Dampfleistung ist ein Areal von mehreren 1.000 m² erforderlich. Ob der Platz dafür zur Verfügung steht, ist fraglich. Die Brennstofflogistik ist in dieser Größenordnung im innerstädtischen Bereich ebenfalls eine große Herausforderung.

Eine Dampferzeugung aus Biomasse mit einer eigenen Heizanlage am Gelände des Klinikum Klagenfurt stellt keine anzustrebende Lösung dar.

- Elektrodenkessel

Ein Elektrodenkessel erzeugt Dampf, indem er elektrischen Strom direkt durch Speisewasser leitet, das durch den elektrischen Widerstand des Wassers erhitzt wird. Dabei tauchen Elektroden in das Wasser ein, durch das ein Wechselstrom fließt. Die Energie wird so direkt in Wärme umgewandelt, wodurch sich Wasser zu Dampf verflüssigt. Diese Methode ist eine Form der Power-to-Heat, die ohne Brenner oder Abgassysteme auskommt. Elektrodenkessel sind sinnvoll, wenn grüner Strom verfügbar ist, keine Fernwärme-Infrastruktur vorhanden ist und Power-to-Heat z.B. bei Stromüberschüssen wirtschaftlich attraktiv ist.

Für das Klinikum Klagenfurt bietet ein Elektrodenkessel keine Vorteile. Die für einen wirtschaftlichen Betrieb erforderliche ausreichende Infrastruktur an billiger und grüner elektrischer Energie liegt nicht vor. Eine gute Fernwärme-Infrastruktur ist vorhanden und noch ausbaufähig.

- Carbon Capturing

Carbon Capture and Storage (CCS) bezeichnet Technologien zur Abscheidung von Kohlendioxid (CO₂) aus Abgasen oder direkt aus der Atmosphäre, um dessen Emission in die Umwelt zu verhindern. Das abgeschiedene CO₂ wird entweder dauerhaft gespeichert (z. B. in geologischen Formationen) oder weiterverwendet (Carbon Capture and Utilization, CCU). Die Methodik ist bei fossilen Restemissionen, die nicht vermeidbar sind sinnvoll oder als Ergänzung zu Wärmepumpen, Fernwärme und Elektrodenkessel. Durch Kombination mit z.B. Bioenergie ist Carbon Capture zur Erreichung der zukünftigen Klimaneutralität sinnvoll. Jedoch ist die Technologie sehr kostenintensiv und bedarf viel Energie.

Auf Grund der vorhandenen Infrastruktur von Fernwärme aus erneuerbarer Energie sowie einem hohen Potenzial an Abwärme aus dem Kühlwassernetz bietet die Technologie des „Carbon Capturing and Storing“ keine Schlüsseltechnologie für die Dekarbonisierung der Dampferzeugung im Klinikum Klagenfurt.

- Ersatz fossiler Brennstoffe durch Biofuels oder Biogas

Biofuels gelten als nahezu CO₂-neutral, da das bei der Verbrennung freigesetzte CO₂ zuvor von den Pflanzen aufgenommen wurde. Sie reduzieren Treibhausgasemissionen im Vergleich zu Kohle oder Öl deutlich. Viele Biofuels (z. B. Biodiesel, Biogas, Bioethanol) können in bestehenden Kesseln oder nach geringen Anpassungen genutzt werden. Das erleichtert die Integration in industrielle Dampferzeugungssysteme. Außerdem eignen sich vielfältige Rohstoffe von Pflanzenölen über Reststoffen aus Stroh und Holz bis hin zu Algen oder gentechnisch optimierten Organismen. Biogas eignet sich

für die industrielle Dampferzeugung und Kärnten wird von einem starken Ausbau bis 2030 profitieren. Biodiesel hingegen ist wenig relevant für Dampfprozesse.

Biofuels können eine echte Alternative zu fossilen Brennstoffen für die Dampferzeugung sein. Für die Dampferzeugung ist vor allem Biogas gut geeignet. Aktuell stellen Biofuels aber keine praxistaugliche Alternative dar, da die vorhandenen Kapazitäten und die Versorgungssicherheit für einen Einsatz in einer Krankenanstalt nicht ausreichend sind. Die weitere Entwicklung sollte aber beobachtet werden.

- Dampferzeugung mit Hochtemperatur-Wärmepumpe und Dampf-Wärmetauscher

Hochtemperatur-Wärmepumpen bieten eine zukunftsweisende Lösung, um fossile Brennstoffe durch elektrische, emissionsfreie Wärmeerzeugung zu ersetzen. Sie ermöglichen die Erzeugung von Dampf mit Temperaturen bis zu 200 °C und darüber. Die Vorteile liegen dabei unter anderem in der Nutzung von niedertemperierten Wärmequellen wie Fernwärme, Abwärme oder Kühlwasser und in dem Einsatz von natürlichen Kältemitteln wie Wasser oder Ammoniak. Für das Klinikum Klagenfurt bedeutet das, dass eine Rückgewinnung von Abwärme aus dem Kühlwasserkreis möglich ist. Da kontinuierlich Abwärme aus Kühlprozessen anfällt – etwa aus medizinischen Geräten, Klimaanlage oder Serverräumen. Diese Wärme liegt im Bereich von 40-45 °C und wird bisher meist ungenutzt abgeführt. Hinzu kommt die Möglichkeit Fernwärme <120°C zur Dampferzeugung zu verstärken. Fernwärme mit Temperaturen im Bereich von 85-120 °C ist für eine direkte Dampferzeugung ungeeignet. Eine Wärmepumpe kann diese Wärme jedoch „boostern“ und trägt so zur Versorgung der Abnehmer im Klinikum Klagenfurt bei. Die Technologie steht vor einem kommerziellen Durchbruch. Hochtemperatur-Wärmepumpen vor allem auch in Verbindung mit Mechanischen Dampfverdichtern sind eine wesentliche Schlüsseltechnologie für die klimaneutrale Dampferzeugung. Sie ermöglichen die effiziente Nutzung vorhandener Wärmequellen, reduzieren den CO₂-Ausstoß drastisch und sind modular und nachrüstbar. Für Einrichtungen wie das Klinikum Klagenfurt bieten sie eine ökologisch sinnvolle Alternative zu konventionellen Dampfkesseln.

Hochtemperatur Wärmepumpen sind von besonderer Bedeutung, um zur Dekarbonisierung der Dampferzeugung im Klinikum Klagenfurt beizutragen.

- Dampferzeugung mittels Flash Verdampfung

Flash-Verdampfung (auch „Entspannungsverdampfung“ genannt) ist ein Verfahren, bei dem heißes Wasser oder überhitztes Kondensat durch plötzliche Druckentspannung teilweise verdampft. Man braucht jedoch sehr große Mengen an heißem Wasser/Kondensat, um diese Dampfmenge nur durch Flash-Verdampfung zu erzeugen. In der Praxis wird Flash-Verdampfung daher oft als Energie-Rückgewinnung genutzt, nicht als Hauptdampferzeugung. Das heißt, dass die Erzeugung so großer Dampfmenge, wie sie im Klinikum Klagenfurt benötigt werden, durch reine Flash-Verdampfung nicht realistisch und daher nicht zielführend ist

Flash-Verdampfung ist keine geeignete technische Lösung zur Erzeugung von Dampf im Klinikum Klagenfurt.

- Dampferzeugung mit Heißwasser über Wärmetauscher

Prinzip bei der Dampferzeugung mit Heißwasser über einen Wärmetauscher liegt darin, dass ein Wärmetauscher (z. B. Rohrbündel, Spirale, Plattentauscher) Wärme von einem heißen Medium (z. B. Thermoöl, Abgas, Heißwasser) auf Speisewasser überträgt, bis dieses verdampft.

Die Dampferzeugung über Wärmetauscher ist deutlich effizienter als eine Flash-Verdampfung. Voraussetzung ist eine Wärmequelle hoher Temperatur. (z. B. Heißwasser aus einer Hochtemperatur Wärmepumpe). Der Leistungsbedarf ist abhängig von der Speisewassertemperatur ca. 8-9 MW. Die Dampferzeugung über Wärmetauscher ist für die Anwendung im Klinikum Klagenfurt gut geeignet.

- Nachverdichtung von Dampf aus Wärmetauschern

Wenn man eine Heißwassertemperatur von z.B. nur 140 °C hat, kann man keinen Dampf mit 12 bar direkt im Wärmetauscher erzeugen – dafür bräuchte man eine Temperatur über 200°C. Die Lösung dafür ist die Nachverdichtung (Steam Compression). Bei der Mechanische Dampfverdichtung (MVR – Mechanical Vapor Recompression) wird Niederdruckdampf (z. B. 1,5 bis 3 bar) erzeugt, welcher im Anschluss durch einen Kompressor (Radialverdichter oder Schraubenverdichter) auf 5 oder 12 bar verdichtet wird. Das ist bei günstigem Strom effizient, benötigt jedoch hohe Investitionskosten und Wartungen.

Die Mechanische Nachverdichtung von Dampf aus Wärmetauschern ist für die Anwendung im Klinikum Klagenfurt gut geeignet.

4.6 Erstellung einer begleitenden Mikroklimaanalyse

Die Analyse des Mikroklimas stellt eine grundlegende Voraussetzung für eine nachhaltige und zukunftsorientierte Quartiersentwicklung im urbanen Raum dar. Angesichts zunehmender Herausforderungen durch den Klimawandel – insbesondere steigender Temperaturen, längerer Hitzeperioden sowie veränderter Niederschlagsmuster – gewinnt das Verständnis kleinräumiger klimatischer Bedingungen zunehmend an Bedeutung. Städte und dicht bebaute Quartiere sind aufgrund des sogenannten „Urban Heat Island“-Effekts besonders anfällig für Überwärmung und eingeschränkte Luftzirkulation. Diese Phänomene wirken sich direkt auf die Aufenthaltsqualität, die Gesundheit der Bewohnerinnen und Bewohner sowie den Energiebedarf von Gebäuden aus.

Eine Mikroklimaanalyse liefert die notwendige Datengrundlage, um diese lokalen klimatischen Einflüsse präzise zu erfassen, zu bewerten und in die städtebauliche Planung zu integrieren. Sie untersucht unter anderem Parameter wie Lufttemperatur, Windverhältnisse, Sonneneinstrahlung, Verschattung, Oberflächenmaterialien und Vegetationsstrukturen. Mithilfe dieser Erkenntnisse lassen sich geeignete Maßnahmen zur Verbesserung des thermischen Komforts ableiten – etwa durch gezielte Begrünung, die Wahl reflektierender Materialien, optimierte Gebäudestellungen oder die Gestaltung klimatisch wirksamer Freiräume.

Darüber hinaus unterstützt die Mikroklimaanalyse Planungsprozesse auf unterschiedlichen Ebenen: Sie schafft Entscheidungsgrundlagen für Architektinnen, Stadtplaner und Investorinnen, dient der

Bewertung möglicher Nutzungskonflikte und trägt dazu bei, langfristig resilientere Quartiere zu entwickeln. In Verbindung mit sozialen, ökologischen und ökonomischen Aspekten bildet sie somit einen zentralen Baustein einer integrativen Stadtplanung, die Lebensqualität, Energieeffizienz und Klimaschutz gleichermaßen berücksichtigt.

Im Zuge des Sondierungsprojektes K3 wurde eine Mikroklimaanalyse in Bezug auf die Diagnose und Empfehlungen für den Sommerkomforts, also speziell für die Hitzebelastung im Quartier während Sommermonaten und Hitzewellen durchgeführt. Grundlage für diese Entscheidung sind die wissenschaftlichen Erkenntnisse sowie die fachlichen Grundlagen der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee welche sommerliche Überhitzung für eine der Hauptherausforderungen am Standort des Klinikums Klagenfurt identifizieren. Ziel der Mikroklimaanalyse war daher die Quantifizierung der Aufenthaltsqualität sowie Vorschläge für die weitere Verbesserung der lokalen Aufenthaltsqualitäten am Standort des Klinikum Klagenfurts. Die konkreten untersuchten Parameter waren die Hitzebelastung untertags sowie der daraus resultierende Wärmeinsel-Effekt nachts.

Der Sommerkomfort beschreibt die Aufenthaltsqualität und das thermische Wohlbefinden von Personen im Freien während der warmen Jahreszeit. Er dient als wesentliche Bewertungsgröße für die Eignung und Nutzbarkeit von Freiräumen in städtischen Quartieren unter sommerlichen Bedingungen. Entscheidend ist dabei das Zusammenspiel von klimatischen Faktoren wie Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Strahlungsintensität, die gemeinsam die thermische Belastung der Nutzerinnen und Nutzer bestimmen.

Zur Beurteilung des sommerlichen Komforts werden insbesondere zwei Kenngrößen herangezogen: die Hitzebelastung tagsüber und die sommerliche Wärmeinsel (Urban Heat Island – UHI) nachts. Die Hitzebelastung am Tag wird über die Physiologische Äquivalenttemperatur (PET) quantifiziert, die ein Maß für die thermische Beanspruchung des menschlichen Körpers darstellt. Sie berücksichtigt sowohl meteorologische Einflussgrößen als auch den Wärmehaushalt des Menschen und ermöglicht so eine Bewertung der thermischen Behaglichkeit auf Freiflächen. Hohe PET-Werte weisen auf eine starke Hitzebelastung hin und mindern die Verweilqualität im öffentlichen Raum erheblich, während moderate Werte auf ein angenehmes thermisches Umfeld hinweisen.

Ergänzend wird die nächtliche Wärmeinselwirkung betrachtet, die vor allem durch die Verteilung der Lufttemperatur in den späten Abend- und Nachtstunden charakterisiert wird. In dicht bebauten Stadtgebieten können sich die Oberflächen stärker aufheizen und die gespeicherte Wärme nur langsam wieder abgeben, was zu erhöhten nächtlichen Temperaturen im Vergleich zum Umland führt. Diese sommerliche Wärmeinsel (UHI) beeinflusst nicht nur die nächtliche Erholung der Bewohnerinnen und Bewohner, sondern wirkt sich auch auf das Mikroklima des gesamten Quartiers aus.

Insgesamt beschreibt der Sommerkomfort somit das Zusammenspiel von Tages- und Nachtbedingungen, die gemeinsam das thermische Empfinden der Stadtbewohner formen. Die Analyse dieser Parameter bildet eine zentrale Grundlage für klimaangepasste Stadt- und Freiraumgestaltung mit dem Ziel, Hitzeinseln zu reduzieren und die Lebensqualität in urbanen Räumen langfristig zu sichern.

Die Berechnungen erfolgten für einen idealisierten heißen Sommertag, um die potenzielle Hitzebelastung im Quartier unter ungünstigen Bedingungen zu erfassen. Dabei wurden verschiedene meteorologische Parameter wie Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, Strahlung und Oberflächentemperatur simuliert. Das Untersuchungsgebiet – einschließlich seiner unmittelbaren Umgebung – wurde in einem dreidimensionalen Computermodell nachgebildet und in ein Raster mit einer Auflösung von 3 x 3 Metern unterteilt. Dadurch kann eine präzise räumliche Darstellung der klimatischen Verhältnisse und kleinräumiger Unterschiede erfolgen.

Das Modell umfasst zwei Teilgebiete, einen östlichen und einen westlichen Bereich, um die spezifischen mikroklimatischen Charakteristika und deren gegenseitige Wechselwirkungen differenziert untersuchen zu können. Als Datengrundlagen für die Modellierung wurden verschiedene Quellen herangezogen: Luftbilder (Basemap) und Open-Source-Daten dienten zur Erfassung und Definition von Baukörpern, Vegetationsstrukturen und Bodenbelägen. Ergänzend wurden die übermittelten Plangrundlagen in das Modell integriert, um die Geometrie und Bebauungsstruktur des Quartiers präzise wiederzugeben.

Durch die Kombination dieser Datengrundlagen entsteht ein detailliertes, standortbezogenes Klimamodell, das die Simulation und Auswertung zentraler Kenngrößen wie der Physiologischen Äquivalenttemperatur (PET) und der nächtlichen Lufttemperaturverteilung ermöglicht. Auf dieser Basis lassen sich die mikroklimatischen Wirkungen unterschiedlicher Gestaltungsoptionen quantifizieren und Empfehlungen für eine klimaresiliente Quartiersgestaltung ableiten.

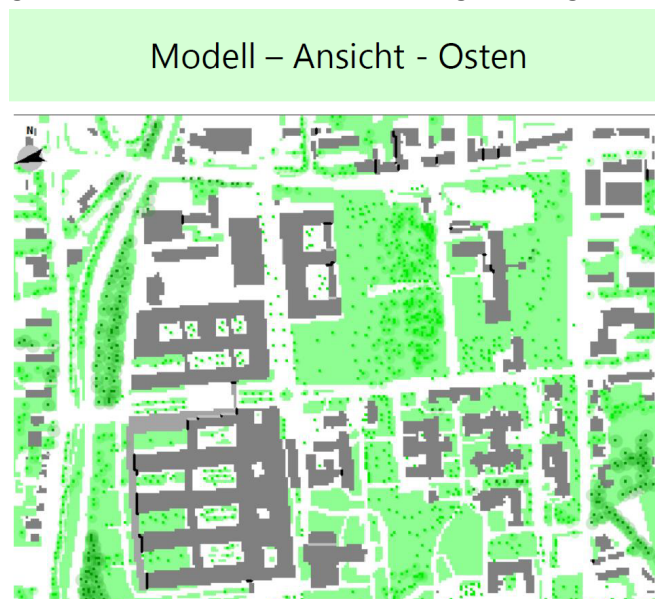


Abbildung 6 Modellansicht - Osten des Quartiers (Copyright: Weatherpark)

Modell – Ansicht - Westen



Abbildung 7 Modellansicht - Westen des Quartiers (Copyright: Weatherpark)

Der Simulationszeitraum erstreckte sich vom 10. Juli, 4:00 Uhr MEZ (Winterzeit), bis zum 12. Juli, womit sowohl Tages- als auch Nachtzyklen in die Berechnung einbezogen wurden.

Als meteorologische Randbedingungen wurde ein wolkenloser Himmel mit stabilem Hochdruckcharakter angenommen. Um eine repräsentative, warme Sommerwettersituation darzustellen, erfolgte die Simulation auf Basis eines idealisierten Tagesgangs von Lufttemperatur und Luftfeuchte: Die maximale Lufttemperatur (T_{max}) betrug $26\text{ }^{\circ}\text{C}$, die minimale Temperatur (T_{min}) $14\text{ }^{\circ}\text{C}$. Die relative Luftfeuchte schwankte dabei im Tagesverlauf zwischen ca. 45 % und 82 %. Für die Windverhältnisse wurde ein mäßiger Wind aus Südost mit 3 m/s als typische sommerliche Strömung für die Region angenommen.

Innerhalb des Modells wurden diese meteorologischen Eingangsgrößen genutzt, um die Lufttemperaturverteilung sowie den Sommerkomfort (Physiologisch Äquivalente Temperatur, PET) auf Fußgängerniveau ($1,5\text{ m}$) zu berechnen und visuell darzustellen. Damit lassen sich lokale Unterschiede im thermischen Empfinden präzise erfassen und räumliche Schwerpunkte erhöhter Hitzebelastung identifizieren. Die Auswertung dieser Parameter ermöglicht eine fundierte Bewertung der Aufenthaltsqualität im Freiraum und bietet zugleich eine Grundlage für gezielte Maßnahmen zur Verbesserung des Mikroklimas im Quartier.

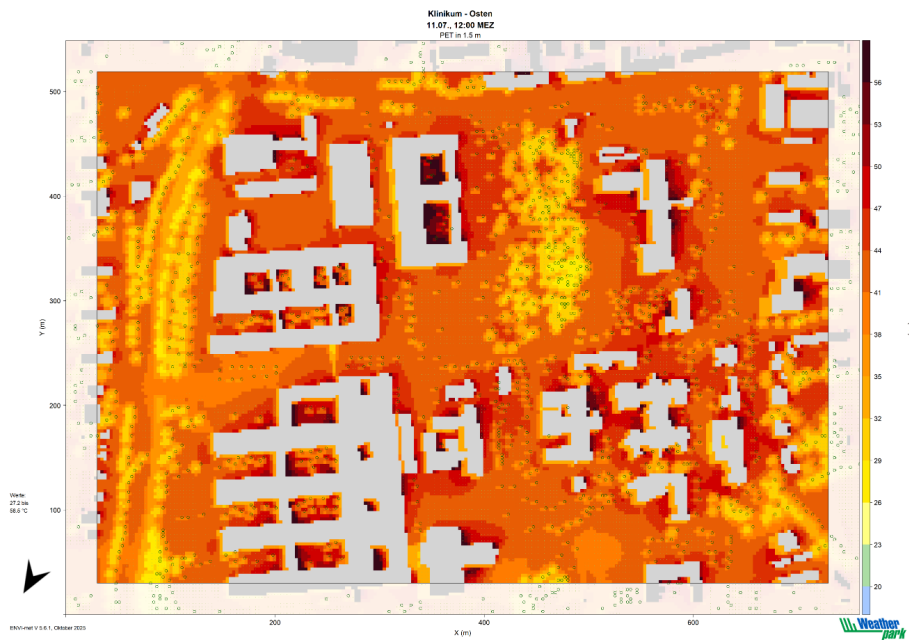


Abbildung 8 PET Klinikum Ost zur Mittagszeit (Copyright: Weatherpark)

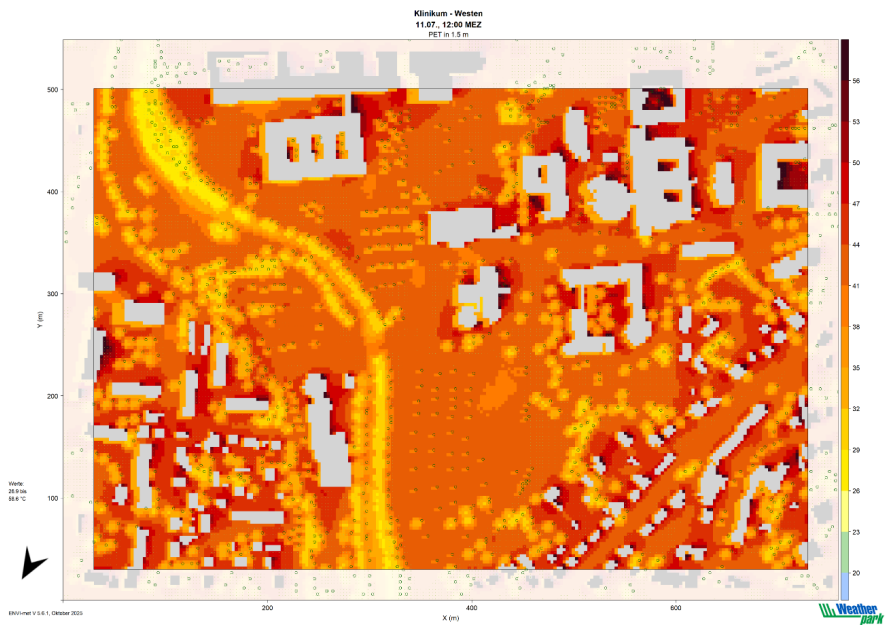


Abbildung 9 PET Klinikum - West zur Mittagszeit (Copyright: Weatherpark)

Die Ergebnisse der Mikroklimasimulation zeigen, dass im Projektgebiet ein insgesamt schwach bis extrem ausgeprägter Hitzestress auftreten kann. Die berechneten Werte entsprechen typischen Bedingungen eines heißen Sommertages und verdeutlichen die hohe Relevanz klimaangepasster Gestaltungsmaßnahmen im Quartier. Die räumliche Verteilung des Hitzestresses wird maßgeblich durch die Sonnen- und Schattenverhältnisse bestimmt. Bereiche mit direkter Sonneneinstrahlung, insbesondere vor süd- und südwestorientierten Fassaden, weisen die höchsten thermischen Belastungen auf. Diese Zonen erwärmen sich im Tagesverlauf stark und bieten nur eingeschränkt thermischen Komfort für Fußgängerinnen und Fußgänger. Im Gegensatz dazu zeigen verschattete Bereiche sowie Innenhöfe spürbar angenehmere Komfortbedingungen, die vor allem in den Mittagsstunden eine deutliche Verbesserung der Aufenthaltsqualität bewirken.

Besonders positiv wirken sich die nahen Grünflächen, wie der Park entlang der Glan sowie die Grünbereiche südlich des Areals APP, auf das lokale Mikroklima aus. Diese Flächen bieten ganztags sehr gute thermische Bedingungen und können gezielt als klimatische Ausgleichsräume genutzt werden. Ihre Integration in künftige Wegebeziehungen und Freiraumkonzepte trägt wesentlich zur Förderung eines ausgeglichenen Mikroklimas im Quartier bei.

Im westlichen Teil des Projektgebiets wurden dagegen Wegeregionen mit geringer Beschattung identifiziert, wo die sommerliche Wärmebelastung höher ausfällt. Eine gezielte Ergänzung von Verschattungselementen, Begrünungen oder Aufenthaltsbereichen mit besserer Durchlüftung kann hier nachhaltig zur Verbesserung des Sommerkomforts beitragen.

Insgesamt verdeutlichen die Simulationsergebnisse die Notwendigkeit, Sonneneinstrahlung, Verschattung und Vegetationsanteile als zentrale Elemente der zukünftigen Quartiersgestaltung zu berücksichtigen, um langfristig ein ausgewogenes und hitzerobustes Stadtklima sicherzustellen.

Durch das Anlegen einer weiteren Parkfläche anstelle von Gebäuden ist mit positiven Auswirkungen auf die lokale Hitzebelastung zu rechnen. Eine solche Grünfläche kann als zusätzlicher Kaltluft- und Erholungsraum wirken und die mikroklimatische Situation auch in den angrenzenden Bereichen verbessern. Bei der Gestaltung sollte besonders auf folgende Aspekte geachtet werden:

- Verwendung großkroniger, klimafitter (trocken- und hitzeresistenter) Bäume zur langfristigen Verschattung und Kühlung
- Übergangslösungen durch technische Beschattung oder das gezielte Pflanzen bereits älterer Bäume, um frühzeitig wirksame Schattenstrukturen zu schaffen
- Falls Wasserelemente vorgesehen sind, sollten diese zeitlich gesteuert oder nur dann aktiviert werden, wenn sie auch tatsächlich genutzt und gepflegt werden können
- Installation von Trinkbrunnen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität
- Sitzgelegenheiten gezielt im Schatten, sei es durch natürliche Baumkronen oder technische Konstruktionen

Bei einer Gestaltung mit ähnlicher Vegetationsdichte und Übershirmungsgrad wie im bestehenden Park südlich des APP-Areals ist davon auszugehen, dass sich vergleichbar gute Komfortbedingungen

einstellen werden. Damit kann die geplante Parkfläche einen wesentlichen Beitrag zu einem klimatisch ausgewogenen und lebenswerten Quartiersumfeld leisten.

Handlungsempfehlungen zur Verbesserung des sommerlichen Mikroklimas:

Auf Basis der Ergebnisse der Mikroklimasimulation und der beobachteten Hitzebelastungen im Projektgebiet ergeben sich gezielte Maßnahmenempfehlungen zur Verbesserung des sommerlichen Komforts und zur Stärkung der klimaresilienten Quartiersgestaltung. Dabei steht die Optimierung der Verschattungsverhältnisse, der Aufenthaltssituationen sowie der Wegebeziehungen im Vordergrund.

Ein wesentlicher Ansatzpunkt ist die Ergänzung technischer Beschattungselemente in ausgewählten Innenhöfen. Diese können insbesondere an stark besonnten Fassadenbereichen zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität beitragen. Eine Kombination aus dauerhaften (z. B. Pergolen, textilen Überdachungen) und flexiblen Lösungen (z. B. saisonal installierbare Sonnensegel) ermöglicht eine an die Nutzungssituation angepasste Verschattung und fördert gleichzeitig die Durchlüftung.

In den Innenhöfen selbst sollten flexible Sitzgelegenheiten vorgesehen werden – idealerweise unter bestehender Vegetation oder an der Ost- und Westseite der Gebäude, wo die thermische Belastung geringer ausfällt. Dadurch wird die Aufenthaltsqualität in den Vormittags- und Nachmittagsstunden verbessert und die Nutzbarkeit der Höfe auch an heißen Tagen gewährleistet.

Zur Reduktion der Hitzebelastung entlang frequentierter Wege wird empfohlen, wichtige Wegeregulationen durch zusätzliche Baumpflanzungen zu beschatten – insbesondere entlang der Anbindungen zu den Aufenthaltsflächen im Park bei APP und zum Grünraum an der Glan. Diese durchgehenden, begrünten Achsen schaffen nicht nur ein angenehmeres Mikroklima, sondern erhöhen auch die Nutzungsattraktivität der Freiräume. Begleitend dazu sollte ein Leitsystem entwickelt werden, das beschattete Routen klar ausweist und alternative, thermisch angenehmere Wegverbindungen sichtbar macht.

Im Rahmen der weiteren Planung wird zudem eine Baumpotentialanalyse empfohlen, um systematisch zu prüfen, wo zusätzliche Baumpflanzungen möglich und wirksam sind. Diese Analyse sollte sowohl bestehende unterirdische Leitungsführungen als auch zukünftige Nutzungsbereiche berücksichtigen und Flächen mit hoher mikroklimatischer Wirkung priorisieren.

Durch die konsequente Umsetzung dieser Maßnahmen kann das Quartier klimatisch aufgewertet, die Aufenthaltsqualität im Außenraum verbessert und die sommerliche Hitzebelastung deutlich reduziert werden.

4.7 Stakeholderprozess

Ein weiterer kritischer Erfolgsfaktor war die Einbindung aller relevanten Akteure in den Prozess. Das Krankenhaus als Großunternehmen umfasst zahlreiche interne Abteilungen (medizinisch, technisches Management, Einkauf) sowie externe Stakeholder (Lieferanten, Krankenkassen, Behörden, Gesellschafter). Am Ende des Projektes sollen sowohl dem Management und den Entscheidungsträgern in den einzelnen Abteilungen als auch der Öffentlichkeit die gewonnenen Erkenntnisse und Ergebnisse präsentiert werden.

Um alle relevanten Stakeholder mit an Bord zu haben, wurde bereits mit Beginn des Projektes ein Stakeholderprozess aufgesetzt. Eine Stakeholderanalyse bietet eine gute Übersicht über alle Personen, die ein (berechtigtes) Interesse an einem Projekt haben. Ein gutes Stakeholdermapping zeigt auch mögliche Machtverhältnisse und Konfliktpotentiale auf, denen man somit vorausschauend entgegentreten kann:

- Wer hat Interesse am Projekt?
- Wer ist fachlich involviert?
- Wer könnte das Projekt stören?
- Wer hat Nutzen vom Projekt?

In weiterer Folge können Strategien und daraus wiederum Maßnahmen abgeleitet werden, die dann auch in eine breit angelegte Dissemination über den Fortschritt sowie die Endergebnisse des Projektes führen können.

Der Stakeholderprozess im Projekt K3 wurde in mehreren Schritten durchgeführt:

Zuerst erfolgte eine ausführliche Standortbestimmung mit der Definition der relevantesten Stakeholder (Mapping), der Erfassung von Aufgaben und Zuständigkeiten dieser Stakeholder und deren möglicher Rollen im Projekt. Weiters war es für die Darstellung und Berechnung der Klimabilanz notwendig, die Personen, die für die Datensammlung wichtig waren, frühzeitig zu identifizieren, wie zum Beispiel Personen aus der Apotheke und der Küche.

Im ersten Stakeholderworkshop wurde eine Tabelle mit den wichtigsten Stakeholdern erstellt. Diese Tabelle wurde in weiteren vier Terminen immer wieder bearbeitet und gegebenenfalls erweitert beziehungsweise bereinigt. Daraus wurden dann Strategien und Maßnahmen abgeleitet, die ebenfalls immer wieder kontrolliert und ergänzt wurden.

Zum Schluss des Projektes wurden die Maßnahmen gesammelt, die in weiterer Folge zur Dissemination (akkordiert zwischen allen Projektpartnern) führen.

Für die Information an interne als auch externe Stakeholder wird auf diverse Medienkanäle des Klinikums, der KABEG, der Stadt Klagenfurt als auch von JOANNEUM RESEARCH zurückgegriffen.

Die Kombination aus prospektiver LCA und intensiver Stakeholder-Einbindung ermöglichte es, einen realistischen Transformationspfad zu konzipieren. Die beschriebenen Herausforderungen verdeutlichen, dass die Anwendung prospektiver LCA in einem komplexen Unternehmensumfeld weit mehr erfordert als reine Modellierung – sie verlangt ein integriertes Vorgehen, das Dateninnovation, interdisziplinäre Zusammenarbeit und Managementstrukturen miteinander verbindet.

4.8 Beitrag des Projekts zu den Gesamtzielen der Mission „Klimaneutrale Stadt“

Die Mission „klimaneutrale Stadt“ verfolgt das Ziel, Städte ganzheitlich auf einen Pfad zur (bilanziellen) Klimaneutralität auszurichten und dabei zentrale Emissionsquellen systematisch zu adressieren. Die gegenständliche Sondierung „K3“ leistet mit folgenden Anführungen einen Beitrag zu dem übergeordneten Ziel der Mission „klimaneutrale Stadt“, die in weiterer Folge auch den Zielen der Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee und der übergeordneten EU-Cities Mission entsprechen:

Strategisches Zielbild und Governance

- Erarbeitung eines Fahrplans zur bilanziellen Klimaneutralität am Standort Klinikum Klagenfurt.
- Aufbau robuster Governance-Strukturen, die Klimaschutz und Klimawandelanpassung als Querschnittsaufgaben in Stadtverwaltung, Landesinstitutionen und kommunalen Betrieben verankern.

Systematische THG-Bilanzierung und Hotspotanalyse

- Etablierung einer umfassenden, standardisierten Treibhausgas-Bilanzierung nach Scope 1–3 als Grundlage für strategische Entscheidungen.
- Identifikation und Priorisierung von Emissions-Hotspots (z.B. vorgelagerte Wertschöpfungsketten großer Infrastrukturbetriebe, energieintensive Prozesse wie Dampferzeugung), um dort wirksam und ressourceneffizient anzusetzen.

Transformationspfade und Szenarienentwicklung

- Entwicklung von Transformationspfaden („Maßnahmenbündeln“), die kurz-, mittel- und langfristige Maßnahmen kombinieren und unterschiedliche Rahmenbedingungen (Referenz-, Maßnahmen- und Klimaneutralitätsszenario) berücksichtigen.
- Unterstützung des Managements großer Emittenten – wie etwa eines Landesklinikums – bei strategischen Investitionsentscheidungen durch transparente, modellbasierte Abschätzung von Emissionsreduktionen und Robustheit gegenüber sozio-ökonomischen Entwicklungen.

Dekarbonisierung großer Infrastrukturbetriebe

- Schrittweise Reduktion direkter und indirekter Emissionen in energie- und ressourcenintensiven Einrichtungen (z.B. Krankenhäuser) durch Effizienzsteigerung, Prozessoptimierung, Umstellung von Energieträgern und Anpassung von Beschaffungs- und Mobilitätsmustern.
- Fokussierte Behandlung besonders emissionsintensiver Teilbereiche (wie Dampfversorgung) einschließlich Prüfung technologischer Alternativen und wirtschaftlicher Machbarkeit sowie Nutzung von Förder- und Innovationsprogrammen.

Kreislaufwirtschaft, Beschaffung und Mobilität

- Stärkung einer klimaverträglichen Beschaffungsstrategie (einschließlich Kapitalgüter und medizinischer Produkte) entlang der gesamten Wertschöpfungskette.
- Förderung klimafreundlicher Mobilität von Mitarbeiter:innen, Patient:innen und Besucher:innen (ÖV, Radverkehr, Sharing-Angebote, E-Mobilität) und Reduktion von verkehrsbedingten Emissionen und Flächeninanspruchnahme.

Klimawandelanpassung und Mikroklima

- Integration von Klimawandelanpassung, insbesondere Reduktion von Überhitzung, als gleichwertiges Ziel neben der Emissionsreduktion.
- Sicherung und Ausbau kühl wirksamer Strukturen durch klimagerechte Bauweisen, Begrünung, Entsigelung und qualitätsvolle Freiraumgestaltung, gestützt auf Mikroklimaanalysen und urbane Klimasimulationen.

Stakeholderbeteiligung und Innovation

- Aufbau tragfähiger Kooperationen mit internen und externen Stakeholdern (Verwaltung, Forschung, Unternehmen, Gesundheitseinrichtungen, Zivilgesellschaft), um Klimaziele durch gemeinsame Projekte zu erreichen.
- Nutzung von Reallaboren und FTI-Projekten zur Erprobung innovativer Lösungen in Bereichen mit noch fehlenden „State of the Art“-Ansätzen und zur Skalierung erfolgreicher Maßnahmen auf die gesamte Stadt.

Monitoring, Lernen und Skalierung

- Kontinuierliches Monitoring der THG-Emissionen, der Wirkung umgesetzter Maßnahmen sowie regelmäßige Aktualisierung von Strategien und Szenarien.
- Systematischer Wissenstransfer von Pionierprojekten – wie einem klimaneutralen Klinikum – auf andere städtische Einrichtungen und Akteur:innen, um die gesamtstädtische Klimaneutralität bis 2030/2040 erreichbar zu machen.

5 Schlussfolgerungen

Die angestrebte Klimaneutralität der Landeshauptstadt Klagenfurt kann nur in enger Kooperation mit Stakeholdern erreicht werden. Hier hat es sich im Projekt sehr bewährt, den Stakeholder Prozess gleich zu Beginn des Projekts aufzusetzen und über die gesamte Projektlaufzeit weiterzuführen. Durch die regelmäßigen Updates und Überprüfung der Stakeholder wurden keine Stakeholder vergessen und am Ende des Projekts wurde darauf aufbauend der Kommunikationsprozess über die Projektergebnisse und die weitere Vorgehensweise initiiert.

Das Sondierungsprojekt K3 – Klimaneutrales Klinikum Klagenfurt bietet eine umfangreiche Übersicht in welchen Bereichen die höchsten THG-Emissionen durch das Klinikum Klagenfurt entstehen. Die Entwicklung von Transformationspfaden bietet einen Leitfaden und konkrete Ratschläge, in welchen Handlungsfeldern THG-Emissionen in den kommenden Jahren eingespart werden können. Während einige Handlungsfelder wie die Nutzung fossiler Ressourcen in Scope 1 und 2 beispielsweise in der direkten Verantwortung des Klinikums Klagenfurt liegen, befinden sich andere Bereiche wie Mobilität und Energie im Schnittstellenbereich zwischen Klinikum und Landeshauptstadt. Neben den eingekauften Waren und Dienstleistungen, insbesondere der Einkauf von Arzneimitteln und medizinischen Produkten, sind die Energie (insbesondere Dampf), Kapitalgüterinvestitionen (Medizintechnik und Infrastrukturprojekte) und die induzierte Mobilität (Mitarbeiter, Patient:innen und Besucher:innen) die dominantesten Emissionskategorien.

Im Bereich Dampf sind die Ergebnisse besonders für die Stadtwerke Klagenfurt als Energieversorger relevant. Auch wenn eine im Projekt durchgeführte Machbarkeitsstudie durch eine externe Firma zum Ergebnis kam, dass klimafreundlichere Alternativen aktuell ökonomisch herausfordernd sind, wird die Dampfbereitstellung weiter im Fokus stehen.

Im Bereich der Mobilität soll gemeinsam mit der Klagenfurt Mobil GmbH (Öffentlicher Verkehr) erörtert werden, welche Maßnahmen möglich sind, damit noch mehr MitarbeiterInnen mit dem Bus zur Arbeit pendeln. Gleiches gilt für Patientinnen und Besucher, wobei letztere in der Regel nicht regelmäßig das Klinikum besuchen. Ebenfalls gab es bereits erste Gespräche über die Errichtung einer Bike-Sharing Station (nextbike) am Klinikum sowie eines e-Car Sharing Standortes (avant 2 Go). Da MitarbeiterInnen des Klinikums aus privaten oder betrieblichen Gründen oft trotzdem nicht auf den PKW verzichten können, strebt das Klinikum Klagenfurt mehrere Maßnahmen zur Förderung der Transition von Verbrenner-PKW zu elektrischen PKWs an. So gibt es bereits mehrere öffentliche Ladestationen auf dem Krankenhausgelände und aktuell werden Photovoltaik-Carports mit Ladestationen im Süden des Areals errichtet. Angedacht ist hier die Entwicklung von besonders preiswerten Mitarbeiterтарifen.

Die Ergebnisse der Mikroklimaanalyse und des Stakeholderprozesses verdeutlichen, dass klimaresiliente Quartiersentwicklung nur im Zusammenspiel aus fundierter Datengrundlage und aktiver Einbindung der relevanten Akteursgruppen gelingen kann. Die hochauflösenden Simulationen zum Sommerkomfort machen örtlich begrenzte Hitzeschwerpunkte ebenso sichtbar wie vorhandene klimatische Ausgleichsräume und liefern damit eine belastbare Entscheidungsbasis für gezielte Maßnahmen wie Begrünung, Verschattung und optimierte Wegeführungen. Gleichzeitig zeigt der strukturierte Stakeholderprozess, dass die Umsetzung dieser Maßnahmen in einem komplexen Großbetrieb nur dann realistisch und dauerhaft tragfähig ist, wenn Fachabteilungen, Management, Datenliefernde und externe Partner frühzeitig eingebunden werden und ihre Rollen klar definiert sind. Die Kombination aus mikroklimatischer Evidenz und prospektiver, partizipativ entwickelter Transformationsstrategie ermöglicht es, einen wirkungsorientierten und akzeptierten Transformationspfad hin zu einem klimaverträglichen, hitzerobusten und zukunftsfähigen Klinikstandort zu entwickeln.

6 Ausblick und Empfehlungen

Im Projekt K3 – Klimaneutrales Klinikum Klagenfurt entstand die erste vollständige Treibhausgas-Bilanzierung für einen Krankenhausstandort in Österreich, bei der sämtliche direkten und indirekten Emissionen, von Energieverbrauch über medizinische Einwegprodukte bis hin zu den durch Patienten- und Personalmobilität induzierten Treibhausgasen, erfasst wurden. Diese ganzheitliche Bilanz liefert nicht nur ein klares Bild des derzeitigen CO₂-Fußabdrucks, sondern bildet zugleich die Basis für die Definition quantifizierbarer Reduktionsziele für Gesundheitseinrichtungen im Rahmen ihrer Aufgaben und zukünftigen Entwicklung.

Die in der Sondierung entwickelten Transformationspfade bilden sowohl die Grundlage für zukünftige Maßnahmen zur THG-Reduktion am Klinikum selbst als auch in den Schnittstellenbereichen mit anderen Stakeholdern wie zum Beispiel im Gebiet der Energie oder der induzierten Mobilität, welche nicht am Krankenhausareal endet. Am Klinikum Klagenfurt werden zukünftig konkrete Maßnahmen in Stakeholdergruppen entwickelt und anhand ökologischer und ökonomischer Vorgaben geprüft.

Besonders in den Bereichen erneuerbare Energie und MitarbeiterInnen Mobilität werden zeitnah erste Maßnahmen als Demonstrationsvorhaben entwickelt und umgesetzt. Noch während der Sondierung wurde mit der Planung von Photovoltaik Überdachungen in Kombination mit E-Auto Ladestationen begonnen. Die ersten acht mit Photovoltaik überdachten Parkplätze befinden sich aktuell in der Umsetzung. Während die infrastrukturelle Errichtung mittlerweile schon State-of-the-Art ist, beinhaltet die Gestaltung der für MitarbeiterInnen vergünstigten Ladetarife durchaus einen innovativen Ansatz. Da aktuell sämtlicher am Klinikum erzeugte Strom selbst verbraucht wird (keine Einspeisung von überschüssigem Strom) ist netzdienliches Laden aktuell noch kein größeres Thema. Mit der weiteren Installation von Photovoltaikanlagen und Energieeffizienzmaßnahmen könnte Peak-Shaving jedoch in der Zukunft an Relevanz gewinnen. Hier gilt es entsprechende innovative Modelle zu entwickeln, damit E-Autos automatisch dann geladen werden, wenn ein Überschuss an Strom vorhanden ist. Gleichzeitig muss sichergestellt werden, dass die Batterien der MitarbeiterInnen einen ausreichenden Ladefortschritt gemäß des gewünschten Ladeziels im Rahmen der verfügbaren allgemeinen Ladeleistungskapazitäten erreichen.

Im Bereich Dampf lassen sich Alternativen zum erdgaserzeugten Dampf derzeit ökonomisch nur schwer darstellen. Es werden daher derzeit unmittelbare Effizienzpotentiale erhoben und laufend die Ist-Situation bezüglich einer ökonomischen Darstellung des Austausches der erdgasbasierten Dampfversorgung evaluiert

Die IPAK ist sehr gut mit den relevanten Stakeholdern auf städtischer Ebene vernetzt und ist in regelmäßigen Austausch mit den Stadtwerken Klagenfurt, der Klagenfurt Mobil GmbH und avant 2 Go.

Sobald konkrete innovative Maßnahmen identifiziert werden, wird die IPAK die relevanten Stakeholder in das Projektvorhaben integrieren und nach entsprechenden Förderprogrammen suchen.

Ein weiteres zentrales Ergebnis ist die Weiterentwicklung der Methodik zur verbesserten Emissionsprognose von Gesundheitseinrichtungen. Durch die Integration von sozio-ökonomischen Modellen in die LCA-Datenbank konnten Hintergrunddaten für ein breites Produktportfolio modifiziert werden und ermöglichen es, unterschiedliche Szenarien transparent zu vergleichen. Aufgrund der modularen Struktur lässt sich das Verfahren effizient auf andere Einrichtungen im Gesundheitswesen übertragen.

JOANNEUM Research wird die entwickelten Modelle kontinuierlich weiterentwickeln – insbesondere durch Datenupdates, erweiterte Szenariobibliotheken und verbesserte Schnittstellen. Auf diese Weise soll das Projekt nicht nur einen einzelnen Standort transformieren, sondern als Katalysator für eine nachhaltigere Gesundheitsinfrastruktur in Österreich und darüber hinauswirken.

Die Methodik ist so konzipiert, dass sie mit überschaubarem Aufwand an standort- und produktspezifische Daten angepasst werden kann; dadurch erhalten Kliniken, medizinische Einrichtungen oder Pflegeheime ein Werkzeug, um ihre eigenen THG-Emissionen systematisch zu quantifizieren und langfristige Dekarbonisationsstrategien abzuleiten. Der Ausblick sieht vor, die erprobte Methodik zu bündeln und als Service für das gesamte Gesundheitssegment anzubieten. Damit können weitere Einrichtungen prospektive THG-Bilanzierungen durchführen, ihre Transformationspfade planen, Fortschritte gegenüber nationalen und territorialen Klimazielen zu dokumentieren und zu quantifizieren.

Der begleitenden Stakeholderprozess unterstützte zum einen die Datensammlung für die Treibhausgas-Bilanzierung in den unterschiedlichen Abteilungen des Klinikums Klagenfurt, zum anderen lieferte dieser Prozess die Grundlage für eine gute Kommunikationsstrategie, um innerhalb des Klinikums sowie die Öffentlichkeit über die Ergebnisse des Projekts zu berichten.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standortbasierte THG-Emissionen nach Emissionskategorie.	17
Abbildung 2: THG-Emissionen (standortbasiert) nach Handlungsfeldern, angelehnt an „Strategie Klimaneutrales Gesundheitswesen“ (BMSGPK, 2023).	18
Abbildung 3: Zeitliche Entwicklung der gesamten induzierten Verkehrsleistung unter Berücksichtigung der Mobilitätsmaßnahmen, Bevölkerungsveränderung sowie Änderung des medizinischen Angebots.	20
Abbildung 4: Entwicklung der THG-Emissionen in zwei unterschiedlichen sozio-ökonomischen Szenarien unter Berücksichtigung aller im Modell implementierten Maßnahmen.	21
Abbildung 5: Entwicklung des Beitrags der KABEG zur Erreichung territorialer (nationaler) Klimaziele in einem ambitionierten sozio-ökonomischen Szenario („well below 2°C“) unter Berücksichtigung interner Maßnahmen.	23
Abbildung 6 Modellansicht - Osten des Quartiers (Copyright: Weatherpark).....	30
Abbildung 7 Modellansicht - Westen des Quartiers (Copyright: Weatherpark).....	31
Abbildung 8 PET Klinikum Ost zur Mittagszeit (Copyright: Weatherpark).....	32
Abbildung 9 PET Klinikum - West zur Mittagszeit (Copyright: Weatherpark).....	32
Abbildung 10 Vogelperspektive Klinikum Klagenfurt (© KABEG)	53

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Projekt verwendete Daten	43
Tabelle 2: Im Projekt generierte Daten	44
Tabelle 3: Metadaten Mikroklimaanalyse.....	45
Tabelle 4 Metadaten Treibhausgasbilanz des Klinikum Klagenfurt für das Bilanzjahr 2023	46
Tabelle 5 Metadaten Transformationspfad des Klinikum Klagenfurt 2023-2050.....	47
Tabelle 6 Metadaten Verkehrsmodell des induzierten Pendel-, Patient:innen und Besucher:innerverkehrs 2023-2030-2050.....	48
Tabelle 7 Metadaten Premise-modifizierte sektorbezogene Emissionspfade bis 2100	49

Data Management Plan (DMP)

1: Datenerstellung und Dokumentation

Tabelle 1: Im Projekt verwendete Daten

Beschreibung	Typ	Art	Quelle	Zugang	Link
KABEG Einkaufsdaten Klinikum Klagenfurt	Numerisch, Text	Aggregierte Datensätze	KABEG	Nicht öffentlich	-
KABEG Geschäftsbe- richte 2011- 2023	Numerisch, Text	Bericht	KABEG	öffentlich	https://www.kabeg.at/presse/publikationen-download/
KABEG Um- welterklärung 2011-2023	Numerisch, Text	Bericht	KABEG	Öffentlich	https://www.kabeg.at/ueberuns/werte/nachhaltigkeit/
APCOA Schrankenda- ten Klinikum Klagenfurt	Numerisch, Text	Anonymi- sierter Da- tensatz	APCOA	Nicht öffentlich	-
KABEG Abfall- aufkommen nach Abfall- klassen Klini- kum Klagenfurt 2023	Numerisch, Text	Datensatz	KABEG	Nicht öffentlich	-
Ecoinvent 3.09	-	Datenbank	ecoinvent	Nicht öffentlich	https://support.ecoinvent.org/ecoinvent-version-3.9.1
DEFRA Spend- based Emissi- onsfaktoren (2022)	Numerisch, Text	Datensatz	DEFRA, UK	Öffentlich	https://www.gov.uk/government/statistics/uks-carbon-footprint

Beschreibung	Typ	Art	Quelle	Zugang	Link
Gesundheitsversorgung stationär: Medizinische Leistungen	Numerisch, Text	Datensatz	Statistik Austria	Öffentlich	https://www.statistik.at/en/statistics/population-and-society/health/health-care-and-expenditure/inpatient-health-care-medical-procedures
ÖROK-Bevölkerungsprognose 2021	Numerisch, Text	Datensatz	Österreichische Raumordnungskonferenz (ÖROK)	Öffentlich	https://www.oerok.gv.at/raum/daten-und-grundlagen/oerok-prognosen/oerok-prognose-2021-1

Tabelle 2: Im Projekt generierte Daten

ID	Beschreibung	Typ	Art	Verantwortlich	Zugang
Mikroklima	Abbildungen der Mikroklimateanalyse am Standort Klinikum Klagenfurt	Rasterbild / Bitmap.	Modellierung der Lufttemperatur und der PET	IPAK GmbH	Nicht öffentlich
Treibhausgasbilanz 2023	Treibhausgasbilanz des Klinikum Klagenfurt für das Bilanzjahr 2023	Numerisch, Text	Datensatz	JOANNEUM RESEARCH	Nicht öffentlich
Transformationspfad 2023-2050	Transformationspfad des Klinikum Klagenfurt 2023-2050	Numerisch, Text	Datensatz	JOANNEUM RESEARCH	Nicht öffentlich
Verkehrsmodell 2023-2030-2050	Verkehrsmodell des induzierten Pendel-, Patient:innen und Besucher:innerverkehrs 2023-2030-2050	Numerisch, Text	Modellierung	JOANNEUM RESEARCH	Nicht öffentlich
Sektorbezogene Emissionspfade	Premise-modifizierte sektorbezogene Emissionspfade bis 2100	Numerisch, Text	Datensatz	JOANNEUM RESEARCH	Nicht öffentlich

Tabelle 3: Metadaten Mikroklimateanalyse

Attribut	Beschreibung
Mikroklima	Mikroklimaaanalyse
Titel	Mikroklimaaanalyse am Standort Klinikum Klagenfurt
Zusammenfassung	Im Zuge der Mikroklimateasimulation für den Standort Klinikum Klagenfurt wurden von einem Subauftragnehmer Simulationen in Bezug auf Lufttemperatur und PET durchgeführt sowie in weiterer Folge Handlungsempfehlungen abgeleitet.
Kurzbezeichnung	Mikroklimaaanalyse (Lufttemperatur, PET)
Einheit	Rasterbild / Bitmap
Zeitintervall	Einmalige Simulation (durchschnittlicher Sommertag)
Zeitraum und Referenzjahr	Durchschnittlicher Sommertag in Klagenfurt (12.07)
Institution	Weatherpark GmbH Meteorologische Forschung und Dienstleistungen
Kontakt	Stefan.guggenberger@klagenfurt.at
Mitwirkende und Rolle	Stefan Guggenberger, Georg Eichler – IPAK GmbH; Verantwortlich für Übermittlung der Geodaten an den Subauftragnehmer Weatherpark GmbH
Methodik	Mikroklimateasimulation, Verschneidung der Geodaten und Berechnung mittels Klimadaten.
Datenvervollständigung	Nicht relevant
Quelldaten	Nicht relevant
Kommentar	Nicht relevant
Erstellungsdatum	07.10.2025
Datentyp	Rasterbild / Bitmap
Versionsstand	Stand: November 2025

Tabelle 4 Metadaten Treibhausgasbilanz des Klinikum Klagenfurt für das Bilanzjahr 2023

Attribut	Beschreibung
Titel	Treibhausgasbilanz des Klinikum Klagenfurt für das Bilanzjahr 2023
Zusammenfassung	Der Datensatz umfasst eine vollständige Treibhausgasbilanzierung des Standorts KABEG Klinikum Klagenfurt im Bilanzjahr 2023 gemäß GHG-Protocol
Kurzbezeichnung	Treibhausgasbilanz 2023
Einheit	THG-Emissionen gemäß IPCC 2021, Global Warming Potential in Tonnen CO _{2e}
Zeitintervall	-
Zeitraum und Referenzjahr	Bilanzjahr 2023
Institution	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft m.b.H.
Kontakt	sebastian.bock@joanneum.at
Mitwirkende und Rolle	Sebastian Bock, JOANNEUM RESEARCH - Datenerstellung Martin Beermann, JOANNEUM RESEARCH - Prüfung und Review
Methodik	Treibhausgasbilanzierung gemäß GHG-Protocol
Datenvervollständigung	Nicht relevant
Quelldaten	KABEG Einkaufsdaten Klinikum Klagenfurt KABEG Geschäftsbericht 2023 KABEG Umwelterklärung 2023 KABEG Abfallaufkommen nach Abfallklassen Klinikum Klagenfurt 2023 Ecoinvent 3.09 DEFRA Spend-based Emissionsfaktoren 2022 Verkehrsmodell 2023
Kommentar	-
Erstellungsdatum	21.10.2025
Datentyp	Alphanumerischer Datensatz
Versionsstand	Stand: Oktober 2025

Tabelle 5 Metadaten Transformationspfad des Klinikum Klagenfurt 2023-2050

Attribut	Beschreibung
Titel	Transformationspfad des Klinikum Klagenfurt 2023-2050
Zusammenfassung	Der Datensatz umfasst einen Transformationspfad für das KABEG Klinikum Klagenfurt auf Basis der Treibhausgasbilanz 2023, projektintern identifizierter und vorgeschlagener Maßnahmen sowie einer Vordergrunddatenprognose für das Klinikum Klagenfurt
Kurzbezeichnung	Transformationspfad 2023-2050
Einheit	THG-Emissionen gemäß IPCC 2021, Global Warming Potential in Tonnen CO _{2e}
Zeitintervall	jährlich
Zeitraum und Referenzjahr	2023-2050
Institution	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft m.b.H.
Kontakt	sebastian.bock@joanneum.at
Mitwirkende und Rolle	Sebastian Bock, JOANNEUM RESEARCH - Datenerstellung Martin Beermann, JOANNEUM RESEARCH - Prüfung und Review
Methodik	Projektion der THG-Emissionen gemäß GHG-Protocol sowie anhand nationaler Ziele und Klassifizierungen
Datenvervollständigung	Nicht relevant
Quelldaten	Treibhausgasbilanz 2023 Einkaufsdaten Klinikum Klagenfurt Geschäftsberichte KABEG 2011-2023 Umwelterklärung 2011-2023 Abfallaufkommen nach Abfallklassen Klinikum Klagenfurt 2023 Ecoinvent 3.09 DEFRA Spend-based Emissionsfaktoren 2022 Verkehrsmodell 2023-2030-2050 ÖROK-Bevölkerungsprognose 2021 Gesundheitsversorgung stationär: Medizinische Leistungen
Kommentar	-

Attribut	Beschreibung
Erstellungsdatum	21.10.2025
Datentyp	Alphanumerischer Datensatz
Versionsstand	Stand: Oktober 2025

Tabelle 6 Metadaten Verkehrsmodell des induzierten Pendel-, Patient:innen und Besucher:innerverkehrs 2023-2030-2050

Attribut	Beschreibung
Titel	Verkehrsmodell des induzierten Pendel-, Patient:innen und Besucher:innerverkehrs 2023-2030-2050
Zusammenfassung	Der Datensatz umfasst Ergebnisse des induzierten Verkehrs des KABEG Klinikum Klagenfurt nach Personengruppen und Mobilitätsform für unterschiedliche Bilanzjahre auf Basis des Verkehrsmodells von JOANNEUM RESEARCH LIFE.
Kurzbezeichnung	Verkehrsmodell 2023-2030-2050
Einheit	Transportkilometer (Tkm)
Zeitintervall	jährlich
Zeitraum und Referenzjahr	2023-2050
Institution	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft m.b.H.
Kontakt	sebastian.bock@joanneum.at
Mitwirkende und Rolle	Sebastian Bock, JOANNEUM RESEARCH - Datenerstellung Martin Beermann, JOANNEUM RESEARCH - Prüfung und Review
Methodik	Projektion der THG-Emissionen gemäß GHG-Protocol sowie anhand nationaler Ziele und Klassifizierungen
Datenvervollständigung	Nicht relevant
Quelldaten	Treibhausgasbilanz 2023 Einkaufsdaten Klinikum Klagenfurt Geschäftsberichte KABEG 2011-2023

Attribut	Beschreibung
	Umwelterklärung 2011-2023
	Abfallaufkommen nach Abfallklassen Klinikum Klagenfurt 2023
	Ecoinvent 3.09
	DEFRA Spend-based Emissionsfaktoren 2022
	Verkehrsmodell 2023-2030-2050
	ÖROK-Bevölkerungsprognose 2021
	Gesundheitsversorgung stationär: Medizinische Leistungen
Kommentar	-
Erstellungsdatum	21.10.2025
Datentyp	Alphanumerischer Datensatz
Versionsstand	Stand: Oktober 2025

Tabelle 7 Metadaten Premise-modifizierte sektorbezogene Emissionspfade bis 2100

Attribut	Beschreibung
Titel	Premise-modifizierte sektorbezogene Emissionspfade bis 2100
Zusammenfassung	Der Datensatz umfasst sektorbezogene Emissionspfade gemäß ISIC-Klassifizierung auf Basis historischer DEFRA-Daten und prospektiver <i>premise</i> -Datensätze.
Kurzbezeichnung	Sektorbezogene Emissionspfade
Einheit	Tonnen CO _{2e} pro €
Zeitintervall	jährlich
Zeitraum und Referenzjahr	2023-20100
Institution	JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft m.b.H.
Kontakt	sebastian.bock@joanneum.at
Mitwirkende und Rolle	Sebastian Bock, JOANNEUM RESEARCH - Datenerstellung Martin Beermann, JOANNEUM RESEARCH - Prüfung und Review

Attribut	Beschreibung
Methodik	Projektion von spend-based Emissionsfaktoren anhand historischer Zeitreihen und bottom-up LCA
Datenvervollständigung	Nicht relevant
Quelldaten	Ecoinvent 3.09 DEFRA Spend-based Emissionsfaktoren 2022
Kommentar	-
Erstellungsdatum	21.10.2025
Datentyp	Alphanumerischer Datensatz
Versionsstand	Stand: Oktober 2025

2: Ethische, rechtliche und Sicherheitsaspekte

Rechte an der Datennutzung bleiben bei den Mitgliedern des Konsortiums.

3: Datenspeicherung und -erhalt

Generierte Daten wurden ausschließlich in der Projektlaufzeit, im Rahmen der Sondierung, einmalig erhoben und für eben jenen Zweck im Projektkonsortium verwaltet. Es handelt sich dabei um keine persönlichen Daten.

4: Wiederverwendbarkeit der Daten

Daten wurden lediglich als Entscheidungsgrundlage im Zuge der Sondierung generiert. Diese Daten sind im Eigentum des Konsortiums und unterliegen Geheimhaltungsgründen.

