

# cityclimAlte

Berichte aus Energie- und Umweltforschung 1/2026

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) Volker Schaffler, MA, AKKM

Kontakt zur Mission „Klimaneutrale Stadt“: DI<sup>in</sup> (FH) Katrin Bolovich

Kontakt zu „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt“: DI<sup>in</sup> (FH) Isabella Warisch

Autorinnen und Autoren: Christian Kogler (AIT), Pia Weinlinger (AIT), Jasmin Lampert (AIT),  
Isabella Hinterleitner (TML), Veronika Hornung-Prähauser (Salzburg Research)

Stand: 28. Mai 2026

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Rückmeldungen:

Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an [iii3@bmimi.gv.at](mailto:iii3@bmimi.gv.at).

## **Rechtlicher Hinweis**

Dieser Ergebnisbericht wurde vom/von 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

<b>Rechtlicher Hinweis.....</b>	<b>3</b>
<b>Vorbemerkung.....</b>	<b>4</b>
<b>1 Kurzfassung.....</b>	<b>7</b>
<b>2 Abstract.....</b>	<b>10</b>
<b>3 Einleitung.....</b>	<b>13</b>
3.1 KI-basierte Anwendungen für die klimaneutrale Stadt.....	13
3.2 Ziele der Studie CityclimAlte.....	14
<b>4 Methoden und Vorgangsweise.....</b>	<b>18</b>
4.1 Screening.....	18
4.2 Use-Case Analyse.....	24
4.3 Rechtlicher Rahmen.....	26
4.4 Machbarkeit & Folgenabschätzung.....	31
4.4.1 Machbarkeit.....	32
4.4.2 Folgenabschätzung.....	33
4.5 Stakeholder Einbindung.....	35
<b>5 Ergebnisse.....</b>	<b>37</b>
5.1 KI-Anwendungen für klimaneutrale Städte aus Sicht städtischer Akteure.....	38
5.1.1 Visionen für die klimaneutrale Stadt 2040.....	39
5.1.2 Fazit.....	42
5.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für den KI-Einsatz in österreichischen Städten.....	44
5.3 Überblick über KI-Anwendungen für Klimaneutralität und Klimawandelanpassung....	48
5.4 Analyse ausgewählter Use-Cases in städtischen KI-Anwendungsbereichen: Potenziale, Machbarkeit und Folgen.....	51
5.4.1 Mobilität, Verkehr und Logistik.....	52
5.4.2 Strom- und Wärmenetze.....	54
5.4.3 Energieeffiziente Gebäude und Sanierung.....	56
5.4.4 Energieeffiziente Rechenzentren.....	58
5.4.5 Städtisches Klima und Klimawandelanpassung.....	60
5.5 Das KI-Empfehlungstool für Städte als Entscheidungshilfe.....	63
5.5.1 Nutzen des KI-Technologieradars für klimafreundliche Städte.....	63
5.5.2 Entwicklung und Systematik des KI-Technologieradars Der KI-Technologieradar wurde in einem mehrphasigen Prozess gemeinsam mit verschiedenen Stakeholdern	

über den Zeitraum 2025/2026 konzipiert, entwickelt und als Webanwendung umgesetzt:.....	64
5.5.3 Hinweise zur Anwendung des KI-Empfehlungstools.....	65
<b>6 Schlussfolgerungen.....</b>	<b>70</b>
<b>7 Ausblick und Empfehlungen.....</b>	<b>72</b>
<b>Anhang.....</b>	<b>75</b>
<b>KI-Folgenabschätzung nach Anwendungsfeldern.....</b>	<b>76</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>90</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>91</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>92</b>

# 1 Kurzfassung

Der Klimawandel stellt Städte weltweit vor erhebliche Herausforderungen. Hitzewellen, Starkregenereignisse, steigender Energiebedarf und Belastungen der urbanen Infrastruktur wirken sich zunehmend auf Lebensqualität, Gesundheit und wirtschaftliche Stabilität aus. Gleichzeitig sind Städte zentrale Akteure für die Erreichung von Klimaneutralität und Resilienz. Parallel dazu entwickelt sich die Künstliche Intelligenz (KI) mit hoher Geschwindigkeit weiter und eröffnet neue Möglichkeiten für datenbasierte Steuerung, Prognose und Optimierung urbaner Systeme. Vor diesem Hintergrund untersucht die Studie cityclimAlte, wie KI-Anwendungen einen wirksamen Beitrag zur klimaneutralen und klimaresilienten Stadt leisten können und welche technischen, organisatorischen sowie rechtlichen Voraussetzungen dafür erforderlich sind. Im Mittelpunkt steht die Forschungsfrage, in welchen kommunalen Anwendungsfeldern KI das größte Potenzial zur Unterstützung der Klimaneutralität besitzt und wie diese Anwendungen hinsichtlich Wirkung, Machbarkeit, Skalierbarkeit und regulatorischer Anforderungen bewertet werden können.

Die Ausgangssituation ist durch ein Spannungsfeld zwischen Klimadruck, Digitalisierung und zunehmender Regulierung geprägt. KI-basierte Anwendungen werden bereits heute in unterschiedlichen Bereichen wie Mobilität, Energieversorgung, Gebäudeoptimierung oder Stadtplanung eingesetzt und bieten erhebliche Potenziale zur Effizienzsteigerung und Emissionsreduktion. Gleichzeitig bestehen jedoch zahlreiche Herausforderungen, etwa hinsichtlich Datenqualität, Interoperabilität, Datenschutz, Cybersicherheit, Fachkräftemangel und finanzieller Ressourcen. Besonders der EU-AI-Act sowie die Datenschutz-Grundverordnung schaffen neue Anforderungen an Transparenz, Governance und Risikomanagement beim Einsatz von KI-Systemen. Internationale Initiativen und Programme zeigen zwar die wachsende Bedeutung von KI als Schlüsseltechnologie für klimaneutrale Städte, allerdings fehlt vielen Kommunen eine strukturierte Entscheidungsgrundlage zur Auswahl geeigneter Anwendungen und zur Bewertung ihrer tatsächlichen Wirkung. Genau hier setzt cityclimAlte an, indem internationale Erfahrungen systematisch analysiert und auf österreichische Rahmenbedingungen übertragen werden.

Das strategische Ziel der Studie besteht darin, KI-Anwendungsfälle im Kontext klimaneutraler Städte strukturiert aufzubereiten und daraus praxisorientierte

Empfehlungen für Städte, Gemeinden und Entscheidungsträger:innen abzuleiten. Dazu wurden nationale und internationale Projekte untersucht, relevante Use-Cases identifiziert und hinsichtlich ihrer Potenziale bewertet. Die Studie konzentriert sich insbesondere auf die Bereiche Mobilität und Logistik, Strom- und Wärmenetze, energieeffiziente Gebäude, städtisches Klima und Klimawandelanpassung sowie energieeffiziente Rechenzentren und Abwärmenutzung. In diesen Domänen wurden konkrete Anwendungen analysiert, darunter intelligente Verkehrssteuerungen, KI-basierte Energiemanagementsysteme, digitale Zwillinge, Mikroklimasimulationen sowie KI-gestützte Wärme- und Netzplanung. Ergänzend wurde ein interaktives KI-Empfehlungstool entwickelt, das Kommunen bei der Auswahl geeigneter Technologien unterstützt und eine strukturierte Bewertung anhand standardisierter Kriterien ermöglicht.

Methodisch basiert die Studie auf einer mehrstufigen Vorgehensweise. Zunächst erfolgte ein umfassendes Screening wissenschaftlicher Literatur, internationaler Projekte und bestehender KI-Anwendungen. Ergänzend wurden Interviews und Workshops mit Städten, Netzbetreibern, Forschungseinrichtungen, Technologieanbietern und Rechtsexpert:innen durchgeführt, um neben technologischen auch organisatorische und regulatorische Fragestellungen zu berücksichtigen. Alle identifizierten Anwendungen wurden in standardisierten Factsheets dokumentiert und anhand einheitlicher Kriterien bewertet. Berücksichtigt wurden unter anderem Klimawirkung, technische Machbarkeit, Komplexität, Datenanforderungen, Reifegrad der Technologien sowie Übertragbarkeit und Skalierbarkeit. Zusätzlich erfolgte eine vertiefte rechtliche Analyse hinsichtlich DSGVO, EU-AI-Act sowie weiterer sektorspezifischer Regelungen. Besonderes Augenmerk lag auf Datenschutz, Transparenz, Risikomanagement, menschlicher Aufsicht und den Anforderungen an vertrauenswürdige KI.

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass KI erhebliche Potenziale zur Unterstützung klimaneutraler Städte besitzt. Besonders hohe Wirkungen wurden in den Bereichen Mobilität, Energie- und Wärmenetze sowie Gebäude- und Energiemanagement identifiziert. Dort kann KI dazu beitragen, Energieverbräuche zu senken, Verkehrsflüsse zu optimieren, Emissionen zu reduzieren und Planungsprozesse effizienter zu gestalten. Besonders vielversprechend sind Anwendungen wie intelligente Verkehrssteuerungen, prädiktive Energiemanagementsysteme, digitale Zwillinge und KI-gestützte Mikroklimasimulationen. Gleichzeitig zeigt die Studie deutlich, dass erfolgreiche KI-Anwendungen nicht allein von technologischen Algorithmen abhängen. Entscheidend sind qualitativ hochwertige Daten, interoperable Systeme, organisatorische Kompetenzen sowie klare rechtliche und ethische Rahmenbedingungen. Datenschutz, Transparenz,

Cybersicherheit und menschliche Kontrolle stellen wesentliche Voraussetzungen für eine vertrauenswürdige Nutzung kommunaler KI-Systeme dar. Die Studie kommt daher zu dem Schluss, dass KI nur dann nachhaltig und wirksam eingesetzt werden kann, wenn technologische Innovation mit Governance-Strukturen, Kompetenzaufbau und regulatorischer Compliance kombiniert wird.

Für die Zukunft empfiehlt die Studie einen schrittweisen und praxisorientierten Ausbau kommunaler KI-Kompetenzen. Städte und Gemeinden sollten Pilotprojekte gezielt nutzen, um Erfahrungen aufzubauen und skalierbare Lösungen zu entwickeln. Gleichzeitig braucht es standardisierte Datenräume, interoperable Schnittstellen sowie geeignete Governance- und Sicherheitskonzepte. Das entwickelte KI-Empfehlungstool kann dabei als Orientierungshilfe dienen und Kommunen bei der Auswahl geeigneter Technologien unterstützen. Langfristig wird erwartet, dass KI eine zentrale Rolle in der urbanen Transformation einnehmen und wesentlich dazu beitragen wird, Klimaneutralität, Resilienz und Lebensqualität miteinander zu verbinden. Voraussetzung dafür bleibt jedoch ein menschenzentrierter, transparenter und rechtskonformer Einsatz von KI-Systemen.

## 2 Abstract

Climate change poses major challenges for cities worldwide. Heatwaves, heavy rainfall events, rising energy demand, and increasing pressure on urban infrastructure are already affecting quality of life, public health, and economic stability. At the same time, cities are key actors in achieving climate neutrality and resilience. Parallel to these developments, Artificial Intelligence (AI) is evolving rapidly and creating new opportunities for data-driven control, forecasting, and optimization of urban systems. Against this background, the cityclimAlte study investigates how AI applications can contribute effectively to climate-neutral and climate-resilient cities and which technical, organizational, and legal conditions are required for their successful implementation. The central research question focuses on identifying the municipal application areas in which AI can provide the greatest contribution to climate neutrality and evaluating these applications regarding impact, feasibility, scalability, and regulatory requirements.

The initial situation is characterized by the interaction of climate pressure, digital transformation, and increasing regulatory requirements. AI-based applications are already being used in areas such as mobility, energy systems, building optimization, and urban planning, offering significant potential for efficiency gains and emission reductions. At the same time, substantial challenges remain concerning data quality, interoperability, cybersecurity, lack of expertise, and financial resources. In particular, the EU AI Act and the General Data Protection Regulation (GDPR) create new requirements regarding transparency, governance, and risk management for AI systems. Although international initiatives demonstrate the growing importance of AI as a key technology for climate-neutral cities, many municipalities still lack structured guidance for selecting suitable AI applications and assessing their actual impact. The cityclimAlte study addresses this gap by systematically analyzing international experiences and transferring them to Austrian municipal contexts.

The strategic objective of the study is to systematically analyze AI use cases in the context of climate-neutral cities and derive practical recommendations for municipalities and decision-makers. To achieve this, national and international projects were screened and relevant use cases were identified and evaluated regarding their potential. The study focuses particularly on mobility and logistics, electricity and heating networks, energy-efficient buildings, urban climate and climate adaptation, as well as energy-efficient data

centers and waste heat utilization. Within these domains, specific applications such as intelligent traffic management, AI-based energy management systems, digital twins, microclimate simulations, and AI-supported heat and energy network planning were analyzed. In addition, an interactive AI recommendation tool was developed to support municipalities in selecting suitable technologies and prioritizing applications based on standardized evaluation criteria.

Methodologically, the study follows a multi-stage approach. First, a comprehensive screening of scientific literature, international projects, and existing AI applications was conducted. This was complemented by interviews and workshops involving municipalities, grid operators, research institutions, technology providers, and legal experts in order to address not only technological but also organizational and regulatory issues. All identified applications were documented in standardized fact sheets and evaluated according to consistent criteria, including climate impact, technical feasibility, complexity, data requirements, technology readiness level, transferability, and scalability. Furthermore, an in-depth legal analysis was carried out regarding the GDPR, the EU AI Act, and additional sector-specific regulations. Particular attention was given to data protection, transparency, risk management, human oversight, and trustworthy AI requirements.

The results of the study demonstrate that AI has considerable potential to support climate-neutral cities. Particularly high impacts were identified in the areas of mobility, energy and heating networks, and building and energy management. In these domains, AI can reduce energy consumption, optimize traffic flows, lower emissions, and improve planning processes. Especially promising applications include intelligent traffic management, predictive energy management systems, digital twins, and AI-supported microclimate simulations. At the same time, the study clearly shows that successful AI implementation depends not only on algorithms but also on high-quality data, interoperable systems, organizational capabilities, and clear legal and ethical frameworks. Data protection, transparency, cybersecurity, and human oversight are essential prerequisites for trustworthy municipal AI systems. Consequently, the study concludes that AI can only be implemented sustainably and effectively when technological innovation is combined with governance structures, capacity building, and regulatory compliance.

Looking ahead, the study recommends a gradual and practice-oriented expansion of municipal AI capabilities. Cities and municipalities should strategically use pilot projects to gain experience and develop scalable solutions. At the same time, standardized data

infrastructures, interoperable interfaces, and appropriate governance and security concepts are required. The developed AI recommendation tool can serve as practical guidance for municipalities in selecting suitable technologies. In the long term, AI is expected to play a central role in urban transformation and significantly contribute to combining climate neutrality, resilience, and quality of life. However, this requires that AI systems are implemented in a human-centered, transparent, and legally compliant manner.

# 3 Einleitung

Der Klimawandel verschärft sich – Städte sind gleichzeitig Treiber und Leidtragende dieser Entwicklung. Hitzewellen, Starkregen, Überflutungen und Luftqualitätsprobleme wirken sich unmittelbar auf Gesundheit, Infrastruktur und Produktivität aus. Gleichzeitig sind urbane Räume der Ort, an dem Dekarbonisierung, Ressourceneffizienz und Anpassung an Klimarisiken am schnellsten skaliert werden können. Eine systematische, vorausschauende Stadtentwicklung ist daher zentral, um Emissionen zu senken und Resilienz aufzubauen.

Parallel dazu erlebt die Künstliche Intelligenz (KI) einen außergewöhnlich dynamischen Entwicklungssprung: Neue Modellarchitekturen, wachsende Datenverfügbarkeit und leistungsfähige Rechen-Infrastrukturen verkürzen Innovationszyklen und ermöglichen datenbasierte Steuerung in einer Tiefe und Geschwindigkeit, die vor wenigen Jahren nicht realistisch war. Damit steigen aber auch Anforderungen an Governance, Datenschutz, Transparenz und Qualifikation – befeuert durch den EU-AI-Act und menschenzentrierte Leitlinien, wie sie im UN-Habitat-Programm „People-Centred Smart Cities“ entwickelt werden.

cityclimAlte setzt in dieser doppelten Transformation an: Die Studie ordnet das hochdynamische KI-Feld aus der Perspektive klimaneutraler Städte, verdichtet internationale und nationale Erkenntnisse, analysiert rechtliche und organisatorische Rahmenbedingungen (insb. DSGVO/EU-AI-Act) und leitet daraus übertragbare, wirkungsorientierte Empfehlungen für kommunale Entscheidungsträger:innen ab. Dazu werden auch relevante Förder- und Programmumfelder untersucht – u. a. nationale Initiativen wie AI for Green/AI-Ökosysteme (FFG), europäische Beschaffungsansätze wie AI4Cities sowie Leitlinienprozesse von UN-Habitat.

## 3.1 KI-basierte Anwendungen für die klimaneutrale Stadt

Städte und Gemeinden befinden sich in einem Spannungsfeld aus Klimadruck, Digitalisierungsdynamik und Regulatorik. Auf der einen Seite ermöglichen KI-Methoden in

Energie, Mobilität, Planung, Verwaltung und Daseinsvorsorge bereits heute erhebliche Effizienz- und Wirkungssprünge; auf der anderen Seite bremsen Datenqualität und -zugang, fehlende Interoperabilität, IT-/Datensicherheit, Fachkräftemangel, Budgetrestriktionen sowie Anforderungen aus Datenschutz und Ethik die Skalierung. Der EU-AI-Act verschiebt den Fokus zusätzlich auf Schulung, Dokumentation, Transparenz und Risikomanagement.

Die vorliegende Studie wurde im Rahmen der Ausschreibung „Technologien und Innovationen für die klimaneutrale Stadt 2024“ (BMK & Klima- und Energiefonds) durchgeführt. Die F&E-Dienstleistung 5.1 „AI for Green für klimaneutrale Städte“ adressiert explizit die Frage, in welchen Anwendungsbereichen KI den größten Beitrag zur Klimaneutralität leisten kann – unter dem Leitprinzip vertrauenswürdiger KI. Gefordert sind u. a. ein internationaler Vergleich, eine Bewertungsmatrix, Machbarkeits- und Folgenabschätzungen sowie ein Empfehlungskatalog für Entscheidungsträger:innen in österreichischen Städten und Kommunen.

Die Ausschreibung ist in die Mission „Klimaneutrale Stadt“ eingebettet. Sie zielt u. a. auf positive Klimawirkung und Dekarbonisierung, Resilienz und Klimawandelanpassung, Ressourcen- und Energieeffizienz sowie auf Wissensaufbau und -transfer ab. Damit positioniert sie Städte als Vorreiter eines beschleunigten infrastrukturellen, wirtschaftlichen und sozialen Wandels und fordert ausdrücklich die Anwendung digitaler Schlüsseltechnologien (einschließlich KI) zur Zielerreichung ein.

Wirksamkeit entsteht nicht allein durch Algorithmen, sondern durch Daten- und Modellqualität, robuste Architektur und Sicherheit, klar geregelte Verantwortlichkeiten, Kompetenzaufbau sowie rechtliche und ethische Konformität. Internationale Leitlinien (UN-Habitat) und der EU-AI-Act bilden hierfür die Referenzrahmen; nationale Förderlandschaften setzen Anreize, diese Prinzipien in skalierbare Lösungen zu überführen.

### **3.2 Ziele der Studie CityclimAlte**

Das strategische Hauptziel von cityclimAlte ist die strukturierte Aufarbeitung von KI-Anwendungsfällen im Stadtklimakontext und die Ableitung von übertragbaren Ergebnissen für eine wirkungsorientierte Umsetzung.



Abbildung 1: Projektüberblick mit Motivation und Wirkung von cityclimAlte.

Daraus leiten sich folgende Teilziele ab, die in diese Studie berücksichtigt werden:

1. Screening nationaler und internationaler Projekte, absehbarer Entwicklungen und Anforderungen – ergänzt durch Stakeholderkonsultationen als Basis für Umsetzungsszenarien.
2. Use-Case-Identifikation in prioritären Themenfeldern (z. B. Mobilität und Logistik, Strom und Wärmenetze, Städtisches Klima und Klimawandelanpassung Energieeffizienz von Rechenzentren) mit technischen Anforderungen und Umsetzungsempfehlungen.
3. Entwicklung eines KI-Empfehlungstools, das Kommunen anwendungsnah durch eine Bewertungsmatrix, Use-Cases und Anforderungen zu passenden KI-Lösungen führt.
4. Potenzialanalyse und Bewertung entlang rechtlicher, ethischer, sozialer, ökonomischer und ökologischer Kriterien.

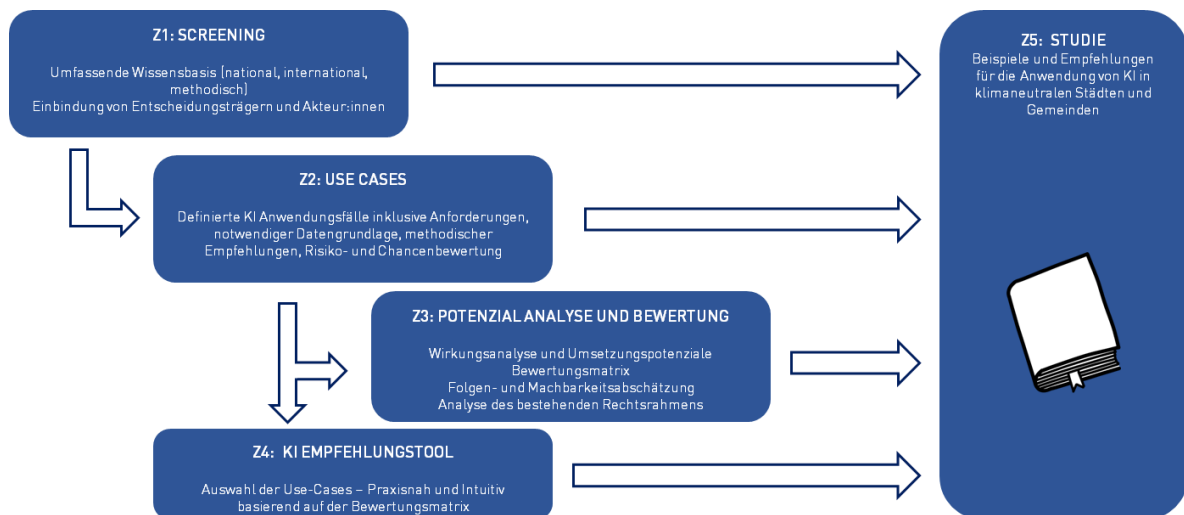


Abbildung 2: Projektziele von cityclimAlte. Screening, Use-Case Bewertung und Analyse sowie KI-Empfehlungstool werden im Rahmen dieser Studie zusammengefasst.

Die Studie richtet sich damit an Städte und Gemeinden (insb. Pionierstädte), Verwaltungen, Verkehrs- und Netzbetreiber, Wirtschaft und Wissenschaft – mit dem Ziel, Orientierung, Machbarkeit und Wirkung von KI-Lösungen für die Transformation zur klimaneutralen Stadt belastbar einzuschätzen und anzuwenden.

Ausgehend vom Antrag wurden relevante Anwendungsfelder priorisiert und durch eine systematische Analyse unterlegt. Der erarbeitete Katalog umfasst u.a.:

- Mobilität & Logistik – z. B. KI-gestützte Nachfrage-/Fahrgastflussprognosen, adaptive Lichtsignalsteuerung, hybride Linien-/On-Demand-Konzepte und Routenoptimierung für kommunale Flotten.
- Strom- & Wärmenetze – Last-/Erzeugungsprognosen, digitale Zwillinge für Fern-/Nahwärme, netzdienliche Steuerung sowie Engpass- und Netzzustandsschätzung.
- Städtisches Klima & Klimawandelanpassung – parametrisches/generatives Quartiersdesign, schnelle Mikroklimasimulationen sowie KI-gestützte Erdbeobachtung für Emissions-, Versiegelungs- oder Vegetationsmonitoring.
- Energieeffiziente Gebäude – prädiktive Heizung-Lüftungs-Kühlung-Regelung und systemdienliche Energiemanagementsystem-Optimierung in Bestandsgebäuden und Quartieren.
- Rechenzentren & Abwärme – Workload-Scheduling zur Emissionsreduktion und Identifikation urbaner (Ab-)Wärmequellen für Netzintegration.

Die Use-Cases wurden einheitlich nach TRL<sup>1</sup>/Reifegrad, Wirkung, Machbarkeit, Komplexität, rechtlichem Rahmen (u.a. DSGVO, AI-Act, sektorspezifische Normen) und Lessons Learned beschrieben, um eine Vergleichbarkeit und Priorisierung für Kommunen zu ermöglichen.

Der vorliegende Projektendbericht bündelt die Ergebnisse entlang der Leistungsbestandteile: Internationaler Vergleich, Bewertungsmatrix, Empfehlungskatalog, Machbarkeits- und Folgenabschätzungen. Ergänzend dokumentiert er die Stakeholder-Einbindung (Interviews/Workshops) und den Aufbau eines interaktiven Empfehlungstools, das den Transfer in die kommunale Praxis erleichtert. Damit liefert cityclimAlte Orientierung, wie vertrauenswürdige KI in zentralen urbanen Handlungsfeldern klimawirksam, rechtskonform und skalierbar zur Anwendung gebracht werden kann.

---

<sup>1</sup> Technology Readiness Level (Technologiereifegrad)

# 4 Methoden und Vorgangsweise

Im Rahmen des Projekts cityclimAlte wurden KI-Anwendungsfälle im Kontext klimaneutraler und klimaresilienter Städte systematisch identifiziert, analysiert und bewertet. Ziel war es, auf Basis umfassender Recherchen, internationaler Best- und Good-Practice-Beispiele sowie einer strukturierten Potenzialanalyse konkrete Handlungsempfehlungen für Entscheidungsträger:innen in Städten und Gemeinden abzuleiten.

Die methodische Vorgehensweise umfasste dabei ein mehrere Stufen: von der Umfeld- und Literaturrecherche über die Identifikation und Beschreibung relevanter KI-Use-Cases bis hin zur Entwicklung eines interaktiven KI-Empfehlungstools. Ergänzend wurden die technologischen, rechtlichen, sozialen, ökologischen und ökonomischen Auswirkungen der identifizierten Anwendungen untersucht, um Chancen, Risiken und Umsetzungspotenziale ganzheitlich bewerten zu können. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse bilden die Grundlage der vorliegenden Studie sowie der erarbeiteten Fact-Sheets.

## 4.1 Screening

Das Screening bildete den systematischen Startpunkt der Untersuchung und diente dazu, potenzielle KI-Anwendungsfälle mit nachvollziehbarem Beitrag zur Klimaneutralität und Klimaresilienz im urbanen Kontext zu identifizieren, zu ordnen und für die Bewertung vorzubereiten. Ausgehend von der Zielsetzung der F&E-Dienstleistung wurden jene städtischen Handlungsfelder in den Fokus genommen, in denen sich sowohl Effizienzgewinne als auch strukturelle Wirkhebel erwarten lassen: Mobilität und Logistik, Strom- und Wärmenetze, Gebäude- und Energiemanagement, städtisches Klima und Klimawandelanpassung, sowie Rechenzentren und Abwärmenutzung. Einbezogen wurden ausschließlich Fälle mit klarer KI-Komponente (etwa Vorhersage, Optimierung, Mustererkennung oder generatives/parametrisches Design) und erkennbarer kommunaler Anwendbarkeit.

Die Recherche kombinierte Desk-Research mit gezielter Stakeholder-Einbindung. Neben wissenschaftlichen Veröffentlichungen, Projektdatenbanken und Programmwebseiten wurden Ergebnisse laufender Initiativen und europäischer Projekte ausgewertet; parallel dazu flossen strukturierte Interviews und Workshops mit Städten, Verkehrs- und Netzbetreibern, Technologieanbietern, Forschungseinrichtungen sowie Rechtsexpert:innen ein. Dieser Methodenmix stellte sicher, dass neben technologischen Aspekten auch Governance-, Daten- und Rechtsfragen frühzeitig erfasst werden und die Übertragbarkeit auf österreichische Rahmenbedingungen realistisch eingeschätzt werden kann.

Alle im Detail analysierten Anwendungen wurden in einem standardisierten Factsheet (siehe Anhang Fact-Sheets) erfasst, um eine spätere Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Dokumentiert wurden u. a. Kurztitel und Akronym, Domäne und praktische/r Nutzende/r (z. B. Stadt, Betreiber), Kurzbeschreibung und Reifegrad (TRL), Region/Referenzen, die eingesetzte KI Technologie (anwenderspezifisch und technisch), Anforderungen an Datenqualität und Verfügbarkeit, Hinweise zu Energieverbrauch und Kosten über die Laufzeit (soweit verfügbar), regulatorische Aspekte (insbesondere Datenschutz/DSGVO und KIVO-Bezug), Übertragbarkeit, Implementierungsstrategie, Lessons Learned, Anbieter/Kontakte sowie Quellen. Diese Vereinheitlichung reduzierte Redundanzen und legte die Grundlage für eine belastbare Bewertung. Die im Detail untersuchten Anwendungen und deren Factsheets sind dem Anhang zu entnehmen.

Die entstandene Anwendungsliste wurde thematisch geclustert und innerhalb der Cluster nach Problem/Nutzenprofil, Datenlage, Integrationsaufwand/Komplexität sowie Übertragbarkeit/Skalierbarkeit strukturiert. Auf dieser Basis erfolgte eine qualitative Vorbewertung entlang dreier Achsen –Wirkung, Machbarkeit und Komplexität/Umfang (jeweils niedrig/mittel/hoch). Als Screening-Ergebnis liegen somit eine konsolidierte, domänenweise strukturierte Übersicht der Anwendungslandschaft und standardisierte Factsheets für alle untersuchten Anwendungen vor.

Allgemeines		Kurzbeschreibung				Technologiebeschreibung				Rechtlicher Rahmen		Weitere Informationen		KOMPLEXITÄT	WIRKUNG	NACHBARKEIT
TITEL	Anwendungsfeld / Bereich	Praktischer Nütze	TRL	Anwender (Stadt/Magistrat/Gemeinde)	AT/EU oder Non-EU	KI-Technologie (Kundengruppenspez.)	KI-Technologie (techn.)	Datenkomplexität	Energieverbrauch & Kosten	Regulierungen: im Speziellen KI Regulierung	Anbieter und Kontakt	Webpage				
Mehrweg Paketlogistik	Mobilität Verkehr & Logistik	Vorhersage der Abnutzung wiederverwendbarer Paketboxen (Predictive Maintenance)	3	Stadt und stadtnahe Logistikunternehmen	AT	Predictive Maintenance, Prozessoptimierung, Intelligente Automatisierung von Prozessen und robotergestützte Systeme	Reinforcement Learning	Gering	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002	AIT Austrian Institute of Technology mit Afreshed GmbH, BOOXit OG, Compunity GmbH, FH OÖ F&E GmbH - Logistikum Steyr, FH Wien der WKW, I-LOG Integrated Logistics GmbH	mathias.prandtstetter@ait.ac.at  <a href="https://www.ait.ac.at/themen/energie-logistik-transportoptimierung/projekte/rekep-mehrweg-paketlogistik">https://www.ait.ac.at/themen/energie-logistik-transportoptimierung/projekte/rekep-mehrweg-paketlogistik</a>	Mittel	Mittel	Hoch	
Flexibler On-Demand Verkehr	Mobilität Verkehr & Logistik	Optimierte Nutzung des öffentlichen Verkehrs	3	ÖV Betreiber, Stadtwerke, Mobilitätsdienstleister und Verkehrsplanungsbüros	AT	Digitale Zwilling & Inspektion, Digitaler gestützte Datenanalyse und Optimierung	Reinforcement Learning; Generative KI	Mittel	Mittler, 420.000€, 2 Jahre	EU-DSVGO, KI-VO, SVO, NIS-2, BaFG, GelverKG	AIT Austrian Institute of Technology mit Tech Meets Legal GmbH, Landeshauptstadt Klagenfurt am Wörthersee, KMG Klagenfurt Mobil GmbH, pdcp GmbH, DatenVorsprung GmbH	mathias.prandtstetter@ait.ac.at  <a href="https://projekte.fhg.at/projekt/5121432">https://projekte.fhg.at/projekt/5121432</a>	Hoch	Hoch	Mittel	
KI im öffentlichen Verkehr	Mobilität Verkehr & Logistik	Verbesserung der ÖPNV-Nutzung durch bessere Personenverteilung in den ÖPNV-Fahrzeugen	4	ÖV Betreiber, Fahrzeughersteller und Mobilitätsanbieter	AT	Bildererkennung/Visuelle Inspektion, Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Nutzerverhaltenprognose	Federated Learning, Vorhersagemodelle	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2	AIT Austrian Institute of Technology mit Indicate Digital GmbH, Siemens Mobility Austria GmbH	jasmin.lampert@ait.ac.at	Mittel	Hoch	Hoch	
KI Verkehrsmanagement	Mobilität Verkehr & Logistik	Erhöhung der Verkehrssicherheit, Effizienz, Lichtsignalsteuerung, Staureduktion	8	Verkehrsplaner, Planungsabteilungen von Stadt/Magistrat	AT, EU, Non-EU	Digitale Zwilling & simulationsgestützte KI, KI-gestützte Datenanalyse und Optimierung, Nutzerverhaltenprognose, KI-gestützte IoT und Sensorik	Reinforcement Learning	Hoch	Hoch	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, SVO	Swarco, PTV, Asfnag	office@swarco.at office@ptvgroup.com  <a href="https://www.swarco.com/de/stories/ki-basiertes-verkehrsmanagement">https://www.swarco.com/de/stories/ki-basiertes-verkehrsmanagement</a> <a href="https://www.ptvgroup.com/de/anwendungsfalle/kuenstliche-intelligenz-verkehrswesen">https://www.ptvgroup.com/de/anwendungsfalle/kuenstliche-intelligenz-verkehrswesen</a>	Hoch	Hoch	Hoch	
KI Routenoptimierung	Mobilität Verkehr & Logistik	Emissionsverringering (durch kürzere Wege), Kosten sparen (durch effizienteren Ressourceneinsatz), Verbesserung der Prozesse in der städtischen Logistik, Vorhersage von optimalen Abholzeitpunkten (bei Sensorik).	8	Abfallwirtschaft der Stadt, externe Dienstleister	AT, EU, Non-EU	Digitale Zwilling & simulationsgestützte KI	Reinforced Learning, Machine Learning, Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, INSPIRE, AWG2002, NIS-2, SVO	City of Helsinki mit Kuljetusrinki	sami.repo@kuljetusrinki.com  <a href="https://helsinkismart.fi/case/ai-and-robotics">https://helsinkismart.fi/case/ai-and-robotics</a>	Hoch	Hoch	Hoch	
e-Commerce Optimierung	Mobilität Verkehr & Logistik	Simulationsgestützte Planung wiederverwendbarer Behältersysteme minimiert den ökologischen Fußabdruck durch Ersatz von Einwegtransportverpackungen; reduziert Emissionen, optimiert Routen, Behälternutzung und Personalplanung; langfristig	5	Stadt und stadtnahe Logistikunternehmen	AT	Predictive Maintenance, Prozessoptimierung, Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI, Intelligente Automatisierung von Prozessen und robotergestützte Systeme	Reinforced Learning, Machine Learning, Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, Abfallwirtschaftsgesetz 2002 - AWG 2002, NIS-2	Frauenhofer Austria mit FHW Fachhochschul-Studiengänge Betriebs- und Forschungseinrichtungen der Wiener Wirtschaft GmbH, BOOXit OG, CompUnity GmbH, Afreshed GmbH	mathias.prandtstetter@ait.ac.at  <a href="https://projekte.fhg.at/projekt/5121357">https://projekte.fhg.at/projekt/5121357</a>	Hoch	Mittel	Hoch	
Automatisierter Transport	Mobilität Verkehr & Logistik	Intelligente, autonome und automatisierte Verkehrssysteme	6	Stadt und Verkehrsabteilungen, IT Abteilung und Stadtplanung	EU	Vernetzte Geräte, KI-Analysen für räumliche Daten und intelligente Kartierung, Einsatz von KI zur Analyse und Analyse visueller Daten, KI gestützte IoT und Sensorik	Computer Vision (Objekterkennung, Objektsegmentierung, Klassifikation)	Hoch	Hoch, 29 Mio €, 5 Jahre	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2	Konsortium mit DRL, VTI, SWARCO, IDIADA, NAVYA, EasyMile, TNO, AIT	hanriette.comet@uitp.org  <a href="https://show-project.eu/">https://show-project.eu/</a> , <a href="https://show-project.eu/">https://show-project.eu/</a>	Hoch	Hoch	Mittel	
Prognose für Energieerzeugung	Strom und Wärmenetze	Optimierung des Stromhandels durch verbesserte Prognose von erneuerbaren Energien	8	Stromhändler, Energieanbieter	EU	Digitale Zwilling & simulationsgestützte KI, KI gestützte IoT und Sensorik, Prozessoptimierung	Hybrides Machine Learning Framework; Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI	Hoch	Mittel	KI-VO, NIS-2	Reuniwatt XWeather Meteoromatics Enercast Quantrisk	https://reuniwatt.com/dig/kontakt/  <a href="https://reuniwatt.com/de/produkte-und-dienstleistungen/daycast-day-ahead-solar-und-windstromprognose/">https://reuniwatt.com/de/produkte-und-dienstleistungen/daycast-day-ahead-solar-und-windstromprognose/</a> <a href="https://www.xweather.com/powerup">https://www.xweather.com/powerup</a> <a href="https://www.meteoromatics.com/en/news/ai-for-solar-and-wind-power-forecasts/">https://www.meteoromatics.com/en/news/ai-for-solar-and-wind-power-forecasts/</a> <a href="https://www.enercast.de/products/">https://www.enercast.de/products/</a> <a href="https://quantrisk.com/electricity-forecasting-solutions-software-service-features">https://quantrisk.com/electricity-forecasting-solutions-software-service-features</a>	Hoch	Hoch	Hoch	
SmartMeter	Strom und Wärmenetze	Optimierung des Stromverbrauchs	8	Endkunden, Gemeinden, Städtische Verwaltung	EU	Digitale Zwilling & simulationsgestützte KI, KI gestützte IoT und Sensorik, Prozessoptimierung	Machine Learning (Prozessoptimierung)	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, EIWOG2010, IMAVO 2011, DAVID-VO 2012, EAG, KI-VO	Watt Analytics	office@watt-analytics.com  <a href="https://watt-analytics.com/en/technology/">https://watt-analytics.com/en/technology/</a>	Mittel	Hoch	Hoch	

KI Netzüberwachung	Strom und Wärmenetze	Maximale Nutzung lokaler, klimafreundlicher Energiequellen Schnellere Integration erneuerbarer Erzeugungsanlagen Vermeidung von Netzengpässen und Spannungsproblemen Wirtschaftlicher und stabiler Netzbetrieb Beitrag zur Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen	6	Netzbetreiber, Verteilnetzbetreiber	EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung	Reinforced Learning, Machine Learning	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, EIWOG2010	NetzeBW	<a href="https://www.netze-bw.de/kontakt">https://www.netze-bw.de/kontakt</a>	<a href="https://www.netze-bw.de/unsernetz/innovationen/flexgrid">https://www.netze-bw.de/unsernetz/innovationen/flexgrid</a>	Mittel	Hoch	Mittel
Predictive Maintenance Stromnetze	Strom und Wärmenetze	Datengetriebene Überwachung und frühzeitige Fehlererkennung für Netzinfrastruktur Steigerung der Verfügbarkeit der Netzinfrastruktur Minimierung ungeplanter Ausfälle Verbesserte Instandhaltung Reduktion von Bau- und Erdarbeiten zu Reparaturzwecken Verbesserte Investitionssicherheit Kosteneinsparungen	8	Netzbetreiber, Energieversorger	EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung, Predictive Maintenance	Random Forest, Gradient Boosting, Support Vector Machines, Zeitreihen-Modelle (LSTM/GRU/ARIMA), Anomalieerkennung (Isolation Forest, Autoencoders), zunehmend Graph Neural Networks für netzstrukturierte Daten	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, EIWOG2010	Schleswig-Holstein Netz AG, E.ON Digital SE	<a href="https://www.eon.com/de/kontakt.html">https://www.eon.com/de/kontakt.html</a>	<a href="https://www.eon.com/de/ueber-uns/presse/pressemitteilungen/2018/kuenstliche-intelligenz-waermt-vor-zukuenftigen-stromausfaellen.html">https://www.eon.com/de/ueber-uns/presse/pressemitteilungen/2018/kuenstliche-intelligenz-waermt-vor-zukuenftigen-stromausfaellen.html</a>	Hoch	Hoch	Hoch
Optimiertes Quartiersdesign	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	KI-gestützte Bewertung unterschiedlicher Designvarianten nach bestimmten Parametern; Optimierung von Gebäude/Quartiersdesigns in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen.	9	Stadtplanung, Stadtverwaltung, Architekten, Immobilienentwickler	AT, EU, Non-EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung, Nachfrageprognose	Machine Learning, Digitaler Zwilling und Simulationsgestützte KI, Generative KI, Parametrische KI	Mittel	Hoch	EU-DSVGO, KI-VO, DSM-Urheberrechtsrichtlinie	Autodesk	<a href="https://www.autodesk.com/de/company/contact-us">https://www.autodesk.com/de/company/contact-us</a>	<a href="https://www.autodesk.com/eu/campaigns/spacemaker">https://www.autodesk.com/eu/campaigns/spacemaker</a>	Mittel	Mittel	Hoch
Optimiertes Quartiersdesign	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	KI-gestützte Bewertung unterschiedlicher Designvarianten im Hinblick auf verschiedene Parameter, sowie in Bezug auf städtebauliche, ökologische und regulatorische Auswirkungen in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen. Weiterentwicklung von Spacemaker mit besserer Integration von anderen AEC-Tools wie z.B. Revit, Dynamo und Rhino.	9	Stadtplanung, Stadtverwaltung, Architekten, Immobilienentwickler	AT, EU, Non-EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI	Machine Learning, Digitaler Zwilling und Simulationsgestützte KI, Generative KI, Parametrische KI	Mittel	Hoch	EU-DSVGO, KI-VO, DSM-Urheberrechtsrichtlinie	Autodesk	<a href="https://www.autodesk.com/de/company/contact-us">https://www.autodesk.com/de/company/contact-us</a>	<a href="https://www.autodesk.com/de/products/forma/overview?mssockid=0a91feb6a1416bd2c93eb95a0e86a59">https://www.autodesk.com/de/products/forma/overview?mssockid=0a91feb6a1416bd2c93eb95a0e86a59</a>	Mittel	Mittel	Hoch
Städtische Mikroklimasimulationen	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	KI-gestützte, schnelle Mikroklima- und Umwettanalysen von unterschiedlichen Designvarianten in frühen Planungs- und Design-Phasen von Gebäuden.	9	Stadtplanung, Stadtverwaltung, Immobilienentwickler, Architekten	AT, EU, Non-EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Nutzung von KI für tiefgreifende Datenanalysen und Entscheidungsfindung	Digitaler Zwilling und Simulationsgestützte KI, Generative KI, Parametrische KI	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, DSM-Urheberrechtsrichtlinie	infrared.city	<a href="mailto:info@infrared.city">info@infrared.city</a>	<a href="http://infrared.city">http://infrared.city</a>	Mittel	Mittel	Hoch
KI-gestützte Machbarkeitsanalysen	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	KI-gestützte Machbarkeitsanalysen in frühen Planungsphasen von Gebäuden.	9	Stadtplanung, Stadtverwaltung, Architekten und Kommunen	AT, EU, Non-EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI	Digitaler Zwilling und Simulationsgestützte KI, Parametrische KI	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, DSM-Urheberrechtsrichtlinie	Urbanistic	<a href="mailto:info@urbanistic.de">info@urbanistic.de</a>	<a href="https://www.urbanistic.de/">https://www.urbanistic.de/</a>	Mittel	Mittel	Hoch
Plattform für AI-basierte georäumliche Analysen	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	Automatisierte Erkennung von Objekten und Veränderungen auf großen räumlichen Skalen, insbesondere in ländlich geprägten Räumen; Anwendungsfelder umfassen Bauwesen und Hafenbetrieb, Landwirtschaft, Infrastruktur(-erhaltung), Forstwirtschaft, grüne Technologien und Klimafolgenanalyse, Stadt- und Raumplanung sowie Governance-Anwendungen wie Katastrophenmanagement, öffentliche Sicherheit und	9	Stadtplanung, Stadtverwaltung	AT, EU, Non-EU	KI-gestützte Bild- und Videoanalyse, Bilderkennung/Visuelle Inspektion	Mustererkennung; KI-gestützte Objekterkennung und -lokalisierung	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, DSM-Urheberrechtsrichtlinie, GeoDIG, LFG	FlyPix AI GmbH	<a href="mailto:info@flypix.ai">info@flypix.ai</a>	<a href="https://flypix.ai/de/platform/">https://flypix.ai/de/platform/</a>	Mittel	Mittel	Mittel

Objekt- und Veränderungserkennung	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	KI-basierte Objekt- und Veränderungserkennung für Klimawandelanpassung in ländlichen und städtischen Räumen anhand eigener Satelliten-, Drohnen- und Luftbilder.	9	Umweltanalysten, Landwirte, Stadtverwaltung, Regulierungsbehörden,	AT, EU, Non-EU	Skalierbarer KI-Workflow für räumliche Daten und intelligente Kartierung und Geodatenanalyse, KI-gestützte Bild- und Veränderungserkennung	Mustererkennung; KI-gestützte Objekterkennung und -lokalisierung	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, GeoDIG	Picterra	<a href="https://picterra.ai/talk-to-us/">https://picterra.ai/talk-to-us/</a>	<a href="https://picterra.ai/technology/picterra-forge/">https://picterra.ai/technology/picterra-forge/</a>	Hoch	Hoch	Mittel
Carbon-intelligent.City	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	Überwachung und Management städtischer Treibhausgase auf den Ebenen Stadt, Quartier und Gebäude. Der Nutzen liegt darin, die heute oft veraltete, tabellenbasierte Emissionsberichterstattung (typischerweise mit Zeitverzug von Jahren und ohne räumliche Auflösung) durch räumlich explizite, (nahezu) zeitnahe Emissionsinformationen zu ergänzen, um „Hotspots“ und „low-hanging fruits“ besser zu identifizieren und Maßnahmen gezielter zu priorisieren. Im Case-Study-Material wird als Beispiel genannt, dass ein gezieltes Targeting pro Wohneinheit höhere jährliche Emissionsminderungen erreichen kann als ein Vorgehen ohne „smart targeting“.	5	Stadtverwaltung, Stadtplanung, NGOs, Unternehmen mit hohem Emissionsaufwand	EU	KI-Analyse für räumliche Daten und intelligente Kartierung, intelligente Geodatenanalyse, KI-gestützte Bilderkennung	GeoAI/strukturierende KI	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, GeoDIG	Konsortium bestehend aus Nextq, Kayros und La Javaness	<a href="mailto:louzi@nextq.com">louzi@nextq.com</a>	<a href="https://ai4cities.eu/pilots/energy-city/">https://ai4cities.eu/pilots/energy-city/</a>	Hoch	Hoch	Hoch
Abwärmequellen Erkennen	Rechenzentren	Planung und Erweiterung von Wärmeversorgungssystemen, sowohl auf gesamtsädtischer Ebene für zentrale Fernwärmenetze, als auch für Stadtteile und Quartiere zur Entwicklung dezentraler Wärmenetze (z.B. Energienetze).	4	Stadtverwaltung und Fachabteilung Stadtplanung	AT, EU	KI-gestützte Bild- und Videoanalyse, Bilderkennung/Visuelle Inspektion	KI-gestützte Objekterkennung und -lokalisierung	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, EED III, KI-VO, EnEG	AIT Austrian Institute of Technology mit picapipe GmbH, DigitalSunray Media GmbH, Grazer Energieagentur GmbH	<a href="mailto:Ernst.Gebetsraither@ait.at">Ernst.Gebetsraither@ait.at</a>	<a href="https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121561">https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.121561</a> <a href="https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/hot-city.php">https://nachhaltigwirtschaften.at/de/sdz/projekte/hot-city.php</a>	Mittel	Mittel	Mittel
Energieeffiziente Rechenzentren	Rechenzentren	Reduktion von CO <sub>2</sub> -Emissionen, indem rechenintensive Aufgaben gezielt in Zeiten mit hohem Anteil erneuerbarer Energie verschoben werden.  Weniger Lastspitzen im Rechenzentrum → geringerer Energiebedarf für Kühlung.  Höhere Transparenz über Stromverbrauch, Flexibilität und Emissionen als Grundlage für städtische Energiestrategien, wenn die Daten geteilt werden	5	Fachabteilung Stadtplanung und Energiewirtschaft, Projektentwickler, Betreiber	AT, EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Nutzung von KI für tiefgreifende Datenanalysen und Entscheidungsfindung, Prozessoptimierung, Nutzerverhaltensprognose	Reinforcement Learning, Optimierungsalgorithmen (für Scheduling) Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, EED III, KI-VO, EnEG	Siemens	<a href="mailto:office@siemens.com">office@siemens.com</a>	<a href="https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f15b798-479e-4f74-80d2-e472daf1f09a/final-wsco-white-paper-ai.pdf">https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:f15b798-479e-4f74-80d2-e472daf1f09a/final-wsco-white-paper-ai.pdf</a>	Hoch	Mittel	Hoch
Kommunale Wärmeplanung	Rechenzentren	Erzeugung flächendeckender Wärmebedarfs und Gebäudedatenkarten für ganze Städte Identifikation von Gebieten mit hohen Nachfragedichten und Sanierungsschwerpunkten Bessere Kopplung von Sanierungsstrategien und klimaneutraler Wärmeversorgung Unterstützung kommunaler Wärmepläne und Dekarbonisierungsstrategien nach EED III und nationalen Wärmeplanungsgesetzen	6	Städte, Gemeinden, kommunale Wärmeplaner, Energie und Klimaschutzabteilungen, Energieagenturen	AT, EU, Non-EU	KI-gestützte Bild- und Videoanalyse, Bilderkennung/Visuelle Inspektion	Bilderkennung und Computer Vision (CNN, semantische Segmentierung) Machine Learning (Random Forest, Gradient Boosting, Deep Learning)	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, EEFG, EWG, EPBD Recast, IWG	Hotmaps, Stadt Klet	<a href="https://www.hotmaps-project.eu/contact/">https://www.hotmaps-project.eu/contact/</a>	<a href="https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2020/09/brochure-hotmaps-2020-web.pdf">https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2020/09/brochure-hotmaps-2020-web.pdf</a>	Hoch	Hoch	Hoch
KI Energiemanagement	Energieeffiziente Gebäude	Vorhersage von Energiebedarf, Nutzungsprofilen, Komfortgrenzen und Netzsignalen Verbesserte Prozesse in der Stadt durch optimierte Betriebsführung bestehender kommunaler Gebäude Kosten sparen durch Automatisierung Unterstützung der langfristigen Sanierungsplanung durch Analyse von Effizienzpotenzialen	5	Städte, Energie und Klimaschutzabteilungen	EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Nutzung von KI für tiefgreifende Datenanalysen und Entscheidungsfindung, Prozessoptimierung, Nutzerverhaltensprognose, Predictive Maintenance	Machine Learning (Reinforced Learning) Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI Predictive Control / Optimierungsalgorithmen	Hoch	Hoch	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, EPBD Recast	Energy-BEE (AI4Cities)	<a href="mailto:info@ai4cities.eu">info@ai4cities.eu</a>	<a href="https://ai4cities.eu/pilots/energy-bee/">https://ai4cities.eu/pilots/energy-bee/</a>	Hoch	Hoch	Hoch

Optimierung von HLK Anlagen	Energieeffiziente Gebäude	Emissionsverringering und Kostenreduktion durch KI-basierte Energieoptimierung in Gebäuden Vorhersage von Energiebedarf, Lastspitzen und Lastnutzungsprofilen Verbesserung der Prozesse in der Stadt durch einfache Nachrüstbarkeit und schnelle Integration in bestehende Gebäudetechnik Ermöglicht datenbasierte Entscheidungen für Sanierungen, Energiemanagement und Quartiersbetrieb	6	Städte, Energie und Klimaschutzabteilungen	EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung, Nutzerverhaltensprognose, Predictive Maintenance	Machine Learning (Reinforced Learning) Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI Predictive Control / Optimierungsalgorithmen	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, EPBD Recast, EEFG	SPIKE (AI4Cities)	info@ai4cities.eu	<a href="https://ai4cities.eu/pilots/energy-spike">https://ai4cities.eu/pilots/energy-spike</a>	Hoch	Hoch	Mittel
Systemdienliches EMS	Energieeffiziente Gebäude	Emissionsverringering durch Maximierung des PV-Eigenverbrauchs Vorhersage von Energiebedarf, Lastspitzen und optimalen Fahrplänen für Speicher, Wärmepumpen und E-Mobilität Verbesserung der Prozesse in der Stadt, z. B. netzdienliche Steuerung öffentlicher Gebäude und Bauhöfe Kosten sparen durch Nutzung dynamischer Strompreise, Reduktion der Einspeisespitzen und Optimierung der Eigenlastdeckung	9	Städte, Energie und Klimaschutzabteilungen	EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung, Nutzerverhaltensprognose, Predictive Maintenance, Supply-Chain-/Nachfrageprognose	Machine Learning (Reinforced Learning) Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI Predictive Control / Optimierungsalgorithmen	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, NIS-2, EPBD Recast, EEFG	Neoom	<a href="https://neoom.com/kontakt">https://neoom.com/kontakt</a>	<a href="https://neoom.com/produkte/connect">https://neoom.com/produkte/connect</a>	Mittel	Hoch	Hoch
Kommunale Wärmeplanung	Energieeffiziente Gebäude	Identifikation von Sanierungsschwerpunkten Hotspot-Analyse Wärmebedarf Automatische Gebäudetypklassifikation Wärmebedarfsprognosen Effizienzpotenzial-Detektion Erkennung von Dekarbonisierungspotenzialen	6	Städte, Gemeinden, kommunale Wärmeplaner, Energie und Klimaschutzabteilungen, Energieagenturen	AT, EU, Non-EU	Digitaler Zwilling & simulationsgestützte KI, Prozessoptimierung, Nutzerverhaltensprognose, Predictive Maintenance, Supply-Chain-/Nachfrageprognose	Machine Learning (Reinforced Learning) Digitale Zwillinge & simulationsgestützte KI Predictive Control / Optimierungsalgorithmen	Hoch	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, EEFG, EWG, EPBD Recast, IWG	Hotmaps, Stadt Kiel	<a href="https://www.hotmaps-project.eu/contact/">https://www.hotmaps-project.eu/contact/</a>	<a href="https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2020/09/brochure-hotmaps-2020-web.pdf">https://www.hotmaps-project.eu/wp-content/uploads/2020/09/brochure-hotmaps-2020-web.pdf</a>	Hoch	Hoch	Hoch
Digitale Energieberatung	Energieeffiziente Gebäude	Vereinfachter Zugang zu Energieinformationen, Kosten und Förderungen Verbesserte Nutzbarkeit bestehender Energieberatungsportale Entlastung von Beratungsstellen durch Beantwortung wiederkehrender Standardfragen Unterstützung bei Entscheidungen zu erneuerbaren Heizsystemen, Photovoltaik, Elektromobilität und Sanierung	6	Stadtverwaltung, Fachabteilung für Energieberatung oder digitaler Services, Energieberater	AT, EU	Intelligente Chat und Sprachassistenten, KI-basierte Chat und Sprachassistentensysteme zur Verbesserung der Interaktion, Spracherkennung/NLP/LLM	Spracherkennung, NLP, LLM	Mittel	Mittel	EU-DSVGO, KI-VO, BaFG	Energieberatung NO, Wohnungsgenossenschaft Stockholm, IEA	<a href="mailto:energieberatung@enu.at">energieberatung@enu.at</a>	<a href="https://www.energie-noe.at/chatbot-june_">https://www.energie-noe.at/chatbot-june_</a> <a href="https://arxiv.org/abs/2511.08587">https://arxiv.org/abs/2511.08587</a> <a href="https://www.iea-dhc.org/home/iea-dhc-ai">https://www.iea-dhc.org/home/iea-dhc-ai</a>	Mittel	Mittel	Hoch

Abbildung 3: Bewertungsmatrix der im Detail analysierten Use-Cases in cityclimAlte. Die Fact-Sheets zu den einzelnen Use-Cases sind dem Anhang zu entnehmen.

Damit legt das Screening eine tragfähige Grundlage für die vertiefende Bewertungsmatrix, die Potenzial-, Machbarkeits- und Folgenabschätzungen sowie den Empfehlungskatalog. Es liefert klare Startpunkte für sofort wirksame Maßnahmen und markiert zugleich die Stellschrauben, an denen Kommunen und Betreiber arbeiten müssen, um KI-Lösungen rechtssicher, skalierbar und wirkungsorientiert in die Breite zu bringen.

## 4.2 Use-Case Analyse

Die Analyse der KI-Anwendungsbereiche baut unmittelbar auf dem Screening auf und verdichtet die dort erhobene Anwendungsfälle zu einem belastbaren Bild derjenigen Domänen, in denen KI zur Klimaneutralität beiträgt. Ausgangspunkt war eine fachliche und methodische Rahmung mit klaren Bewertungsdimensionen: Klimawirkung, Machbarkeit und Komplexität/Umfang. Eine Definition und Abgrenzung dieser Begriffe zueinander findet sich in den Abschnitten 4.4.1 und 4.4.2. Parallel zu diesen Dimensionen wurden rechtliche und ethische Aspekte, Datenanforderungen und Reifegrade (TRL) mitgeführt, um nicht nur technologische Möglichkeiten, sondern auch Umsetzungspfad, Governance und Risiken abbilden zu können.



Abbildung 4: Anwendungsfelder von cityclimAlte: Mobilität&Logistik, Strom und Wärmenetze, Städtisches Klima und Klimawandelanpassung, Energieeffiziente Gebäude, Energieeffiziente Rechenzentren.

Inhaltlich gliederte sich die Analyse in wiederkehrende urbane Handlungsfelder. Im Bereich Mobilität und kommunale Logistik wurden KI-gestützte Nachfrage- und Fahrgastflussprognosen, adaptive Steuerungen sowie Routen- und Umlaufoptimierung bewertet. Die Domäne zeigt ein klares kurzfristiges Einspar- und Emissionsminderungspotenzial, sofern geeignete Betriebs- und Flottendaten verfügbar sind

und die Integration in bestehende Dispositionssysteme gelingt. Die Strom- und Wärmenetze wurden mit Blick auf Last- und Erzeugungsprognosen, netzdienliche Steuerung und digitale Zwillinge analysiert. Hier liegt ein hoher systemischer Wirkhebel, der jedoch verlässliche Messdaten, standardisierte Schnittstellen zwischen Netz-, Gebäude- und Quartierssystemen sowie eine sorgfältige Abstimmung mit Regulierungs- und Sicherheitsanforderungen voraussetzt.

Besonders anschlussfähig erwies sich Gebäude- und Energiemanagement: prädiktive HLK<sup>2</sup>-Regelungen und intelligente Energiemanagementsysteme zeigen in Bestandsportfolios rasch wirksame Effizienzgewinne und lassen sich, bei vorhandenen Schnittstellen gut skalieren. Für städtisches Klima und Klimawandelanpassungen wurden Werkzeuge des parametrischen bzw. generativen Designs und schnelle Mikroklimasimulationen bewertet. Diese Anwendungen beschleunigen frühe Planungsphasen und verbessern die Qualität der Variantenentscheidung – insbesondere dort, wo Städte bereits mit Geo- und BIM-Daten arbeiten und Planungsprozesse offen für digitale Evidenz sind. In der Ergänzung wurde Rechenzentren & Abwärme betrachtet: KI-basiertes Workload- und Thermomanagement kann den Energieeinsatz senken; der städtische Klimanutzen entfaltet sich, wenn Abwärme systematisch in Wärmenetze rückgeführt werden kann.

Methodisch wurden die Anwendungsfälle je Domäne entlang eines identischen Rasters beschrieben und bewertet. Die Klimawirkung fasste potenzielle Energie- und Resilienzgewinne zusammen; die Machbarkeit reflektierte Datenverfügbarkeit, Integrationsaufwand, Betriebsmodelle und Kompetenzbedarf; die Komplexität/der Umfang spiegelte Mehr-Stakeholder-Abhängigkeiten, Eingriffe in kritische Infrastruktur sowie rechtliche und organisatorische Hürden. Ergänzend wurde der rechtliche Rahmen (insbesondere Datenschutzerfordernisse und künftige AI-Act-Logiken) qualitativ eingeordnet, um bereits in der Analysephase ersichtlich zu machen, welche Absicherungen, Rollen und Verantwortlichkeiten in der Umsetzung zu berücksichtigen sind. Wo möglich, wurden Lessons Learned aus vergleichbaren Projekten einbezogen und auf ihre Übertragbarkeit in österreichische Städte geprüft.

Diese Einordnung fließt direkt in die Bewertungsmatrix, die Potenzial-, Machbarkeits- und Folgenabschätzungen sowie in den Empfehlungskatalog ein und schafft damit eine klare

---

<sup>2</sup> Heizung, Lüftung, Klimatechnik

Grundlage, um KI-Lösungen wirksam, rechtssicher und skalierbar in österreichischen Städten zu implementieren.

### 4.3 Rechtlicher Rahmen

Im Rahmen des vorangegangenen Screenings wurde hinsichtlich der ausgewählten KI-Anwendungsfälle zunächst eine Analyse des sachlichen sowie räumlichen Anwendungsbereichs vorgenommen. Es erfolgte eine Prüfung der Anwendbarkeit der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)<sup>3</sup> sowie der Verordnung über Künstliche Intelligenz (KI-VO)<sup>4</sup>, insbesondere im Hinblick auf eine mögliche Einstufung der jeweiligen Anwendung als Hochrisiko-KI-System. Im weiteren Verlauf wurden die Anwendungsfälle inhaltlich weiter spezifiziert und einer vertieften rechtlichen Bewertung unterzogen. Diese umfasst sowohl die Berücksichtigung einschlägiger unionsrechtlicher sowie nationaler Rechtsnormen als auch die Einordnung in bestehende öffentlich-rechtliche Vorgaben.

Der rechtliche Rahmen für den Einsatz Künstlicher Intelligenz im Kontext klimaneutraler Städte ist mehrdimensional und verbindet datenschutzrechtliche, verwaltungsrechtliche und nationale Vorgaben mit den auf Unionsebene verankerten Anforderungen an vertrauenswürdige KI.<sup>5</sup>

Zunächst wurde die Anwendbarkeit der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO), die für sämtliche KI-Anwendungsfälle mit Personenbezug maßgeblich ist, auf die ausgewählten KI-Anwendungsfälle geprüft. Da die datenschutzrechtlichen Anforderungen je nach Kontext variieren, erfolgte eine differenzierte Einzelfallanalyse anhand der zentralen Bestimmungen der DSGVO. Ausgangspunkt war stets die Frage, ob die geplanten KI-Anwendungen überhaupt in den sachlichen und räumlichen Anwendungsbereich der DSGVO fallen. Die weitere Analyse orientierte sich an den maßgeblichen Grundsätzen für die Verarbeitung personenbezogener Daten gemäß Art 5 Abs 1 DSGVO - Rechtmäßigkeit, Verarbeitung nach Treu und Glauben, Transparenz, Zweckbindung, Datenminimierung, Richtigkeit,

---

<sup>3</sup> VO (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), ABl L 2016/119, 1.

<sup>4</sup> VO (EU) 2024/1689 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. Juni 2024 zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für künstliche Intelligenz und zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 300/2008, (EU) Nr. 167/2013, (EU) Nr. 168/2013, (EU) 2018/858, (EU) 2018/1139 und (EU) 2019/2144 sowie der Richtlinien 2014/90/EU, (EU) 2016/797 und (EU) 2020/1828 (Verordnung über künstliche Intelligenz), ABl L 2024/1689, 1.

<sup>5</sup> Die Anforderungen an vertrauenswürdige KI sind in den *Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI* der hochrangigen Expert:innengruppe der Europäischen Kommission (2019) verankert und durch Erwägungsgrund 27 der KI-Verordnung in das Unionsrecht überführt worden.

Speicherbegrenzung sowie Integrität und Vertraulichkeit - die als verbindliche Normen, die rechtliche und technische Ausgestaltung der Verarbeitung determinieren. Die Umsetzung dieser Grundsätze bildet den Kern der datenschutzrechtlichen Compliance und ist zugleich Ausdruck der Rechenschaftspflicht der Verantwortlichen nach Art 5 Abs 2 DSGVO, die für ihre Einhaltung verantwortlich sind. Ergänzend wurden die Pflichten und Verantwortlichkeiten der Verantwortlichen und Auftragsverarbeiter gemäß Art 24-31 DSGVO bewertet, die insbesondere die Implementierung geeigneter technischer und organisatorischer Maßnahmen, die Berücksichtigung datenschutzfreundlicher Voreinstellungen und Systemgestaltungen (Privacy by Design und Privacy by Default) sowie die Sicherstellung eines angemessenen Sicherheitsniveaus im Sinne des Art 32 DSGVO umfassen. In diesem Zusammenhang wurden ebenfalls die umfassenden Rechte der betroffenen Personen, insbesondere das Recht auf Auskunft (Art 15 DSGVO), das Recht auf Berichtigung (Art 16 DSGVO), das Recht auf Löschung (Art 17 DSGVO), das Recht auf Einschränkung der Verarbeitung (Art 18 DSGVO), das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art 20 DSGVO) sowie das Widerspruchsrecht (Art 21 DSGVO), näher beleuchtet. Zudem wurden die Transparenzpflichten gemäß Art 12–14 DSGVO analysiert, die sicherstellen, dass betroffene Personen in präziser, transparenter, verständlicher und leicht zugänglicher Form über die Verarbeitung ihrer personenbezogenen Daten informiert werden. Die Einhaltung dieser Pflichten gewährleistet eine strukturierte, überprüfbare und risikoadäquate Ausgestaltung der Verarbeitung. Für kommunale und betriebliche Akteur:innen bedeutet dies, die Rechtmäßigkeit der Verarbeitung gemäß Art 6 DSGVO (z. B. öffentliches Interesse, berechtigte Interessen oder dezidierte Einwilligung) zu gewährleisten, die Verarbeitung der personenbezogenen Daten zu minimieren und – wo immer möglich – Anonymisierung bzw. wirksame Pseudonymisierung vorzusehen. Ebenfalls sind die Vorgaben zur Auftragsverarbeitung, zu technischen und organisatorischen Maßnahmen sowie zu Transparenz und Auskunftsrechten zu beachten. Sie bestimmen von Beginn an die Architektur der Datenflüsse zwischen Stadt, Betreiber:innen, Dienstleister:innen und Technologieanbieter:innen. KI-Anwendungsfälle mit einem voraussichtlich hohen Risiko für die Rechte und Freiheiten natürlicher Personen erfordern gemäß Art 35 DSGVO vorab eine Datenschutz-Folgenabschätzung einschließlich der frühzeitigen Einbindung der oder des Datenschutzbeauftragten.

Parallel dazu wurde auf europäischer Ebene, die Verordnung über Künstliche Intelligenz (KI-VO) näher beleuchtet. Die Prüfung der KI-Anwendungen erfolgte im Einzelfall, wobei die wichtigsten Aspekte im Folgenden kurz dargestellt werden. Die KI-VO folgt einem risikobasierten Ansatz (ErwGr 26 zur KI-VO). Risiko wird gemäß Art 3 Z 2 KI-VO als *“die Kombination aus der Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Schadens und der Schwere*

*dieses Schadens;*“ verstanden und bewertet insbesondere potenzielle Schäden individueller und/oder öffentlicher Schutzgüter in Bezug auf Sicherheit, Gesundheit, Grundrechte, Rechtsstaatlichkeit und Umweltschutz. Die Risikoeinstufung erfolgt dabei anhand der jeweiligen Zweckbestimmung des KI-Systems (ErwGr 26 zur KI-VO), die gemäß Art 3 Z 12 KI-VO als *„die Verwendung, für die ein KI-System laut Anbieter bestimmt ist, einschließlich der besonderen Umstände und Bedingungen für die Verwendung, entsprechend den vom Anbieter bereitgestellten Informationen in den Betriebsanleitungen, im Werbe- oder Verkaufsmaterial und in diesbezüglichen Erklärungen sowie in der technischen Dokumentation;“* definiert. Risiken können sich dabei sowohl aus der Art und Weise der Konzeption als auch aus der Verwendung ergeben (ErwGr 93 zur KI-VO). Dies ist vor allem deshalb relevant, da je nach Einstufung – minimales/kein Risiko, begrenztes Risiko, hohes Risiko, inakzeptables Risiko - unterschiedliche technische und organisatorische Pflichten ausgelöst werden. Darüber hinaus differenziert die KI-VO nach der jeweiligen Rolle innerhalb der Wertschöpfungskette, insbesondere danach, ob ein:e Akteur:in als Anbieter:in iSv Art 3 Z 3 KI-VO oder Betreiber:in iSv Art 3 Z 4 KI-VO eines KI-Systems auftritt. Während Anbieter:innen primär für die Entwicklung, das Inverkehrbringen und die Konformität des Systems mit den einschlägigen Anforderungen verantwortlich sind, treffen Betreiber:innen insbesondere Pflichten im Zusammenhang mit der konkreten Nutzung, Überwachung und dem Einsatz des KI-Systems im Anwendungskontext. Für kommunale KI-Anwendungen heißt das konkret: Vor Einführung eines KI-Systems ist zu prüfen, welcher Risikostufe das KI-System zuzuordnen ist, insbesondere ob es sich um eine verbotene Praktik im KI-Bereich nach Art 5 KI-VO handelt, es als Hochrisiko-KI-System (Art 6 KI-VO) einzustufen oder als Nicht-Hochrisiko-KI-System zu klassifizieren ist, oder ob Transparenz- bzw. Kennzeichnungspflichten gemäß Art 50 KI-VO zu erfüllen sind. Gemäß Art 6 Abs 2 KI-VO gelten neben den in Art 6 Abs 1 KI-VO genannten KI-Systeme *„die in Anhang III genannten KI-Systeme als hochriskant“*. Die Einstufung bestimmt, welche Pflichten sich für die Anbieter:innen und Betreiber:innen ergeben. Mit der Einstufung als Hochrisiko-KI-System nach Art 6 KI-VO ergeben sich umfassende Compliance-Anforderungen gemäß Art 8 ff KI-VO sowie Pflichten der Anbieter:innen und Betreiber:innen von Hochrisiko-KI-Systemen und anderer beteiligter Personen nach Art 16 ff KI-VO. Zu nennen sind hier etwa die strengen Anforderungen an Modell- und Datenverwaltung (Daten und Data Governance, Art 10 KI-VO). Es ist zudem ein kontinuierliches Risikomanagementsystem nach Art 9 KI-VO erforderlich, das mögliche Gefahren über den gesamten Lebenszyklus des Systems identifiziert und minimiert. Ergänzend muss ein Qualitätsmanagementsystem nach Art 17 KI-VO implementiert werden, das interne Prozesse zur Sicherstellung der Konformität und zur fortlaufenden Verbesserung etabliert. Darüber hinaus verlangt Art 11 KI-VO eine detaillierte Dokumentation der verwendeten Daten und Verfahren, während

Art 12 KI-VO die automatische Aufzeichnung relevanter Entscheidungen vorschreibt, um die Nachvollziehbarkeit zu gewährleisten. Transparenzpflichten nach Art 13 KI-VO stellen sicher, dass Nutzer:innen und Behörden über die Funktionsweise und den Einsatz des Systems informiert werden. Ebenso ist gemäß Art 14 KI-VO eine menschliche Aufsicht sicherzustellen, sodass Eingriffe und Korrekturen jederzeit möglich sind. Art 15 KI-VO verpflichtet zu technischer Robustheit und Cybersicherheit, um Manipulationen und Angriffe abzuwehren. Art 10 KI-VO fordert die Sicherstellung von Datenqualität sowie die Kontrolle möglicher Bias, damit Prognosen zuverlässig und diskriminierungsfrei erfolgen. Auch die „Deploying Entities“ – also Städte, Betriebe oder Betreiber:innen – haben umfassende Pflichten, insbesondere nach Art 26 KI-VO zu erfüllen, vor allem hinsichtlich der bestimmungsgemäßen Nutzung, der Überwachung im Betrieb und der Behandlung von Vorfällen. Selbst wenn eine KI-Anwendung als Nicht-Hochrisiko-KI-System einzustufen ist, bleiben die grundlegenden Anforderungen an Nachvollziehbarkeit und Transparenz gegenüber Betroffenen und die Vermeidung von Diskriminierung. Die Pflichten beschränken sich daher vor allem auf die sachgerechte Dokumentation des Systems (z.B. Einsatzzweck, Funktionsweise), die Einhaltung der datenschutz- und sicherheitsrelevanten Grundsätze sowie die Sicherstellung einer nachvollziehbaren und verantwortungsvollen Nutzung. Eine exakte Prüfung der KI-Anwendungen ist sowohl rechtlich als auch technisch umfangreich und erfordert eine systematische Analyse der Risikostufe, der konkreten Anwendungsszenarien sowie der Rolle der beteiligten Akteur:innen. In der Praxis empfiehlt sich deshalb eine frühzeitige interdisziplinäre Herangehensweise, um die Anforderungen der KI-VO, insbesondere in Bezug auf eine Risikoklassifizierung, Daten- und Modellverwaltung, sowie Pflichten- und Nachweiserfordernisse (z.B. technische Dokumentation, Log-Konzept, menschliche Aufsicht) bereits in der Projektplanungs- und Implementierungsphase zu berücksichtigen.

Im Rahmen der rechtlichen Beurteilung wurden die ausgewählten KI-Anwendungsfälle einer vertiefenden rechtlichen Bewertung unterzogen, die sowohl einschlägige unionsrechtliche als auch nationale Rechtsnormen berücksichtigte. Aufgrund der Vielfalt der Anwendungsfälle war eine pauschale rechtliche Einordnung nicht möglich und erforderte eine systematische Einzelfallbetrachtung, wobei es je nach Anwendungsfall immer wieder zu thematischen Überschneidungen kam. Dabei standen vor allem Anwendungsfälle in der Energie- und Gebäudedomäne, im Bereich Mobilität und Verkehr sowie der Abfall- und Kreislaufwirtschaft im Fokus, die im Folgenden kurz dargestellt werden. In der Energie- und Gebäudedomäne sind dies insbesondere energierechtliche und effizienzbezogene Vorgaben wie etwa die EU-Energieeffizienzrichtlinie 2023/1791 (EED

III)<sup>6</sup>, die Erneuerbare-Energien-Richtlinie 2023/2413 (RED III)<sup>7</sup>, die EU-Gebäuderichtlinie 2024/1275 (EPBD Recast)<sup>8</sup> auf unionsrechtlicher Ebene sowie das Bundes-Energieeffizienzgesetz 2023 (EEffG)<sup>9</sup> und das Erneuerbare-Wärme-Gesetz (EWG)<sup>10</sup> auf nationaler Ebene sowie Normen an Mess-, Steuer- und Regeltechnik. Darüber hinaus sind die Raumordnungs- und Baugesetze der Länder sowie die Naturschutzgesetze, die unter anderem eine zentrale rechtliche Grundlage für die Energie- und Gebäudeinfrastruktur bilden, zu berücksichtigen. Im Mobilitäts- und Verkehrsbereich sind insbesondere die einschlägigen straßenverkehrsrechtlichen Bestimmungen, wie etwa die Straßenverkehrsordnung (StVO)<sup>11</sup> und das Kraftfahrzeuggesetz 1967 (KFG 1967)<sup>12</sup> sowie die Raumordnungsgesetze und baurechtlichen Bestimmungen auf Ebene der Länder zu berücksichtigen. Für die Abfall- und Kreislaufwirtschaft gelten die jeweiligen abfallrechtlichen Bestimmungen, wie etwa das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002)<sup>13</sup> oder die Verpackungsverordnung 2014<sup>14</sup>. Darüber hinaus wurden urbane digitale Zwillinge und Planungstools aus rechtlicher Sicht näher beleuchtet, bei denen insbesondere die Nutzung von Geodaten und Urheberrechtsfragen (etwa bei der Nutzung von Karten-, BIM- oder Sensordaten) - hier sind unter anderem die INSPIRE-Richtlinie 2007/2/EG<sup>15</sup>, das Geodateninfrastrukturgesetz (GeoDIG)<sup>16</sup>, die DSM-Urheberrechtsrichtlinie (EU) 2019/790<sup>17</sup> sowie das Urheberrechtsgesetz<sup>18</sup> relevant - eine zentrale Rolle spielen. Die vertiefende Betrachtung der KI-Anwendungsfälle war insofern notwendig, als sie unter anderem auch für die datenschutzrechtliche Beurteilung von Bedeutung ist. Werden personenbezogene Daten mit Infrastruktur- oder Betriebsdaten kombiniert, entsteht eine

---

<sup>6</sup> RL (EU) 2023/1791 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 13. September 2023 zur Energieeffizienz und zur Änderung der Verordnung (EU) 2023/955 (Neufassung), ABl L 2023/231, 1.

<sup>7</sup> RL (EU) 2023/2413 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Oktober 2023 zur Änderung der Richtlinie (EU) 2018/2001, der Verordnung (EU) 2018/1999 und der Richtlinie 98/70/EG im Hinblick auf die Förderung von Energie aus erneuerbaren Quellen und zur Aufhebung der Richtlinie (EU) 2015/652 des Rates, ABl L 2023/2413, 1.

<sup>8</sup> RL (EU) 2024/1275 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 24. April 2024 über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden (Neufassung), ABl L 2024/1275, 1.

<sup>9</sup> Bundesgesetz über die Verbesserung der Energieeffizienz bei Haushalten, Unternehmen und dem Bund sowie Energieverbrauchserfassung und Monitoring (Bundes-Energieeffizienzgesetz – EEffG) BGBl I 2014/72 idGF.

<sup>10</sup> Bundesgesetz über die erneuerbare Wärmebereitstellung in neuen Baulichkeiten (Erneuerbare-Wärme-Gesetz – EWG) BGBl I 2024/8 idGF.

<sup>11</sup> Bundesgesetz vom 6. Juli 1960, mit dem Vorschriften über die Straßenpolizei erlassen werden (Straßenverkehrsordnung 1960 – StVO. 1960) BGBl 1960/159 idF BGBl I 2024/52.

<sup>12</sup> Bundesgesetz vom 23. Juni 1967 über das Kraftfahrwesen (Kraftfahrzeuggesetz 1967 – KFG. 1967) BGBl 1967/267 idGF.

<sup>13</sup> Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002) BGBl I 2002/102 idGF.

<sup>14</sup> Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Vermeidung und Verwertung von Verpackungsabfällen und bestimmten Warenresten (Verpackungsverordnung 2014) BGBl II 2014/184 idGF.

<sup>15</sup> RL 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE), ABl L 2007/108, 1.

<sup>16</sup> Bundesgesetz über eine umweltrelevante Geodateninfrastruktur des Bundes (Geodateninfrastrukturgesetz – GeoDIG) BGBl I 2010/14, idGF.

<sup>17</sup> RL (EU) 2019/790 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 über das Urheberrecht und die verwandten Schutzrechte im digitalen Binnenmarkt und zur Änderung der Richtlinien 96/9/EG und 2001/29/EG, ABl L 2019/130, 92.

<sup>18</sup> Bundesgesetz über das Urheberrecht an Werken der Literatur und der Kunst und über verwandte Schutzrechte (Urheberrechtsgesetz) BGBl 1936/111 idGF.

besonders sensible Datenkonstellation, die rechtlich zu einer engen Ausgestaltung von Zweckbindung, Rollen- und Verantwortlichkeitsketten sowie Informationssicherheit verpflichtet. Eine klare Abgrenzung zwischen Verantwortlichen und Auftragsverarbeiter:innen ist dabei ebenso wesentlich wie ein belastbarer Standard an Informationssicherheit.

Operativ empfiehlt sich, den rechtlichen Rahmen nicht erst am Projektende, sondern als integralen Bestandteil der Governance aufzusetzen: mit einem schlanken, dokumentierten Vorgehen zur Rechtsgrundlagenprüfung, mit projektbegleitender Datenschutz- und KI-Risikoklassifizierung, mit einem Rollen- und Verantwortlichkeitsmodell für Datenzugang, -verarbeitung und -weitergabe, mit Mindeststandards an Informationssicherheit sowie mit klaren Prozessen für Betroffenenrechte, Incident-Handling und kontinuierliche Modellüberwachung. Diese „Compliance-by-Design“-Verankerung wirkt doppelt. Sie minimiert rechtliche Risiken und schafft zugleich das Vertrauen, das für die breite Akzeptanz KI-gestützter Anwendungen in Städten erforderlich ist. In Summe bildet der rechtliche Rahmen damit nicht nur die Leitplanken für rechtskonforme Implementierung, sondern ist – richtig integriert – ein Enabler für skalierbare, auditierbare und gesellschaftlich tragfähige KI-Lösungen in klimaneutralen Städten.

#### **4.4 Machbarkeit & Folgenabschätzung**

Die Bewertung der Machbarkeit und der potenziellen Auswirkungen von KI-Anwendungen stellte einen zentralen Bestandteil des Projekts cityclimAlte dar. Ziel war es, nicht nur technologische Einsatzmöglichkeiten im urbanen Klimakontext aufzuzeigen, sondern diese auch hinsichtlich ihrer Umsetzbarkeit, ihrer Wirkungen sowie möglicher Chancen und Risiken systematisch zu analysieren.

Im Rahmen der Folgenabschätzung wurden sowohl unmittelbare als auch mittelbare Auswirkungen der identifizierten KI-Use-Cases betrachtet. Dabei standen insbesondere rechtliche, ethische, soziale, ökonomische und ökologische Fragestellungen im Fokus. Ergänzend wurden technische Voraussetzungen, organisatorische Rahmenbedingungen sowie Verantwortlichkeiten und behördliche Anforderungen analysiert, um ein möglichst ganzheitliches Bild der jeweiligen Anwendungsfälle zu erhalten.

### **4.4.1 Machbarkeit**

Im Rahmen der vorgenommenen Machbarkeitsanalyse wurde innerhalb von cityclimAlte von unserem Expert:innen-Team beurteilt, inwieweit eine Umsetzung der Use Cases unter den gegebenen Rahmenbedingungen möglich ist. Berücksichtigt wurden hierbei insbesondere die Komplexität der Use Cases, d.h. der zur erwartende technische und organisatorische Aufwand, um eine Lösung umzusetzen, sowie die Größenordnung der groben Kosten, die durch benötigte Recheninfrastruktur, Hardware und deren Betrieb entstehen. Unter Machbarkeit fassen wir dabei die Summe aller im folgenden aufgelisteten Dimensionen auf einer dreistufigen Skala – von geringe, über mittlere bis hin zu hohe Machbarkeit - zusammen.

#### **(Daten-)Komplexität**

Beschreibt den Aufwand und die Herausforderungen bei der Verarbeitung und Integration der für den Use Case benötigten Daten. Berücksichtigt werden insbesondere Datenmenge, Heterogenität der Datenquellen, räumliche und zeitliche Auflösung, Datenqualität sowie Anforderungen an Standardisierung, Aktualisierung und Zusammenführung unterschiedlicher Datentypen. Eine hohe Datenkomplexität liegt vor, wenn große, heterogene oder schwer zugängliche Datensätze verarbeitet und konsistent integriert werden müssen.

#### **Kosten & Energie**

Unter Kosten & Energie wird der zu erwartende Ressourcenaufwand für Entwicklung, Implementierung und Betrieb des Use Cases zusammengefasst. Berücksichtigt werden insbesondere Investitions- und Betriebskosten, Anforderungen an Rechenleistung und Speicherinfrastruktur sowie der energiebezogene Aufwand für Datenverarbeitung, Modelltraining und laufende KI-Anwendungen. Hohe Werte ergeben sich typischerweise bei rechenintensiven Modellen, großen Datenmengen oder dauerhaftem Echtzeitbetrieb.

#### **Umfang**

Beschreibt die inhaltliche, organisatorische und zeitliche Reichweite des Use Cases sowie den Grad der erforderlichen Integration in bestehende Prozesse und Systeme. Berücksichtigt werden insbesondere die Anzahl beteiligter Akteure und Fachbereiche, die räumliche und funktionale Abdeckung, die erwartete Projekt- und Implementierungsdauer sowie der Umfang notwendiger Anpassungen an Daten-, IT- und Verwaltungsstrukturen. Ein

hoher Umfang liegt vor, wenn der Use Case mehrere Organisationseinheiten, große urbane Räume oder komplexe Prozessketten umfasst und langfristige Umsetzungs- bzw. Betriebsprozesse erfordert.

Die abschließende Beurteilung der einzelnen Dimensionen sowie die daraus resultierende Einschätzung der Machbarkeit wurde dabei von dem/der für den Use Case zuständigen Expert:in vorgenommen und durch das Kern-Team überprüft.

#### **4.4.2 Folgenabschätzung**

Die cityclimAlte Folgenabschätzung<sup>19</sup> bewertet den Einsatz von KI-Systemen im Kontext städtischer Klimaneutralität und Klimawandelanpassung entlang von fünf Dimensionen: Ethik, Recht, Soziales, Umwelt und Ökonomie. Dafür wurde eine technologieclusterbasierte Strukturierung mit einer anwendungsfeldspezifischen Kontextualisierung vorgenommen, da ähnliche KI-Technologien je nach Einsatzkontext unterschiedliche Folgewirkungen entfalten können.

Die Technologiecluster fassen die KI-Anwendungen in den identifizierten Use-Cases pro Anwendungsfeld zusammen, die in ihrem Funktionsprinzip vergleichbar sind. So werden unter Reinforcement Learning & Optimierung die Use-Cases zusammengefasst, die durch Interaktion mit einer Umgebung und auf Basis von Belohnungssignalen lernen, Entscheidungen zu optimieren. Computer Vision & Sensorik umfassen Use-Cases die visuellen Daten aus Kameras, LIDAR oder Satellitenbildern mittels Objekterkennung, Klassifikation und Segmentierung auswerten. Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI bezeichnen Use-Cases in denen KI-Systeme, die ein physisches System als virtuelles Abbild abbilden und auf dieser Grundlage Prognosen und Optimierungen durchführen. Predictive Analytics & Anomalieerkennung fasst Systeme zusammen, die auf Basis historischer und aktueller Daten Muster erkennen, Zustände prognostizieren und Abweichungen identifizieren, ohne ein Simulationsmodell zu verwenden. NLP, LLM & Konversations-KI umfasst Systeme, die natürliche Sprache verarbeiten und auf Basis großer Sprachmodelle kontextbezogene Antworten generieren. Die Zuordnung der Use Cases zu diesen Clustern

---

<sup>19</sup> Die im Projekt durchgeführte Folgenabschätzung basiert auf einer qualitativen Analyse der im Rahmen des cityclimAlte-Projekts untersuchten Use Cases. Die Bewertungen haben orientierenden Charakter und ersetzen keine Prüfung im Einzelfall. Eine detailliertere Beschreibung nach Technologiecluster und Anwendungsfeld ist im Anhang zu finden. Hier wird eine übergreifende Einschätzung anhand der Use-Cases für das jeweilige Anwendungsfeld getroffen.

folgt dem dominanten Technologieeinsatz des jeweiligen Anwendungsfalls, wobei in der Praxis viele KI-Systeme mehrere KI-Technologien kombinieren.

Tabelle 1: Handlungsfelder und dort hauptsächlich identifizierte und eingesetzte KI-Technologien

<b><i>Mobilität, Verkehr &amp; Logistik</i></b>	Reinforcement Learning & Optimierung (RL optimiert Verkehrsfluss, On-Demand-Routen, Signalsteuerung und Lieferlogistik); Computer Vision & Sensorik (Computer Vision erfasst Menschen und Fahrzeuge in Echtzeit im öffentlichen Raum; Fahrgastzählung in U-Bahnen, Objekterkennung für autonome Shuttles)
<b><i>Strom- und Wärmenetze</i></b>	Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI (Digitaler Zwilling/Simulation als kontinuierlich synchronisiertes Abbild des Netzes, dauerhaft im Betrieb); Predictive Analytics & Anomalieerkennung (Datengetriebene Netzüberwachung, Predictive Maintenance Stromnetze)
<b><i>Städtisches Klima &amp; Klimawandelanpassung</i></b>	Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI (Digitaler Zwilling als Planungswerkzeug in frühen Entwurfsphasen); Computer Vision & Geodatenanalyse (Computer Vision analysiert Satellitenbilder, Luftbilder und Geodaten; Objekterkennung von Vegetation, Versiegelung, Emissionsquellen)
<b><i>Rechenzentren</i></b>	Computer Vision & Thermalkartierung (Computer Vision analysiert Gebäudeaufnahmen und Luftbilder; Erkennung von Abwärmequellen, Fassadenmerkmalen, Sanierungszustand); Reinforcement Learning (RL) & Optimierung für RZ-Betrieb (RL verschiebt Rechenlasten)
<b><i>Energieeffiziente Gebäude</i></b>	Digitale Zwillinge & Predictive Control (Digitaler Zwilling als kontinuierlich lernender Betriebszwillig auf Gebäudeebene, dauerhaft aktiv); NLP, LLM & Konversations-KI (Energieberatung)

## Bewertungsdimensionen

Die **ethische Dimension** erfasst, welche ethisch relevanten Prinzipien durch den Einsatz der jeweiligen KI-Technologie berührt werden und welche Risiken oder Spannungsfelder sich daraus ergeben. Dabei wird zwischen ethischen Risiken unterschieden, die aus der Technologie selbst entstehen und solchen, die aus der konkreten Art des Einsatzes resultieren.

Die **rechtliche Dimension** bezieht sich auf die Einordnung der jeweiligen KI-Technologie in den geltenden Rechtsrahmen. Im Mittelpunkt steht dabei insbesondere die Risikoeinstufung nach dem AI-Act, da sich aus ihr Umfang und Intensität der regulatorischen und organisatorischen Anforderungen ergeben. Ergänzend werden einschlägige fachrechtliche, datenschutzrechtliche und gegebenenfalls sektorale Vorgaben berücksichtigt.

Die **soziale Dimension** untersucht die Auswirkungen des Technologieeinsatzes auf Gesellschaft und Beschäftigung. Berücksichtigt werden dabei sowohl potenzielle gesellschaftliche Nutzenwirkungen als auch mögliche Belastungen, z.B. im Hinblick auf Teilhabe, Akzeptanz, Zugänglichkeit, Arbeitsbedingungen und Qualifikationsanforderungen.

Die **Umweltdimension** betrachtet die ökologischen Wirkungen des Technologieeinsatzes. In die Bewertung fließen sowohl direkte Effekte, wie durch Energie- und Ressourcenverbrauch, als auch indirekte Effekte ein, die sich aus veränderten Betriebsprozessen, einer effizienteren Ressourcennutzung oder möglichen Emissionsminderungen ergeben.

Die **ökonomische Dimension** bewertet die wirtschaftliche Tragfähigkeit aus städtischer Perspektive. Berücksichtigt werden insbesondere Investitions- und Betriebskosten, das Potenzial zur mittel- bis langfristigen Amortisation sowie mögliche Abhängigkeiten von externen Technologieanbietern, Systemen oder spezialisierten Dienstleistern.

## 4.5 Stakeholder Einbindung

Die Stakeholder-Einbindung zielte darauf ab, die Perspektiven von Entscheidungsträger:innen, Umsetzer:innen und potenziellen Anwender:innen von KI im städtischen Kontext einzubeziehen. Zentral war dabei, jene Bedarfe, Erwartungen und Rahmenbedingungen zu erfassen, die für die Entwicklung, Bewertung und spätere Nutzung von KI-Anwendungen in klimaneutralen Städten relevant sind. Die Einbindung erfolgte über einen Stakeholder-Workshop sowie ergänzende explorative Interviews.

Der Stakeholder-Workshop diente dazu, bestehende Bedarfe, städtische Zielbilder und konkrete KI-Anwendungsfälle für klimaneutrale Städte der Zukunft zu erheben. Gemeinsam mit den Teilnehmenden wurden zentrale Handlungsfelder wie Energie, Mobilität, Gebäude,

Stadtklima und Klimawandelanpassung sowie Abfallmanagement betrachtet. Neben möglichen Einsatzbereichen von KI wurden auch Erfolgsfaktoren, Hürden und potenzielle Konsequenzen einer Umsetzung diskutiert. Ein wichtiger Bestandteil des Workshops war die Entwicklung von Visionen für eine klimaneutrale Stadt im Jahr 2040. Dadurch wurden übergreifende Erwartungen und Transformationsbedarfe sichtbar, die mit dem Einsatz von KI in Städten verbunden werden.

Am Workshop nahmen 19 Personen aus unterschiedlichen institutionellen Kontexten teil, darunter Vertreter:innen aus Ministerien, Pionierstädten, Wirtschaft, Klimaschutzkoordination und Consulting. Durch diese Zusammensetzung konnten sowohl strategische als auch umsetzungsnahe Perspektiven einbezogen werden. Die Ergebnisse des Workshops bildeten eine wichtige Grundlage für die weitere Strukturierung der Anwendungsfelder und für die Ableitung erster Anforderungen an das KI-Empfehlungstool.

Ergänzend dazu wurden explorative Interviews mit ausgewählten Expert:innen und Entscheidungsträger:innen geführt. Ziel der Interviews war es, die im Workshop identifizierten Bedarfe zu vertiefen und spezifische Anforderungen an das zu erstellende KI-Empfehlungstool genauer zu erfassen. Für die Interviews wurden 8 Vertreter:innen aus unterschiedlichen Zielgruppen durchgeführt. Berücksichtigt wurden unter anderem Pionierstädte unterschiedlicher Größe, KI-Verantwortliche in Magistraten, sowie städtische Umwelt- und Klimaschutzverantwortliche. Im September 2025 wurden die insgesamt 8 Interviews mit einer Dauer von rund einer bis eineinhalb Stunden durchgeführt.

# 5 Ergebnisse

Im Rahmen des Projekts cityclimAlte konnten wesentliche Erkenntnisse zu den Potenzialen von KI-Anwendungen im urbanen Klimakontext erarbeitet werden. Die Ergebnisse basieren auf einer umfassenden Umfeldanalyse, der systematischen Identifikation und Bewertung von KI-Use-Cases sowie der Analyse technologischer, organisatorischer und gesellschaftlicher Rahmenbedingungen.



Abbildung 5: Anwendungsfelder von cityclimAlte: Mobilität&Logistik, Strom und Wärmenetze, Städtisches Klima und Klimawandelanpassung, Energieeffiziente Gebäude, Energieeffiziente Rechenzentren.

Die identifizierten KI-Anwendungsfälle wurden ihren jeweiligen thematischen Bereichen zugeordnet und strukturiert aufbereitet. Die analysierten Use-Cases zeigen konkrete Einsatzmöglichkeiten von KI zur Unterstützung von Klimaneutralität und Klimawandelanpassung in Städten und Gemeinden auf, insbesondere in den Bereichen Verkehrs- und Stadtplanung, Energieeffizienz, Ressourcenmanagement sowie Verwaltung und Infrastruktur. Ergänzend wurden Potenziale, Herausforderungen, Risiken und Voraussetzungen für eine erfolgreiche Umsetzung untersucht und in Form von Handlungsempfehlungen zusammengefasst.

Ein zentrales Ergebnis des Projekts ist die Entwicklung eines interaktiven KI-Empfehlungstools<sup>20</sup>, das Städte und Gemeinden bei der Auswahl geeigneter KI-Lösungen unterstützt. Die gewonnenen Erkenntnisse wurden abschließend in der vorliegenden Studie sowie in einem Empfehlungskatalog konsolidiert und für unterschiedliche Stakeholdergruppen aufbereitet.

## 5.1 KI-Anwendungen für klimaneutrale Städte aus Sicht städtischer Akteure

Neben der Analyse konkreter KI-Anwendungen wurde mittels gezielter Stakeholdereinbindung untersucht, wie kommunale und weitere städtische Akteure den Einsatz von KI im Kontext klimaneutraler Städte einschätzen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich viele Stadtverwaltungen noch in einer frühen Phase der Auseinandersetzung mit KI befinden. Das vorhandene Wissen ist häufig grundlegend und wurde vor allem über Fachvorträge, interne Schulungen, Workshops zu generativer KI oder Veranstaltungen zu KI-Ethik aufgebaut. Entsprechend liegt der Schwerpunkt derzeit weniger auf der Umsetzung konkreter KI-Anwendungen zur Unterstützung der Erreichung von Klimazielen oder Klimawandelanpassungsstrategien als auf dem Aufbau von Orientierung, begrifflichem Verständnis und einer ersten Einschätzung möglicher Einsatzbereiche, Chancen und Risiken.

Es gibt allerdings erste Pilotierungen und in Planung bzw. Umsetzung befindliche konkrete Anwendungsfälle. Genannt wurden unter anderem ein KI-gestützter Förderkatalog, der Unternehmen bei der Suche nach passenden Innovationsförderungen unterstützen soll, sowie ein Verkehrsprojekt mit KI-basierten On-Demand-Mobilitätsservices und Mikro-Verkehrssimulationen auf Quartiersebene. Weitere Beispiele bezogen sich auf digitale Planungszwillinge, die KI-gestützte Umgestaltung öffentlicher Räume und digitale Stadtmodellierung.

Bereits operative KI-Anwendungen waren hingegen nur vereinzelt vertreten. Genannt wurden z.B. Software-Systeme mit KI-Unterstützung für Nachhaltigkeitsberichterstattung und Datenverifizierung. Zugleich wurde deutlich, dass der Begriff KI in der Praxis unterschiedlich verwendet wird. Teilweise werden auch allgemeine Digitalisierungs-,

---

<sup>20</sup> <https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar/>

Analyse- oder Optimierungsverfahren unter KI gefasst. Für die weitere Auseinandersetzung mit kommunalen KI-Anwendungen ist daher eine begriffliche Klärung zentral, insbesondere mit Blick auf regulatorische Definitionen und die Anforderungen des AI-Acts.

Daraus lassen sich mehrere Befunde ableiten. Erstens befindet sich der Einsatz von KI für klimaneutrale Städte vielfach noch in einer Such- und Erprobungsphase. Städte und Organisationen bauen Wissen auf und sammeln erste Erfahrungen. Zweitens besteht ein deutlicher Bedarf an Orientierung zu rechtlichen Rahmenbedingungen. Der AI-Act ist vielen Akteuren zwar bekannt, die konkrete Bedeutung für die spezifischen KI-Anwendungen, zum Beispiel im Hinblick auf mögliche (Hoch)risiko-Einstufungen, Datenschutzpflichten oder Transparenzanforderungen, ist jedoch noch nicht ausreichend geklärt. Drittens zeigt sich, dass Akzeptanz und Kompetenzaufbau wesentliche Voraussetzungen für die Umsetzung sind. Mehrere Teilnehmende verwiesen darauf, dass KI zunächst in kleinen, risikoarmen Settings getestet wird, um Nutzen, Grenzen und organisatorische Auswirkungen besser einschätzen zu können.

### **5.1.1 Visionen für die klimaneutrale Stadt 2040**

Im Stakeholder-Workshop entwickelten die Teilnehmenden ausgehend von ihren fachlichen und institutionellen Perspektiven Visionen für eine klimaneutrale Stadt im Jahr 2040. Ziel war es, bestehende KI-Anwendungen zu diskutieren und sichtbar zu machen, welche städtischen Zielbilder, Erwartungen und Transformationsbedarfe mit dem Einsatz von KI verbunden werden. Die Visionen wurden in Kleingruppen entlang zentraler Handlungsfelder erarbeitet, darunter Energie, Verkehr, Gebäude, Stadtklima und Klimawandelanpassung, Abfallmanagement sowie ein freies Themenfeld. Die folgenden Abschnitte fassen dabei die im Rahmen des Workshops entstandenen Visionen zusammen.

#### **1. Energie und Gebäude**

Die Stadt 2040 zeichnet sich durch eine intelligente, klimaneutrale Energieversorgung aus. Alle kommunalen Gebäude erzeugen mehr Energie als sie verbrauchen (Plus-Energie-Gebäude) und bilden mit privaten Haushalten lokale Energiegemeinschaften. KI-Systeme managen in Echtzeit die Verteilung von Überschüssen, so dass bei entsprechender Wetterlage auch private Haushalte keine Energie extern zukaufen müssen. Ein flächendeckender Ausbau von PV auf geeigneten Gebäuden sowie Batterie- und saisonalen Speichersystemen wurde umgesetzt, sodass im Sommer erzeugter Strom für den Winter gespeichert und genutzt werden kann. Dabei erfolgt ein laufendes Monitoring des Ausbaus und Betriebs von PV-Anlagen mittels KI-basierter bild- und zeitbasierter Analyseverfahren.

Gebäude sind ferner an Fernwärme und -kälte angeschlossen, wobei KI den Energiebedarf prognostiziert und steuert (Heizung, Kühlung, Stromverbrauch). Sanierungspläne für sämtliche sanierungsbedürftigen Gebäude sind vollständig ausgearbeitet und umgesetzt. Ältere Gebäude wurden energetisch saniert, insbesondere durch Fassadenisolation und begrünte Dächer und Fassaden, was zusätzlich zu einem besseren Mikroklima beiträgt. Ein digitaler Gebäudepass dokumentiert sämtliche relevanten Gebäudedaten und unterstützt den Ansatz des Urban Mining, bei dem Gebäude als Rohstoffquellen genutzt und Baumaterialien nach Ende ihres Lebenszyklus wiederverwendet werden. Darüber hinaus hilft KI, bebaubare Flächen zu nutzen, indem bestehende Gebäude und Grundstücke analysiert werden, um bestehende Gebäude optimal zu nutzen und weiteren Bodenverbrauch und Flächenversiegelung zu minimieren. Wichtig dabei ist: Die KI-Lösungen selbst arbeiten 2040 hoch energieeffizient und verbrauchen nicht mehr unverhältnismäßig viel Strom. Andernfalls würden KI-Anwendungen den Klimaeffekt konterkarieren, daher war Energieeffizienz von KI ein explizites Kriterium der Vision.

## **2. Mobilität und Verkehr**

Im Jahr 2040 hat sich die städtische Mobilität grundlegend gewandelt. Aktive Mobilität (Zufußgehen, Radfahren) und Sharing-Angebote dominieren die Fortbewegung in der Stadt. Dies wurde erreicht durch attraktive Infrastruktur und KI-gestützte Planung. Es sind deutlich weniger private PKW nötig, entsprechend konnten Straßenraum und Parkflächen reduziert und umgenutzt werden (zugunsten von Grünflächen, Radwegen etc.). Öffentlicher Verkehr und On-Demand Shuttles (Mikro-ÖV) bilden ein dichtes Netz, das durch KI optimiert wird. Beispielsweise existiert ein KI-basiertes Navigations- und Planungssystem, das umweltfreundliche Routen empfiehlt und Fahrgäste in Echtzeit zu verfügbaren Mobilitätsangeboten leitet (z.B. zum nächsten Leihfahrrad oder zum Shuttle). Der Verkehr wird mittels KI gesteuert, analysiert und laufend überwacht. Ein gut ausgebautes Datenmanagement erlaubt eine konstante Analyse und Monitoring von Verkehrszahlen, Verkehrsströmen, Personenkilometern und der Nutzung der verschiedenen Verkehrsmittel. Dies umfasst auch eine KI-gestützte Bilderkennung, die Verkehrsteilnehmer (Autos, Radfahrer, Fußgänger) bereits bei der Stadteinfahrt zuverlässig identifiziert und so präzise Verkehrsplanung und Steuerung ermöglicht. Der gesamte Verkehr ist emissionsfrei, fossile Brennstoffe wurden vollständig abgelöst. Elektroautos funktionieren zugleich als Batteriespeicher für das städtische Energienetz. KI-Systeme ermöglichen eine dynamische, bedarfsgerechte Verkehrsflusssteuerung, abgestimmt zwischen Stadt und Umland. Dies führt zur Vermeidung von Staus, minimiert Leerfahrten, beispielsweise bei der Parkplatzsuche, und verbessert insgesamt den Verkehrsfluss deutlich. Stadtumfahrungen und effizientere

Verbindungen zwischen Stadt und Land sorgen zusätzlich für eine verbesserte Verkehrseffizienz. KI unterstützt darüber hinaus strategische Planungen durch einen systemischen Überblick über Mobilitätsoptionen und hilft auf strategischer Ebene bei der Gestaltung geeigneter Rahmenbedingungen. Zudem begleitet KI partizipative Prozesse, indem sie z.B. bei der Identifikation und Recherche von Best-Practice-Beispielen unterstützt, um stetige Verbesserungen und Innovationen im Verkehrsbereich zu ermöglichen.

### **3. Städtisches Klima und Klimawandelanpassung**

Hitzewellen und Starkregen führen dank vorausschauender Maßnahmen 2040 nicht mehr zu Todesfällen oder schweren Schäden in der Stadt. Möglich macht dies ein KI-gestütztes Risikomanagement. Über IoT-Sensorik und KI wird Mikroklima simuliert und überwacht. Hitze-Hotspots (städtische Wärmeinseln) werden früh erkannt, und die KI unterstützt die Stadtplanung dabei, geeignete Maßnahmen zur Abkühlung umzusetzen (z.B. Begrünung, Beschattung, Wasserelemente). Bei Extremwetter warnt ein automatisiertes System die Bevölkerung rechtzeitig und koordiniert Notfallmaßnahmen. Ein genanntes Beispiel waren digitale Informationssäulen/Billboards, auf denen kühlere Zufluchtsorte in der Stadt angezeigt werden inkl. Berechnung, wo noch Kapazitäten frei sind. So finden Bürger:innen im Ernstfall schnell Schutz. Insgesamt sind Städte 2040 grüner und resilienter. Flachdächer und Fassaden sind begrünt, es gibt mehr Parks und entsiegelte Flächen. Die KI hilft dabei, geeignete Flächen für Begrünung oder Entsiegelung zu identifizieren, priorisiert nach maximalem Nutzen (z.B. Bereiche mit starker Hitzeentwicklung). Kombinationen aus Klimaschutz und -anpassung sind vorgesehen wie z.B. Schwammstadt-Konzepte, wo KI die optimale Platzierung von Regenwasserretentionseinrichtungen berechnet.

### **4. Kreislaufwirtschaft und Abfallmanagement**

In der klimaneutralen Stadt 2040 fällt Abfall kaum mehr an, da Produkte langlebiger sind und Wertstoffe im Umlauf bleiben (Zero Waste). Wo Abfall entsteht, wird er nahezu 100 % richtig getrennt und recycelt. KI-Systeme unterstützen dies auf mehreren Ebenen. Zum einen helfen sie den Bürger:innen direkt bei der Mülltrennung. Beispiel: Man fotografiert ein Objekt, und eine KI-App teilt sofort mit, in welche Tonne es gehört. Zum anderen vernetzt KI Angebot und Nachfrage von wiederverwendbaren Materialien in einer Stadt oder Region. Ein Szenario aus dem Workshop war, dass bei Neuanschaffungen (z.B. eine Schule bestellt neue Möbel) automatisch ein KI-gestütztes Informationssystem anzeigt, wo in der Umgebung gebrauchte Möbel verfügbar wären, die ansonsten entsorgt würden. So

werden Ressourcen weitergenutzt, statt Abfall zu produzieren. In der Industrie ist 2040 eine echte Kreislaufwirtschaft etabliert und KI optimiert Logistik und Matching von Nebenprodukten/Abfällen zu solchen Wiederverwendungszwecken. Selbst im städtischen Abfallentsorgungssystem kommen KI-Lösungen zum Einsatz, z.B. für automatisierte Müllsammlung (Roboter, die Müll in Parks erkennen und aufsammeln) sowie für die Routenoptimierung der Müllabfuhr entsprechend Füllständen und Verkehrsaufkommen.

## **5. Freies Themenfeld**

Ein weiterer Aspekt ist eine Veränderung des Konsumverhaltens bis 2040. Die Stadtbewohnerinnen konsumieren nachhaltiger und nutzen Produkte länger, reparieren und teilen mehr. Überall gibt es Repair-Cafés und Second-Hand-Läden, unterstützt durch kommunale Initiativen und Maßnahmen. KI hilft indirekt dabei, indem sie z.B. Reparaturbedarfe früh erkennt und passende Angebote vermittelt. So könnte ein Smart-Home System einen defekten Haushaltsgegenstand melden und direkt das nächstgelegene Reparaturzentrum empfehlen (anstatt zum Neukauf zu verleiten). Smart Homes sind 2040 ohnehin Standard. Alle Haushalte sind digital vernetzt und in die städtischen Energie- und Verkehrsnetze integriert. KI-Assistenten im Haushalt analysieren das Nutzungsverhalten und optimieren automatisch Energieverbrauch und Gerätesteuerung z.B. schalten Geräte bei Nichtbenutzung ab, regeln Heizung und Kühlung effizient und lernen die Vorlieben der Bewohnerinnen. Wenn Geräte gewartet werden müssen, schlägt die KI zeitgerecht vor, einen Techniker zu rufen, um Effizienzverluste zu vermeiden.

### **5.1.2 Fazit**

Die im Workshop entwickelten Visionen für das Jahr 2040 zeigen, welche Erwartungen städtische Akteure mit dem zukünftigen Einsatz von KI in klimaneutralen Städten verbinden. Dabei wurde KI vor allem dort als relevant gesehen, wo große Datenmengen aus Gebäuden, Netzen, Mobilität und Infrastruktur zusammengeführt und für konkrete Steuerungs- und Planungsentscheidungen nutzbar gemacht werden können. Im Bereich Energie sollen KI-Systeme Energieflüsse zwischen kommunalen Gebäuden und privaten Haushalten in Echtzeit steuern, Sanierungsbedarfe identifizieren und den Ausbau von PV-Anlagen laufend überwachen. Im Mobilitätsbereich stand die Vorstellung eines vernetzten Mobilitätssystems im Vordergrund. In der Stadt sollten öffentlicher Verkehr, aktive Mobilität, Sharing-Angebote und On-Demand-Shuttles vernetzter sein. KI soll dabei helfen, Verkehrsflüsse zwischen Stadt und Umland zu steuern, Leerfahrten zu vermeiden,

verfügbare Mobilitätsangebote in Echtzeit sichtbar zu machen und strategische Planungen zu unterstützen.

Im Anwendungsfeld Stadtklima und Klimawandelanpassung richteten sich die Visionen vor allem auf eine frühzeitige Erkennung und bessere Bewältigung klimatischer Belastungen. Sensorik und KI sollen künftig dazu beitragen, städtische Hitzeinseln genauer zu erfassen, Extremwetterereignisse besser vorherzusagen und Warnsysteme automatisiert auszulösen. Damit wurde KI vor allem als Unterstützung für Monitoring, Risikofrüherkennung und vorausschauende Anpassungsmaßnahmen verstanden.

Im Themenfeld Kreislaufwirtschaft wurde KI vor allem als Unterstützung für einen effizienteren Umgang mit vorhandenen Ressourcen gesehen. Die Vorstellungen reichten von Anwendungen, die Bürger:innen bei der richtigen Mülltrennung unterstützen, bis hin zu regionalen Plattformen, über die gebrauchte Materialien, Bauteile oder Möbel weitervermittelt werden können. Im Vordergrund stand damit weniger die Automatisierung einzelner Prozesse, sondern die Frage, wie KI dazu beitragen kann, Abfälle zu vermeiden, Wiederverwendung zu erleichtern und bestehende Ressourcen besser sichtbar und nutzbar zu machen.

Zugleich war den städtischen Akteuren bewusst, dass KI-Anwendungen selbst Energie benötigen und damit zur CO<sub>2</sub>-Bilanz einer Stadt beitragen. Entsprechend wurde betont, dass der Energie- und Ressourcenverbrauch von KI-Systemen bereits bei der Planung und Auswahl entsprechender Anwendungen berücksichtigt werden muss. Als zentrale Spannung wurde gesehen, dass KI zwar zur Erreichung von Klimazielen beitragen kann, diese positiven Effekte jedoch geschmälert werden, wenn der Betrieb der Systeme selbst mit einem hohen Energieverbrauch verbunden ist.

## 5.2 Rechtliche Rahmenbedingungen für den KI-Einsatz in österreichischen Städten

Im zweiten Teil der Studie wurden die ausgewählten KI-Anwendungsfälle umfassend dargestellt und insbesondere im Hinblick auf den rechtlichen Rahmen im konkreten Anwendungsfall näher eingeordnet. Im Folgenden wird zur näheren Erläuterung des methodischen Vorgehens eine KI-Anwendung ausgewählt und kurz dargestellt:

---

### **AI-Lösung, zur Optimierung von Gebäude- und Quartierdesigns in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen (Tool: Spacemaker.ai)**

- Anwendungsbereich: CAD-Programm für Quartiers-/Gebäudeplanung
- TRL: 9, marktreif

#### **Rechtlicher Rahmen:**

Auf Basis des beschriebenen KI-Anwendungsfalls werden im Folgenden die rechtlich relevanten Aspekte herausgearbeitet. Aufgrund der Komplexität des Themenfeldes kann nicht auf alle rechtlichen Dimensionen vollumfänglich eingegangen werden. Die Angaben stellen keine abschließende rechtliche Beurteilung dar und dienen ausschließlich der allgemeinen Orientierung.

#### **Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)**

Der sachliche Anwendungsbereich der DSGVO umfasst gemäß Art 2 Abs 1 DSGVO *“die ganz oder teilweise automatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten sowie für die nichtautomatisierte Verarbeitung personenbezogener Daten, die in einem Dateisystem gespeichert sind oder gespeichert werden sollen”*. Im vorliegenden Fall betrifft dies die Verarbeitung personenbezogener Daten im Rahmen der KI-gestützten Stadtplanung mit Spacemaker.ai, sofern personenbezogene Daten, wie etwa Daten natürlicher Personen, die in Geodaten eingebettet sein können, Adressdaten, Nutzungsdaten oder Standortdaten, verarbeitet werden. Der räumliche Anwendungsbereich gemäß Art 3 Abs 1 DSGVO ist eröffnet, soweit die Datenverarbeitung *“im Rahmen der Tätigkeiten einer Niederlassung eines Verantwortlichen oder eines Auftragsverarbeiters in der Union erfolgt, unabhängig davon, ob die Verarbeitung in der Union stattfindet”*. Zudem gilt die DSGVO auch dann, wenn die Verarbeitung personenbezogener Daten von betroffenen Personen betrifft, die sich in der Union befinden und sich auf die Angebote von Dienstleistungen oder die Überwachung ihres Verhaltens innerhalb der Union bezieht. Ein Auftragsverarbeiter iSv Art

4 Z 8 DSGVO ist *“eine natürliche oder juristische Person, Behörde, Einrichtung oder andere Stelle, die personenbezogene Daten im Auftrag des Verantwortlichen verarbeitet”*. Cloud-Dienstleistungen sind typischerweise als Auftragsverarbeitungen einzustufen. Wird beispielsweise ein Unternehmen in Österreich mit Cloud-Computing beauftragt, das dafür die Dienste eines US-amerikanischen Cloud-Anbieters in Anspruch nimmt, handelt es sich bei dem von Österreich beauftragten Unternehmen um einen Auftragsverarbeiter. Das Angebot des Cloud-Dienstes von Spacemaker.ai fällt grundsätzlich in den räumlichen Anwendungsbereich der DSGVO, da die KI-gestützte Stadtplanungslösung in der Europäischen Union angeboten wird und die Nutzung typischerweise durch Akteur:innen, wie etwa Architekt:innen, Behörden oder Planer:innen, in der Europäischen Union erfolgt, wobei sich die Verarbeitung auf betroffene Personen in der Union bezieht. Die Verarbeitung personenbezogener Daten im Rahmen der KI-gestützten Stadtplanung unterliegt somit der DSGVO.

Hinsichtlich der Rechtmäßigkeit der Verarbeitung nach Art 6 Abs 1 DSGVO kommen mehrere Rechtsgrundlagen in Betracht, je nachdem, in welchem konkreten Kontext und zu welchem Zweck die personenbezogenen Daten im Rahmen der KI-gestützten Stadtplanung verarbeitet werden. Als Rechtsgrundlage kommt etwa Art 6 Abs 1 lit f DSGVO (berechtigtes Interesse) in Betracht, insbesondere bei der Nutzung öffentlicher Geodaten für städtebauliche Entwurfsvarianten. Soweit vertragliche Beziehungen zwischen Nutzer:innen und Anbieter:innen bestehen, kann auch Art 6 Abs 1 lit b DSGVO (Vertragserfüllung) greifen. Die Grundsätze für die Verarbeitung personenbezogener Daten gemäß Art 5 DSGVO, wie etwa die Datenminimierung (Art 5 Abs 1 lit c DSGVO) und die Zweckbindung (Art 5 Abs 1 lit b DSGVO) sind strikt einzuhalten. Es dürfen nur personenbezogene Daten verwendet werden, die für die Generierung und Bewertung von Planungsvarianten erforderlich sind, und zwar ausschließlich für den dokumentierten Planungszweck. Wo möglich ist eine Anonymisierung der Daten vorzunehmen. Die Transparenzpflichten nach Art 12-14 DSGVO sind jedenfalls zu erfüllen, das heißt, dass die Nutzer:innen über die Art der Datenverarbeitung, die Zwecke, die Speicherdauer und die Rechte der betroffenen Personen (Art 12 ff DSGVO) umfassend informiert werden müssen. Außerdem ist die Rollenverteilung zwischen Anbieter:innen und Betreiber:innen (Nutzer:innen wie etwa Behörden oder Architekt:innen) rechtlich zu klären. In Fällen, in denen die Parteien gemeinsam Zwecke und Mittel der Datenverarbeitung bestimmen, liegt eine gemeinsame Verantwortlichkeit nach Art 26 DSGVO vor, die vertraglich festzuhalten ist. Technische und organisatorische Maßnahmen nach Art 32 DSGVO müssen sowohl die Sicherheit als auch die Vertraulichkeit der Verarbeitung gewährleisten.

### **Verordnung über Künstliche Intelligenz (KI-VO)**

Die Anwendung Spacemaker.ai ist ein generatives, datenbasiertes KI-Systeme für Architektur und Stadtplanung und fällt damit grundsätzlich in den Anwendungsbereich der

KI-VO. Da Spacemaker.ai ausschließlich für Entwurfs-, Analyse- oder Simulationszwecke eingesetzt wird, ist es in der Regel als KI-System mit begrenztem Risiko und nicht als ein Hochrisiko-KI-System iSd Art 6 KI-VO einzustufen. Spacemaker.ai trifft keine Entscheidungen über natürliche Personen in sensiblen Bereichen (zB keine Personalauswahl, keine biometrische Identifikation, keine Bewertung von Kreditwürdigkeit oder keine Überwachung öffentlicher Räume) und wird primär für die schnelle Generierung, Optimierung und Iteration von Entwurfsalternativen unter Berücksichtigung von Entscheidungskriterien wie etwa Gelände, Verkehr oder Zoneneinteilung eingesetzt. Für KI-Systeme mit begrenztem Risiko gelten Schulungs-, Dokumentations- und Informations- sowie Transparenzpflichten. Nutzer:innen müssen ausdrücklich darüber informiert werden, dass sie mit einem KI-System interagieren bzw. dass KI zur Generierung oder Bewertung von Planungsvarianten eingesetzt wird. Diese Information muss klar, verständlich und rechtzeitig vor der Nutzung erfolgt sein. Im Kontext von Spacemaker.ai bedeutet dies, dass Architekt:innen, Behörden oder Planer:innen darüber informiert werden müssen, welche Teile des Systems auf KI-Verfahren basieren, welche Daten dafür verarbeitet werden und zu welchem Zweck die KI eingesetzt wird. Die Dokumentation der Architektur, des Trainingsprozesses und der Entscheidungslogik ist sowohl für die Rechenschaftspflicht nach Art 5 Abs 2 DSGVO als auch für die Nachvollziehbarkeit iSd KI-VO erforderlich. Zusätzlich ist die Kennzeichnung von KI-generierten Inhalten gemäß Art 50 KI-VO zu prüfen. Erstellt Spacemaker.ai KI-generierte Inhalte wie Texte, Bilder oder Planungsvarianten, die für Dritte erkennbar sein müssen, ist eine entsprechende Kennzeichnung vorzusehen. Schließlich gilt es, die Nutzer:innenrechte sicherzustellen, damit Nutzer:innen das Recht auf informationelle Selbstbestimmung, auf Erklärung der KI-Entscheidungen und auf menschliche Überprüfung bei kritischen Planungsvorhaben haben. Dies ist insbesondere dann relevant, wenn die KI-Ergebnisse in öffentlich-rechtliche Verfahren (zB Baugenehmigungsverfahren) einfließen.

### **Richtlinie über das Urheberrecht im digitalen Binnenmarkt (DSM-RL)**

Von einer KI "autonom" erzeugte Ergebnisse sind in der Europäischen Union grundsätzlich nicht urheberrechtlich geschützt. Der Urheberrechtsschutz setzt gemäß § 2 UrhG und Art 1 DSM-RL eine persönliche-geistige Schöpfung eines Menschen voraus. Rein maschinell generierte Inhalte ohne menschliche Gestaltungshandlung erfüllen diese Voraussetzung nicht. Dagegen kann ein schutzfähiges Werk entstehen, wenn die KI als untergeordnetes Tool eingesetzt wird, etwa dann, wenn Nutzer:innen komplexe Vorgaben machen, gezielt auswählen, die Ergebnisse weiterverarbeiten und damit eine eigene schöpferische Note setzen. In diesem Fall ist die menschliche Gestaltung entscheidend für den Urheberrechtsschutz. Zusätzlich ist die Vertragslage bei der Nutzung von Spacemaker.ai zu prüfen. Die Nutzungsbedingungen regeln, welche Rechte an den KI-generierten Inhalten

übertragen werden (z.B. Nutzungsrechte, Lizenzmodelle, Haftung). Für die Verwendung von Trainingsdaten ist es empfehlenswert, diese zu dokumentieren und die Urheberrechtskonformität nachzuweisen, sowohl zur Haftungsvermeidung als auch zur Erfüllung der Transparenzpflichten iSd KI-VO.

---

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass aus DSGVO-Sicht die KI-Anwendung Spacemaker.ai grundsätzlich unbedenklich ist, vor allem dann, wenn ausschließlich nicht-personenbezogene Daten wie Geodaten oder Simulationsdaten verarbeitet werden. Diese Daten sind per se nicht personenbezogen, es könnte aber ein Personenbezug hergestellt werden, wenn etwa Grundstücksdaten einzelnen Eigentümer:innen zugeordnet werden können, Planungsdaten Rückschlüsse auf Bewohner:innen zulassen oder Daten mit anderen Datensätzen verknüpft werden. Soweit personenbezogene Daten verarbeitet werden, ist eine Rechtsgrundlage nach Art 6 Abs 1 DSGVO erforderlich und es sind die Transparenzpflichten sowie technische und organisatorische Maßnahmen gemäß Art 12-14 DSGVO und Art 32 DSGVO einzuhalten. Bei der Verarbeitung sensibler Daten oder einer systematischen, umfangreichen Verarbeitung von Daten über natürliche Personen ist zudem eine Datenschutz-Folgenabschätzung nach Art 35 DSGVO durchzuführen. Zudem ist die Rollenverteilung zwischen Anbieter:innen und Nutzer:innen rechtlich zu klären.

Als generatives KI-System für Architektur und Stadtplanung fällt Spacemaker.ai grundsätzlich in den Anwendungsbereich der KI-VO, ist aber in der Regel als KI-System mit begrenztem Risiko und nicht als Hochrisiko-KI-System einzustufen. Daher gelten vor allem Informations-, Transparenz- und Dokumentationspflichten. Nutzer:innen müssen klar darüber informiert werden, dass KI eingesetzt wird und welche Daten und Zweck zugrunde liegen. Zusätzlich sind KI-generierte Inhalte zu kennzeichnen, sowie dies erforderlich ist und die Rechte der Nutzer:innen sicherzustellen.

Hinsichtlich KI-generierter Inhalte wie Planungsvarianten, Bilder oder Texte gilt, dass diese ohne menschliche Gestaltungshandlung nicht urheberrechtlich geschützt sind. Architekt:innen, Behörden oder Planer:innen die Spacemaker.ai nutzen sollten prüfen, wer die Nutzungsrechte an diesen Inhalten hält. Bei der Verwendung von Trainingsdaten ist die Urheberrechtskonformität sicherzustellen und die Herkunft der Daten zu dokumentieren.

### 5.3 Überblick über KI-Anwendungen für Klimaneutralität und Klimawandelanpassung

Im Rahmen von cityclimAlte wurden unterschiedliche Anwendungsbereiche von KI im urbanen Kontext untersucht und systematisch aufbereitet. Der Fokus lag dabei auf jenen Bereichen, in denen KI einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung klima- und energiepolitischer Ziele leisten kann, beispielsweise in der Verkehrs- und Stadtplanung, Strom- und Wärmenetze, im Energie- und Gebäudemanagement, Ressourceneffizienz sowie im Bereich städtische Klimaneutralität und Klimawandelanpassung.

Die identifizierten Anwendungen orientieren sich an internationalen Best- und Good-Practice-Beispielen und zeigen sowohl bestehende als auch zukünftige Einsatzmöglichkeiten von KI-Technologien auf. Neben den technologischen Potenzialen wurden auch Anforderungen, Rahmenbedingungen sowie Chancen und Risiken der Umsetzung betrachtet, um eine fundierte Grundlage für den strategischen Einsatz von KI in Städten und Gemeinden zu schaffen.

Folgende technologische Anwendungsbereiche wurden im Zuge des Screenings identifiziert:

Tabelle 2: Handlungsfelder und identifizierte KI-Anwendungen aus dem Screening.

<b>Handlungsfeld</b>	<b>KI-Anwendung</b>
<b>Mobilität, Verkehr und Logistik</b>	Vorhersage der Abnutzung wiederverwendbarer Paketboxen
	Optimierte Nutzung des öffentlichen Verkehrs
	Verbesserung der ÖPNV-Nutzung durch bessere Personenverteilung in den ÖPNV-Fahrzeugen
	Erhöhung der Verkehrssicherheit, Effizienz, Lichtsignalsteuerung, Staureduktion
	Emissionsverringerung (durch kürzere Wege), Kosten sparen (durch effizienteren Ressourceneinsatz), Verbesserung der Prozesse in der städtischen Logistik, Vorhersage von optimalen Abholzeitpunkten (bei Sensorik).
	Simulationsgestützte Planung wiederverwendbarer Behältersysteme minimiert den ökologischen Fußabdruck durch den Einsatz von Einwegtransportverpackungen; reduziert Emissionen, optimiert Routen, Behälternutzung und

	<p>Personalplanung; langfristig wirtschaftlich effizienter durch langlebige Kunststoffbehälter.</p> <p>Intelligente, autonome und automatisierte Verkehrssysteme</p>
<b>Strom und Wärmenetze</b>	<p>Optimierung des Stromverbrauchs in Haushalt und Gewerbe</p> <p>Verbesserung der Effizienz und Wirtschaftlichkeit von Fern- und Nahwärmenetzen basierend auf KI-gestützter Lastprognosen und Produktionsplanung (Reduktion fossiler Spitzenlastkessel, CO<sub>2</sub> Reduktion, Verringerung von Netzverlusten, Kostenreduktion)</p> <p>Maximale Nutzung lokaler, klimafreundlicher Energiequellen</p> <p>Schnellere Integration erneuerbarer Erzeugungsanlagen</p> <p>Vermeidung von Netzengpässen und Spannungsproblemen</p> <p>Wirtschaftlicher und stabiler Netzbetrieb</p> <p>Beitrag zur Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen</p> <p>Datengetriebene Überwachung und frühzeitige Fehlererkennung für Netzinfrastruktur</p> <p>Steigerung der Verfügbarkeit der Netzinfrastruktur</p> <p>Minimierung ungeplanter Ausfälle</p> <p>Verbesserte Instandhaltung</p> <p>Reduktion von Bau- und Erdarbeiten zu Reparaturzwecken</p> <p>Verbesserte Investitionssicherheit</p> <p>Kosteneinsparungen</p>
<b>Städtisches Klima und Klimawandelanpassung</b>	<p>KI-gestützte Bewertung unterschiedlicher Designvarianten nach bestimmten Parametern; Optimierung von Gebäude/Quartiersdesigns in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen.</p> <p>KI-gestützte Bewertung unterschiedlicher Designvarianten im Hinblick auf verschiedene Parameter, sowie in Bezug auf städtebauliche, ökologische und regulatorische Auswirkungen in frühen Planungs- und Entwicklungsphasen. Weiterentwicklung von Spacemaker mit besserer Integration von anderen AEC-Tools wie z.B. Revit, Dynamo und Rhino.</p> <p>KI-gestützte, schnelle Mikroklima- und Umweltanalysen von unterschiedlichen Designvarianten in frühen Planungs- und Design-Phasen von Gebäuden.</p> <p>KI-gestützte Machbarkeitsanalysen in frühen Planungsphasen von Gebäuden.</p> <p>Automatisierte Erkennung von Objekten und Veränderungen auf großen räumlichen Skalen, insbesondere in ländlich geprägten Räumen; Anwendungsfelder umfassen Bauwesen und</p>

Hafenbetrieb, Landwirtschaft, Infrastruktur(-erhaltung), Forstwirtschaft, grüne Technologien und Klimafolgenanalyse, Stadt- und Raumplanung sowie Governance-Anwendungen wie Katastrophenmanagement, öffentliche Sicherheit und Umweltmonitoring.

KI-basierte Objekt- und Veränderungserkennung für Umweltanalysen im ländlichen und städtischen Räumen anhand eigener Satelliten-, Drohnen- und Luftbilder.

Überwachung und Management städtischer Treibhausgase auf den Ebenen Stadt, Quartier und Gebäude.

**Energieeffiziente Rechenzentren**

Planung und Erweiterung von Wärmeversorgungssystemen, sowohl auf gesamtstädtischer Ebene für zentrale Fernwärmenetze, als auch für Stadtteile und Quartiere zur Entwicklung dezentraler Wärmenetze (z.B. Energienetze).

Reduktion von CO<sub>2</sub>-Emissionen, indem rechenintensive Aufgaben gezielt in Zeiten mit hohem Anteil erneuerbarer Energie verschoben werden. Planbare Abwärmeprofile für Fernwärme oder lokale Wärmeabnehmer – ohne Eingriff in den IT-Betrieb, wenn die Daten geteilt werden.

Erzeugung flächendeckender Wärmebedarfs und Gebäudedatenkarten für ganze Städte

Identifikation von Gebieten mit hohen Nachfragedichten und Sanierungsschwerpunkten.

Bessere Kopplung von Sanierungsstrategien und klimaneutraler Wärmeversorgung

Unterstützung kommunaler Wärmepläne und Dekarbonisierungsstrategien nach EED III und nationalen Wärmeplanungsgesetzen

**Energieeffiziente Gebäude**

Vorhersage von Energiebedarf, Nutzungsprofilen, Komfortgrenzen und Netzsignalen

Verbesserte Prozesse in der Stadt durch optimierte Betriebsführung bestehender kommunaler Gebäude

Kosten sparen durch Automatisierung

Unterstützung der langfristigen Sanierungsplanung durch Analyse von Effizienzpotenzialen

Emissionsverringerung und Kostenreduktion durch KI-basierte Energieoptimierung in Gebäuden

Vorhersage von Energiebedarf, Lastspitzen und Raumnutzungsprofilen

Verbesserung der Prozesse in der Stadt durch einfache Nachrüstbarkeit und schnelle Integration in bestehende Gebäudetechnik

Ermöglicht datenbasierte Entscheidungen für Sanierungen, Energiemanagement und Quartiersbetrieb

Emissionsverringern durch Maximierung des PV-Eigenverbrauchs

Vorhersage von Energiebedarf, Lastspitzen und optimalen Fahrplänen für Speicher, Wärmepumpen und E-Mobilität

Verbesserung der Prozesse in der Stadt, z. B. netzdienliche Steuerung öffentlicher Gebäude und Bauhöfe

Kosten sparen durch Nutzung dynamischer Strompreise, Reduktion der Einspeisespitzen und Optimierung der Eigenlastdeckung

Identifikation von Sanierungsschwerpunkten

Hotspot-Analyse Wärmebedarf

Automatische Gebäudetypklassifikation

Wärmebedarfsprognosen

Effizienzpotenzial-Detektion

Erkennung von Dekarbonisierungspotenzialen

Vereinfachter Zugang zu Energieinformationen, Kosten und Förderungen

Verbesserte Nutzbarkeit bestehender Energieberatungsportale

Entlastung von Beratungsstellen durch Beantwortung wiederkehrender Standardfragen

Unterstützung bei Entscheidungen zu erneuerbaren Heizsystemen, Photovoltaik, Elektromobilität und Sanierung

## 5.4 Analyse ausgewählter Use-Cases in städtischen KI-Anwendungsbereichen: Potenziale, Machbarkeit und Folgen

Im Rahmen von cityclimAlte wurden insgesamt 29 KI-Lösungen identifiziert, die einen möglichen Beitrag zu Klimaneutralität und Klimawandelanpassung in Städten leisten können. Die Anwendungen wurden anschließend, wie im Methodikteil beschrieben, entlang ihres Beitrags zu Klima- und Klimawandelanpassungszielen, ihrer Machbarkeit sowie ihrer möglichen Folgewirkungen analysiert und interpretiert.

Für jedes Anwendungsfeld wird zusammengefasst, **welche Aufgaben KI dort übernehmen kann, wo relevante Beiträge zu Klimaschutz und Klimawandelanpassung erkennbar sind**, wie die **Machbarkeit einzuschätzen ist** und welche **möglichen Folgewirkungen** sich ergeben. Die Abschnitte verstehen sich als verdichtete Ergebnisdarstellung und zeigen

insbesondere Anwendungsfälle auf, in denen der Einsatz von KI ein besonders hohes Potenzial zur Vermeidung von . Eine detailliertere Beschreibung der untersuchten Use Cases (Fact-Sheets), einschließlich der Folgenabschätzung, findet sich im Anhang.

### **5.4.1 Mobilität, Verkehr und Logistik**

Mobilität ist in Städten zugleich Infrastrukturfrage, Klimafrage und Frage der Lebensqualität. Verkehrs- und Logistiksysteme bestimmen, wie viel Energie verbraucht wird, wie öffentlicher Raum genutzt wird und wie gut unterschiedliche Stadtteile erreichbar sind. Städte stehen vor der Aufgabe, bestehende Verkehrsinfrastrukturen effizienter zu nutzen, öffentliche Mobilität zu stärken, Lieferverkehre zu reduzieren und neue Mobilitätsangebote in das Gesamtsystem einzubinden. Vor diesem Hintergrund setzen KI-Anwendungen im Mobilitätsbereich vor allem dort an, wo Verkehrs- und Bewegungsdaten genutzt werden können, um bestehende Infrastrukturen besser auszulasten und Angebote stärker an die tatsächliche Nachfrage anzupassen. Typische Einsatzbereiche sind Verkehrsflussprognosen, adaptive Ampelsteuerung, Routenoptimierung, Auslastungsanalysen im öffentlichen Verkehr, On-Demand-Angebote, Parkraummanagement sowie die Optimierung urbaner Lieferverkehre. KI-Anwendungen kommen in intelligenten Verkehrssystemen vor allem dort zum Einsatz, wo Verkehrsdaten in Echtzeit ausgewertet und für operative Steuerungsentscheidungen genutzt werden (Saki et al. 2025). Dazu gehören Echtzeit-Monitoring, Verkehrsflussoptimierung, Stauprognosen, adaptive Ampelsteuerung und die Koordination vernetzter Verkehrsinfrastrukturen.

Ethisch relevant sind vor allem Fragen der Priorisierung zwischen unterschiedlichen Verkehrsteilnehmenden und Stadtgebieten. Werden Systeme primär auf Effizienz oder Auslastung optimiert, können Randlagen, weniger frequentierte Linien oder nachfrageschwache Zeiten benachteiligt werden. Rechtlich ergeben sich Prüfbedarfe insbesondere bei sicherheitsrelevanter Verkehrssteuerung, autonomen Systemen sowie kamera- oder sensorbasierten Anwendungen im öffentlichen Raum. Hier werden u.a. Fragen zu Datenschutz, Cybersicherheit und potenziell auch Hochrisiko-Anforderungen nach dem EU AI Act relevant.

Für die Bevölkerung entsteht der größte Nutzen dort, wo KI dazu beiträgt, dass der öffentliche Verkehr zuverlässiger, bedarfsgerechter und auch in weniger erschlossenen Stadtgebieten verfügbar wird. Gleichzeitig können aber auch Kameras, Sensoren und autonome Systeme im öffentlichen Raum von Teilen der Bevölkerung als Einschränkung von

Privatheit oder Kontrolle wahrgenommen werden, was die Akzeptanz neuer Angebote beeinträchtigen kann. Umweltseitig werden positive Effekte vor allem dort erwartet, wo KI zu weniger Fahrleistung, besserer Auslastung von Fahrzeugen, reduzierten Leerfahrten oder einer Verlagerung auf klimafreundlichere Mobilitätsformen beiträgt. Ökonomisch ist das Feld durch hohe Anfangsinvestitionen geprägt, insbesondere bei Sensorik, Infrastruktur, Systemintegration und autonomen Anwendungen. Für Städte, die erste Erfahrungen mit KI im Mobilitätsbereich sammeln wollen, bieten KI-Anwendungen wie die automatisierte Fahrgastzählung oder die datengestützte Routenplanung einen realistischen Ausgangspunkt, weil sie auf vorhandener Infrastruktur aufbauen können und keine umfassenden Systemumbauten erfordern.

Die betrachteten Use-Cases im Bereich Mobilität, Logistik und Verkehr leisten insbesondere dort einen Beitrag zur Klimaneutralität und Klimawandelanpassung, wo bestehende Verkehrssysteme datenbasiert effizienter organisiert und Ressourcen gezielter eingesetzt werden können. Durch die Optimierung von Verkehrsflüssen, die Vermeidung von Staus und Leerfahrten sowie die bessere Abstimmung unterschiedlicher Mobilitätsangebote können Energieverbrauch und verkehrsbedingte Emissionen reduziert werden. Gleichzeitig ermöglichen KI-gestützte Systeme eine flexiblere und resilientere Organisation urbaner Mobilität, etwa durch die dynamische Anpassung an veränderte Verkehrsaufkommen, Extremwetterereignisse oder temporäre Infrastrukturausfälle.

Besonders relevant für Städte ist dabei die Möglichkeit, Mobilitätsangebote stärker bedarfsorientiert zu gestalten und multimodale Verkehrsformen besser miteinander zu verknüpfen. KI kann dazu beitragen, öffentliche Verkehrsangebote attraktiver zu machen, Sharing- und On-Demand-Systeme effizienter einzubinden und aktive Mobilitätsformen wie Fuß- und Radverkehr besser in die Verkehrsplanung zu integrieren. Dadurch entstehen Potenziale zur langfristigen Reduktion des motorisierten Individualverkehrs sowie zur effizienteren Nutzung bestehender Infrastrukturen, ohne dass unmittelbar umfassende bauliche Erweiterungen erforderlich werden.

Im Kontext der Klimawandelanpassung gewinnen insbesondere Anwendungen an Bedeutung, die eine höhere Reaktionsfähigkeit und Robustheit urbaner Verkehrssysteme ermöglichen. Dazu zählen etwa KI-gestützte Prognosen bei wetterbedingten Verkehrsbeeinträchtigungen, die frühzeitige Erkennung kritischer Belastungssituationen oder die adaptive Steuerung von Verkehrsströmen bei Hitzeereignissen, Starkregen oder anderen Extremereignissen. KI-Anwendungen können damit einen Beitrag leisten, die

Funktionsfähigkeit urbaner Mobilitäts- und Versorgungssysteme auch unter veränderten klimatischen Bedingungen aufrechtzuerhalten.

## 5.4.2 Strom- und Wärmenetze

Mit dem Ausbau erneuerbarer Energien, der zunehmenden Elektrifizierung von Wärme und Mobilität sowie der stärkeren Einbindung dezentraler Energiezeuger verändern sich die Anforderungen an Planung und Betrieb dieser Netze. Strom wird zunehmend aus Quellen wie Photovoltaik und Wind bereitgestellt, während Verbraucher:innen durch Wärmepumpen, Ladeinfrastruktur und Speicher zusätzliche Lastspitzen erzeugen (Damianakis, 2025). Deshalb setzen KI-Anwendungen in diesem Feld vor allem bei Prognose, Überwachung und Betriebsoptimierung an. Sie sollen helfen, Verbrauch und Erzeugung besser vorherzusagen, Netz- und Anlagenzustände laufend zu beobachten sowie kritische Situationen frühzeitig zu erkennen.

Sobald KI-Systeme im Bereich Strom- und Wärmenetze auf Verbrauchsdaten unterhalb der Aggregationsebene zugreifen, entstehen als Nebeneffekt der Optimierung Einblicke in Alltagsrhythmen und Anwesenheitsmuster von Haushalten, die über den eigentlichen Systemzweck hinausreichen. Während technische Netzdaten wie Netzlasten, Erzeugungsmengen oder Anlagenzustände meist unproblematisch sind, werden hochaufgelöste Verbrauchsdaten auf Haushaltsebene als sensibel eingestuft, da sie Rückschlüsse auf Anwesenheit, Tagesabläufe oder Wohnsituationen ermöglichen können. Für alle Prognose- und Steuerungssysteme gilt außerdem, dass Modellaussagen mit inhärenten Unsicherheiten behaftet sein können. Das Betriebspersonal muss sich dessen bewusst sein und in der Lage sein, Modellergebnisse kritisch einzuordnen. Die Verantwortung für sicherheitsrelevante Netzentscheidungen sollte in letzter Instanz immer beim Menschen liegen.

Digitale Zwillinge für den Netzbetrieb sind dauerhaft aktive Systeme, deren Erstellung und Betrieb je nach Netzgröße und Infrastrukturzustand erhebliche Investitionen erfordert. Die Hauptkosten entstehen bei der Datenzusammenführung aus heterogenen Quellen, der Modellentwicklung und -validierung, der Integration in bestehende Betriebssysteme sowie der laufenden Kalibrierung und Aktualisierung. Um zu gewährleisten, dass der digitale Zwilling die komplexen Zusammenhänge gut wiedergibt, werden qualitativ hochwertige, historische Zeitreihendaten des zu modellierenden Systems, sowie Wetter- oder gegebenenfalls Klimadaten, benötigt. Außerdem sollte vor dessen Einbindung in das aktive

Systeme eine ausreichend lange Testphase zur Validierung eingeplant werden. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht in den untersuchten Use Cases vor allem durch eine effizientere Einsatzplanung von Wartungskapazitäten und potenziell geringere Netzausbaukosten durch bessere Laststeuerung. Die Amortisation erfolgt im laufenden Betrieb durch kontinuierliche Energie- und Betriebskosteneinsparungen.

Die betrachteten Use Cases im Bereich Strom- und Wärmenetze leisten insbesondere dort einen Beitrag zur Klimaneutralität, wo volatile erneuerbare Energiequellen, flexible Verbrauchsstrukturen und dezentrale Energiesysteme besser aufeinander abgestimmt werden können. KI-gestützte Prognose- und Steuerungssysteme ermöglichen es, Einspeisung und Verbrauch präziser vorherzusagen, Lastspitzen frühzeitig zu erkennen und Netzkapazitäten effizienter auszunutzen. Dadurch können erneuerbare Energien besser integriert, fossile Reservekapazitäten reduziert und bestehende Netzinfrastrukturen länger bzw. effizienter genutzt werden, ohne unmittelbar umfangreiche Netzausbauten vornehmen zu müssen.

Besonders relevant ist dies im Zusammenspiel mit Wärmepumpen, Ladeinfrastruktur, Energiespeichern und lokalen Energiegemeinschaften, deren flexible Steuerung zunehmend an Bedeutung gewinnt. KI kann dabei helfen, Energieflüsse dynamisch zu koordinieren und den Verbrauch zeitlich stärker an die Verfügbarkeit erneuerbarer Energie anzupassen. Dies trägt dazu bei, Energieverluste zu reduzieren, Netzstabilität sicherzustellen und den Betrieb komplexer urbaner Energiesysteme effizienter zu gestalten.

Im Kontext der Klimawandelanpassung gewinnen insbesondere jene Anwendungen an Bedeutung, die zur Resilienz kritischer Energieinfrastrukturen beitragen. Extremwetterereignisse, Hitzeperioden oder steigende Lasten durch Kühlbedarf können Strom- und Wärmenetze zunehmend belasten. KI-Anwendungen ermöglichen hier eine frühzeitige Erkennung kritischer Netzsituationen, die laufende Überwachung von Anlagenzuständen sowie eine adaptive Steuerung bei Störungen oder Überlastungen. Dadurch können Ausfallrisiken reduziert, Wartungsmaßnahmen gezielter geplant und die Versorgungssicherheit auch unter veränderten klimatischen Bedingungen verbessert werden.

### 5.4.3 Energieeffiziente Gebäude und Sanierung

Der Gebäudesektor ist ein zentraler Ansatzpunkt für städtische Klimaneutralität. Gebäude verursachen in der EU rund 40% des Energieverbrauchs und 36% der energiebezogenen Treibhausgasemissionen (EC, 2024). Ein großer Teil davon entfällt auf Heizung, Kühlung, Warmwasser und den laufenden Gebäudebetrieb. Damit entstehen wesentliche Einsparpotenziale nicht durch Sanierung und effiziente Gebäudestandards, sondern durch eine bessere Steuerung technischer Anlagen im Betrieb (WEF, 2024).

KI-Anwendungen setzen in diesem Feld in den identifizierten Use-Cases vor allem bei der laufenden Optimierung des Gebäudebetriebs an. Digitale Zwillinge, Predictive Control und KI-gestütztes Energiemanagement können Heizungs-, Lüftungs- und Kühlsysteme an tatsächliche Nutzung, Wetterbedingungen, Energiepreise oder PV-Erzeugung anpassen. Dadurch können Energieverbräuche gesenkt, Lastspitzen reduziert und erneuerbare Energien besser auf Gebäudeebene genutzt werden. Auch in der Forschung werden insbesondere Model Predictive Control und digitale Zwillinge als Ansätze diskutiert, um Energieverbrauch, Betriebskosten und Komfortanforderungen im Gebäudebetrieb besser auszubalancieren (Yao et al, 2021).

Dabei entstehen ethisch relevante Fragen vor allem daraus, dass KI-gestützte Gebäudemanagementsysteme auch das Nutzungsverhalten erfassen können. Aus Belegungs-, Verbrauchs- und Komfortdaten, die von Sensoren erhoben werden, lassen sich Rückschlüsse auf Anwesenheitszeiten, Verhaltensroutinen und individuelle Nutzungspräferenzen ziehen. Gleichzeitig braucht es manuelle Übersteuerungsmöglichkeiten, damit in letzter Instanz das Betriebspersonal die Möglichkeit hat, auf die Regelung Einfluß zu nehmen.

KI-gestütztes Gebäudeenergiemanagement in öffentlichen Gebäuden kann die Betriebskosten senken. Im Unterschied zu einmaligen Planungswerkzeugen entsteht der wirtschaftliche Nutzen bei lernenden Gebäudemanagementsystemen durch langfristige Energie- und Betriebskosteneinsparungen. Die Investitionskosten umfassen meist Sensorhardware, IoT-Infrastruktur, Systemintegration sowie laufende Modellpflege. Modulare, nachrüstbare Sensorarchitekturen ermöglichen dabei die schrittweise Integration auch in heterogene und ältere Gebäudebestände ohne vollständige Sanierung.

Wirtschaftlich gesehen entsteht der Nutzen vor allem durch laufende Energie- und Betriebskosteneinsparungen. Gleichzeitig erfordern dauerhaft aktive digitale

Betriebswillige Investitionen in Sensorik, Datenintegration, Modellvalidierung und laufende Wartung. Ergänzend können digitale Energieberatungen auf Basis von Large-Language-Modellen (LLMs) oder RAG-Systemen Beratungsstellen entlasten und Bürger:innen niedrigschwellig über Themen wie beispielweise Sanierung, Photovoltaik oder erneuerbare Heizsysteme informieren. Ihre Wirkung hängt jedoch stark von der Aktualität und Qualität der Wissensbasis ab, da fehlerhafte oder veraltete Auskünfte zu falschen Investitionsentscheidungen führen können.

Die betrachteten Use-Cases im Bereich energieeffizienter Gebäude leisten insbesondere dort einen Beitrag zur Klimaneutralität, wo Energieverbräuche im laufenden Betrieb reduziert und erneuerbare Energien effizienter integriert werden können. KI-gestützte Steuerungs- und Prognosesysteme ermöglichen eine bedarfsgerechte Regelung von Heizung, Kühlung, Lüftung und Energiespeichern und tragen dazu bei, Energieverluste sowie unnötige Lastspitzen zu vermeiden. Dadurch können sowohl der Gesamtenergieverbrauch als auch die damit verbundenen Treibhausgasemissionen gesenkt werden. Besonders in Kombination mit Photovoltaik, Wärmepumpen und intelligenten Stromtarifen entstehen Potenziale, Gebäude stärker als flexible Elemente zukünftiger Energiesysteme zu nutzen.

Darüber hinaus können KI-Anwendungen dazu beitragen, bestehende Gebäudebestände effizienter zu betreiben, ohne dass unmittelbar umfassende bauliche Sanierungen erforderlich sind. Dies ist insbesondere für Städte relevant, deren öffentlicher und privater Gebäudebestand heterogen, älter und energetisch unterschiedlich ausgestattet ist. Durch die laufende Analyse von Betriebsdaten können ineffiziente Anlagenzustände erkannt, Wartungsbedarfe frühzeitig identifiziert und technische Systeme kontinuierlich optimiert werden.

Im Kontext der Klimawandelanpassung gewinnen vor allem Anwendungen an Bedeutung, die Gebäude resilienter gegenüber steigenden Temperaturen und häufigeren Extremwetterereignissen machen. KI-gestützte Gebäudesteuerungen können beispielsweise auf Hitzeperioden reagieren, Kühlstrategien dynamisch anpassen oder Verschattungssysteme automatisiert steuern, um thermischen Komfort sicherzustellen und gleichzeitig Energieverbrauch zu begrenzen. Gleichzeitig können digitale Zwillinge und Prognosemodelle genutzt werden, um Auswirkungen veränderter klimatischer Bedingungen auf den Gebäudebetrieb frühzeitig zu simulieren und Anpassungsmaßnahmen besser zu planen. Damit leisten KI-Anwendungen einen Beitrag dazu, Gebäude sowohl energieeffizienter als auch widerstandsfähiger gegenüber den Folgen des Klimawandels zu machen.

#### 5.4.4 Energieeffiziente Rechenzentren

Mit der zunehmenden Digitalisierung städtischer Prozesse und dem Wachstum cloudbasierter Anwendungen wächst auch der Energiebedarf von Rechenzentren. Rechenzentren zählen heute zu den stark wachsenden Stromverbrauchern. Während ihr Anteil am globalen Stromverbrauch derzeit noch begrenzt ist, können sie lokal erhebliche Auswirkungen auf Strombedarf, Netzinfrastruktur und städtische Klimabilanzen haben (Liu, 2025). Daher muss der Energiebedarf von KI-Anwendungen und der dafür notwendigen digitalen Infrastruktur bereits bei der Bewertung ihres Beitrags zu Klimaneutralität berücksichtigt werden. Gleichzeitig erzeugen sie Abwärme, die bislang in den meisten Fällen ungenutzt bleibt. KI-Anwendungen setzen in diesem Feld vor allem bei der Optimierung des Rechenzentrumsbetriebs, der Lastverschiebung und der Erschließung von Abwärmepotenzialen an. Reinforcement-Learning-basierte Systeme können nicht-kritische Rechenlasten in Zeiten verschieben, in denen ein höherer Anteil erneuerbarer Energien im Stromnetz verfügbar ist. Gleichzeitig können gleichmäßigere Lastprofile den Kühlbedarf reduzieren, der einen wesentlichen Teil des Energieverbrauchs von Rechenzentren ausmacht. Ergänzend können KI-gestützte Thermalkartierungen dazu beitragen, bislang ungenutzte Abwärmepotenziale zu erfassen und für die kommunale Wärmeplanung nutzbar zu machen.

RL-basierte Lastoptimierungssysteme, wie sie in den Use-Cases verwendet werden, treffen in der Regel keine sicherheitskritischen Entscheidungen und verarbeiten keine personenbezogenen Daten, weshalb eine Hochrisiko-Einstufung nach dem EU AI Act in den meisten Konfigurationen nicht zu erwarten ist.

Flächendeckende, KI-gestützte Thermalkartierungen von Stadtgebieten können eine Datenbasis für die kommunale Wärmeplanung schaffen, die automatisch aktualisiert werden kann, anstatt mit hohem manuellem Aufwand. Die Umsetzung dieser Potenziale erfordert allerdings neue Kooperationsformen zwischen Stadtentwicklung, Energieversorgern und Rechenzentrumsbetreibern.

Durch die Verschiebung nicht-kritischer Rechenlasten in Zeiten mit hohem Anteil erneuerbarer Energien im Netz kann der CO<sub>2</sub>-Fußabdruck pro Recheneinheit gesenkt werden. Gleichmäßigere Lastprofile reduzieren die Spitzenlast und damit den Energiebedarf für die Kühlung der Rechenzentren, die erfahrungsgemäß einen großen Teil des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht. Der Energieverbrauch der eingesetzten KI-Systeme ist moderat und konzentriert sich auf die Trainingsphase der Modelle.

Die Wirtschaftlichkeit des KI-Einsatzes in diesem Feld ergibt sich vor allem aus der Senkung von Energiekosten und der Verringerung des Kühlaufwands sowie aus der besseren

Planbarkeit von Abwärmepotenzialen. Zu berücksichtigen sind Lizenz- und Plattformkosten sowie eine mögliche Abhängigkeit von externen Datenquellen. Die Umsetzung setzt voraus, dass Rechenzentrumsbetreiber, städtische Energieversorger und Netzbetreiber bereit sind, die notwendigen Kooperationsstrukturen und Datenzugänge zu schaffen.

Die im Rahmen von cityclimAlte betrachteten Use-Cases im Bereich energieeffizienter Rechenzentren leisten insbesondere dort einen Beitrag zur Klimaneutralität, wo der steigende Energiebedarf digitaler Infrastrukturen effizienter gesteuert und stärker mit erneuerbaren Energiesystemen gekoppelt werden kann. KI-gestützte Lastoptimierung ermöglicht es, energieintensive Rechenprozesse zeitlich flexibel an die Verfügbarkeit erneuerbarer Energien anzupassen und dadurch den CO<sub>2</sub>-Ausstoß des Rechenzentrumsbetriebs zu reduzieren. Gleichzeitig können optimierte Kühlstrategien, adaptive Betriebsführung und eine gleichmäßigere Auslastung dazu beitragen, den Gesamtenergieverbrauch von Rechenzentren deutlich zu senken.

Ein weiterer relevanter Beitrag liegt in der besseren Nutzung von Abwärme. Rechenzentren erzeugen kontinuierlich große Mengen thermischer Energie, die bislang häufig ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. KI-gestützte Thermalkartierungen und Analysewerkzeuge können dabei helfen, geeignete Nutzungspotenziale systematisch zu identifizieren und Rechenzentren stärker in kommunale Wärme- und Energiesysteme einzubinden. Insbesondere im Zusammenspiel mit Fernwärmenetzen oder lokalen Wärmenutzungsstrategien entstehen dadurch Potenziale zur Substitution fossiler Wärmequellen und zur effizienteren Nutzung urbaner Energieflüsse.

Im Kontext der Klimawandelanpassung gewinnt zudem die Resilienz digitaler Infrastrukturen an Bedeutung. Rechenzentren zählen zu den kritischen Infrastrukturen moderner Städte und sind gleichzeitig selbst anfällig gegenüber hohen Temperaturen, Extremwetterereignissen oder Belastungen der Stromversorgung. KI-Anwendungen können dazu beitragen, thermische Belastungen frühzeitig zu erkennen, Kühlprozesse dynamisch anzupassen und kritische Betriebszustände vorausschauend zu steuern. Dadurch kann die Betriebssicherheit erhöht und die Widerstandsfähigkeit digitaler Infrastrukturen unter veränderten klimatischen Bedingungen verbessert werden.

Gleichzeitig verdeutlichen die analysierten Use-Cases, dass KI-Anwendungen selbst Teil der städtischen Energie- und Klimabilanz sind. Die Bewertung des Beitrags von KI zu Klimaneutralität muss daher nicht nur mögliche Effizienzgewinne berücksichtigen, sondern auch den zusätzlichen Energie- und Ressourcenbedarf durch die Entwicklung und Nutzung von KI-Lösungen auf der zugrunde liegenden digitalen Infrastruktur. Effizienzsteigerungen im Betrieb von Rechenzentren werden damit zu einer wesentlichen Voraussetzung dafür,

dass digitale Transformationsprozesse langfristig mit den Zielen klimaneutraler Städte vereinbar bleiben.

#### **5.4.5 Städtisches Klima und Klimawandelanpassung**

Mit zunehmenden Hitzeperioden, Starkregenereignissen und veränderten klimatischen Bedingungen stehen Städte vor der Aufgabe, ihre räumliche Entwicklung anpassungsfähiger zu gestalten. Städtische Räume sind dabei nicht nur von Klimafolgen betroffen, sondern können diese durch dichte Bebauung, versiegelte Flächen, geringe Durchlüftung und fehlende Vegetation zusätzlich verstärken. Besonders deutlich wird dies beim urbanen Hitzeinseleffekt, der Hitzeperioden in Städten verschärft und vor allem nächtliche Temperaturen erhöht (Bügelmayer et al., 2025). Für klimaangepasste Stadtentwicklung werden daher kleinräumige Informationen benötigt, die zeigen, wo Hitze, Versiegelung, fehlende Begrünung, Starkregenrisiken oder ungünstige Durchlüftung räumlich zusammenfallen (European Environment Agency, 2024).

KI-Anwendungen kommen in diesem Anwendungsfeld vor allem als Werkzeuge für Planung, Simulation und Analyse zum Einsatz und helfen, klimatische Wirkungen im Stadtraum frühzeitig sichtbar zu machen. KI-gestützte Analyse- und Simulationswerkzeuge setzen genau hier an. Sie können Mikroklima, Windkomfort, Verschattung, Versiegelungsgrad, Grünflächenentwicklung oder Emissionsmuster räumlich hochaufgelöst erfassen und unterschiedliche Planungsvarianten vergleichbar machen. Hitzeinseln, Emissionshotspots oder fehlende Begrünung können gezielter identifiziert werden, wodurch Maßnahmen wie Entsiegelung, Beschattung, Begrünung oder klimaadaptive Bodenbeläge früher in Planungsprozesse einfließen. GeoAI-gestützte Veränderungserkennung kann zudem Entwicklungen über längere Zeiträume beobachten, etwa bei Versiegelung, Grünflächen oder Infrastrukturzustand. Dazu weisen solche KI-Anwendungen meist niedrigere Einstiegshürden auf und können auch über externe Dienstleister eingebunden werden.

Ethisch relevant ist dabei vor allem, welche Ziele in die KI-Modelle eingeschrieben werden. Simulationsplattformen bewerten Planungsvarianten entlang bestimmter Kriterien und gewichten damit Zielkonflikte, z.B. zwischen Verdichtung und Begrünung, Mikroklima und Kosten oder Energieeffizienz und Aufenthaltsqualität. Die Ergebnisse hängen daher von den gewählten Annahmen, Daten und Optimierungszielen ab.

Rechtlich sind viele Anwendungen eher als Entscheidungsunterstützung einzuordnen und daher meist nicht mit hohen Risikoklassen verbunden. Relevanter sind Transparenz, Dokumentation und der Umgang mit Daten. Bei cloudbasierten Plattformen stellt sich die Frage, wo Planungs- und Geodaten gespeichert und verarbeitet werden, insbesondere wenn Anbieter sich außerhalb der EU befinden. Es ist außerdem zu berücksichtigen, dass KI-Modelle ausschließlich auf messbaren, physikalischen Parametern operieren und soziale Komplexität, gelebte Alltagspraxis oder informelle Raumnutzungen meist nicht abbilden können. Planungsentscheidungen, die sich allein auf Modellausgaben stützen, laufen Gefahr, relevante qualitative Dimensionen zu vernachlässigen. KI-gestützte Planung sollte daher als Ergänzung partizipativer Prozesse verstanden werden, nicht als deren Ersatz.

Ökologische Potenziale entstehen vor allem durch bessere und frühere Planungsentscheidungen. Mikroklimasimulationen können zeigen, welche Begrünungs- oder Beschattungsmaßnahmen wirksam sind, bevor gebaut wird. Der zusätzliche Energieverbrauch cloudbasierter Analyseplattformen erscheint im Verhältnis zu den möglichen Verbesserungen in Klimaschutz- und Anpassungsplanung begrenzt.

Die im Rahmen von cityclimAlte betrachteten Use-Cases im Bereich städtisches Klima und Klimawandelanpassung leisten ihren größten Beitrag dort, wo klimatische Belastungen im urbanen Raum frühzeitig erkannt, räumlich präzise analysiert und in Planungsentscheidungen integriert werden können. KI-gestützte Analyse- und Simulationswerkzeuge ermöglichen es, komplexe Wechselwirkungen zwischen Bebauung, Versiegelung, Vegetation, Luftströmung und Temperaturentwicklung sichtbar zu machen und daraus gezielte Maßnahmen für klimaresiliente Stadtentwicklung abzuleiten. Dadurch können Städte besser abschätzen, welche räumlichen Interventionen langfristig zur Reduktion von Hitzeinseln, zur Verbesserung der Aufenthaltsqualität oder zur Verringerung klimabedingter Risiken beitragen.

Im Kontext der Klimawandelanpassung unterstützen KI-Anwendungen insbesondere die Planung und Priorisierung von Maßnahmen wie Entsiegelung, urbaner Begrünung, Regenwassermanagement oder Verschattungskonzepten. Durch hochaufgelöste räumliche Analysen können besonders belastete Stadtgebiete identifiziert und Anpassungsmaßnahmen gezielter dort umgesetzt werden, wo vulnerable Bevölkerungsgruppen, kritische Infrastrukturen oder starke klimatische Belastungen zusammentreffen. KI kann dabei helfen, unterschiedliche Planungsvarianten vergleichbar zu machen und die potenziellen Wirkungen geplanter Maßnahmen bereits vor der Umsetzung abzuschätzen. Dies erhöht die Planungsqualität und reduziert das Risiko kostenintensiver Fehlentscheidungen.

Auch für die Klimaneutralität ergeben sich indirekte Potenziale. Klimaadaptive Stadtstrukturen können den Energiebedarf für Kühlung reduzieren, die Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum erhöhen und klimafreundliche Mobilitätsformen wie Fuß- und Radverkehr attraktiver machen. Begrünung und verbesserte Durchlüftung können zusätzlich zur Minderung städtischer Wärmebelastung beitragen und dadurch den Energieverbrauch im Gebäudebereich senken. Gleichzeitig unterstützen datenbasierte Planungsgrundlagen eine langfristig integrierte Stadtentwicklung, in der Klimaschutz, Anpassung, Infrastrukturplanung und Lebensqualität stärker zusammengedacht werden können.

## 5.5 Das KI-Empfehlungstool für Städte als Entscheidungshilfe

Im Rahmen des Projektes wurde ein webbasiertes Empfehlungstool entwickelt, das Städte und Gemeinden bei der Orientierung im schnell wachsenden Feld urbaner KI-Anwendungen unterstützt. Ziel dieses Instrumentes ist es, Entscheidungsträger:innen eine strukturierte und praxisnahe Möglichkeit bereitzustellen, geeignete KI-Technologien und deren Anwendungen im Kontext von Klimaneutralität und Klimawandelanpassung rasch für die eigene Arbeit zu identifizieren und hinsichtlich ihrer Potenziale, Anforderungen und Rahmenbedingungen einschätzbar zu machen. Das Empfehlungstool wurde mittels der systematischen Methodik eines „Technologieradars“ entwickelt und steht Nutzer:innen kostenfrei unter folgendem Link zur Verfügung:

<https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar>

### 5.5.1 Nutzen des KI-Technologieradars für klimafreundliche Städte

In diesem Projekt wurde das Instrument des Technologieradars zur Beobachtung, Bewertung und Entscheidung über die zukünftige Entwicklung von KI-Technologien verwendet. Ein Technologie-Radar ist eine Methode aus dem Bereich der Technology Foresight und wird in Organisationen eingesetzt, um Technologien, technologische Trends und technologische Umbrüche, die das Potenzial haben, Produkte oder ganze Dienstleistungslandschaften zu verändern, frühzeitig zu identifizieren. Es dient dazu, das Bewusstsein für die mit einer neuen technologischen Entwicklung verbundenen Risiken und Chancen zu schärfen, fehlgeleitete Investitionen zu vermeiden und die damit verbundenen Anforderungen an neue oder andere Kompetenzen und Fähigkeiten im Falle einer organisatorischen Umsetzung über die Pilotprojektphase hinaus zu bewerten (z. B. interne Schulungen und/oder externe Unterstützung) (vgl. Rohrbeck et al., 2006).

Der im Projekt cityclimAlte entwickelte KI-Technologieradar ermöglicht es den Verantwortlichen in klimafreundlichen Städten und Gemeinden, den neuen Trend der verschiedenen, künstlichen Technologien rechtzeitig zu erkennen, den strategischen und innovativen Nutzen in ihrem spezifischen Tätigkeitsfeld des Klimawandels systematisch zu bewerten (z.B. Hervorbringen neuer klimafreundlichen Dienste für die Bürgerinnen und Bürger; Umsetzung effizienter Energieprozesse), für eventuelle Risiken zu sensibilisieren und über den praktischen Einsatz von KI als techno-soziale Innovation in einer Organisation wissenschaftlich fundiert zu entscheiden.

## 5.5.2 Entwicklung und Systematik des KI-Technologieradars

Der KI-Technologieradar wurde in einem mehrphasigen Prozess gemeinsam mit verschiedenen Stakeholdern über den Zeitraum 2025/2026 konzipiert, entwickelt und als Webanwendung umgesetzt:

*Schritt 1: Identifizierung, Auswahl und Bewertung verschiedener KI-Technologien durch die CityclimAlte KI-Expert:innen:*

Die Informationen zu den Anwendungsfällen basieren auf den erarbeiteten Anwendungsfällen, der Bewertungsmatrix und der durchgeführten Potenzial- und Folgenabschätzungen, die in Kapitel 4.1., 4.2 ausführlich beschrieben sind. Zusätzlich zu der Beschreibung bzw. Bewertung der KI-Technologien an sich, wurde hierbei auch der Einsatz und die organisatorische Erfahrung in dem jeweiligen Anwendungsfeld und rechtliche Rahmenbedingungen erhoben.

Die Anwendungsfälle wurden von den KI-Expert:innen für den Radar hinsichtlich ihres Komplexitätsgrades (v.a. technischer und organisatorischer Aufwand zur Umsetzung eines Use Cases). Berücksichtigt werden dabei die Datenverfügbarkeit und -integration, der Modellierungsaufwand, die Systemintegration sowie die Einbindung in bestehende Prozesse und Zuständigkeiten. Hohe Komplexität ergibt sich typischerweise durch sehr heterogene Datenquellen, anspruchsvolle KI-Methoden oder umfangreiche Abstimmungsprozesse. Der Komplexitätsgrad wurde mit folgenden Icons visualisiert:

▲ Hoch; ■ Mittel; ● Niedrig.

*Schritt 2: Grafische Visualisierung der Segmente des Technologieradars:*

Die Segmente des KI-Technologieradars orientieren sich an den Phasen des klassischen Innovationsadoptionszyklus und werden in Form eines „Radarbilds“ mit drei konzentrischen Kreisen dargestellt: Technologieadoption (Markt): Technologien, die bereits marktreif sind und produktiv eingesetzt werden. Der Fokus liegt auf breiter Nutzung, Skalierung und wirtschaftlichem Mehrwert. Testung: Technologien, deren technische Funktionen bereits in konkreten Anwendungsfällen erprobt werden. Ziel ist die Bewertung von Praxistauglichkeit, Nutzen und Integration. F&E (Forschung & Entwicklung): Technologien in einem frühen Entwicklungsstadium, bei denen zunächst die prinzipielle Funktionsfähigkeit erforscht und weiterentwickelt wird. Das Radar

visualisiert damit den Reifegrad und die Marktnähe von KI-Technologien – von der Grundlagenforschung bis zur etablierten Anwendung.

*Schritt 3: Verortung der Best-Practice Fälle im Radar je nach Reifegrad:*

Die Anwendungsfälle wurden vom Zentrum innerer Kreis: Markt, TRL 9) über das Segment „Erprobung“ (TRL 5–8) bis zum äußeren Bereich (Forschung, TRL 1–4) angeordnet.

*Schritt 4: Einbezug von interessierten Endnutzer:innen aus Fachabteilungen und Klima-Projektgruppen von Städten und Gemeinde für Feedback (Design, Begrifflichkeiten).*

*Schritt 5: Aktive Weitergabe der gewonnenen Informationen an die Interessengruppen und Projektstakeholder im Stakeholder Workshop April 2026 (siehe Kapitel 4.5).*

### **5.5.3 Hinweise zur Anwendung des KI-Empfehlungstools**

Die KI entwickelt sich schnell und hilft dabei, Städte und Gemeinden klimafreundlicher zu machen – neue Technologien, Tools und Trends entstehen beinahe täglich. Das Empfehlungstool bietet Informationen zu technischen, organisatorischen, rechtlichen, ökologischen und gesellschaftlichen Aspekten. Ziel ist es, durch die im Tool visualisierten Kriterien Städte und Gemeinden nicht nur bei der Auswahl geeigneter Technologien zu unterstützen, sondern auch ein besseres Verständnis für deren mögliche Auswirkungen, Voraussetzungen und Grenzen zu schaffen. Dadurch soll eine fundierte und wirkungsorientierte Entscheidungsgrundlage für den zukünftigen Einsatz von KI im urbanen Kontext bereitgestellt werden.

Er identifiziert:

- relevante Entwicklungen in den Anwendungsfeldern – Mobilität, Energie, Klimaneutralität und Klimawandelanpassung, Energieeffiziente Gebäude und Rechenzentren,
- bewertet deren technologischen Reifegrad (TRL), und zeigt auf,
- welche Innovationen für Ihre Stadt, Gemeinde und Unternehmen echten Mehrwert schaffen können.

Mit diesem Technologieradar behalten Leser:innen der Studie einen raschen Überblick über den Fortschritt der KI-Landschaft, erkennen frühzeitig Potenziale und treffen fundierte Entscheidungen für Ihre strategische Weiterentwicklung.

Der cityclimAlte KI-Technologieradar soll als gemeinsame Grundlage für Diskussionen zwischen Verwaltung, Magistratsfachbereichen, Management von Klimaprojekten und Pionierstädten oder KEM-Regionen dienen und Entscheidungen über KI-Prioritäten erleichtern.

# KI-TECHNOLOGIERADAR

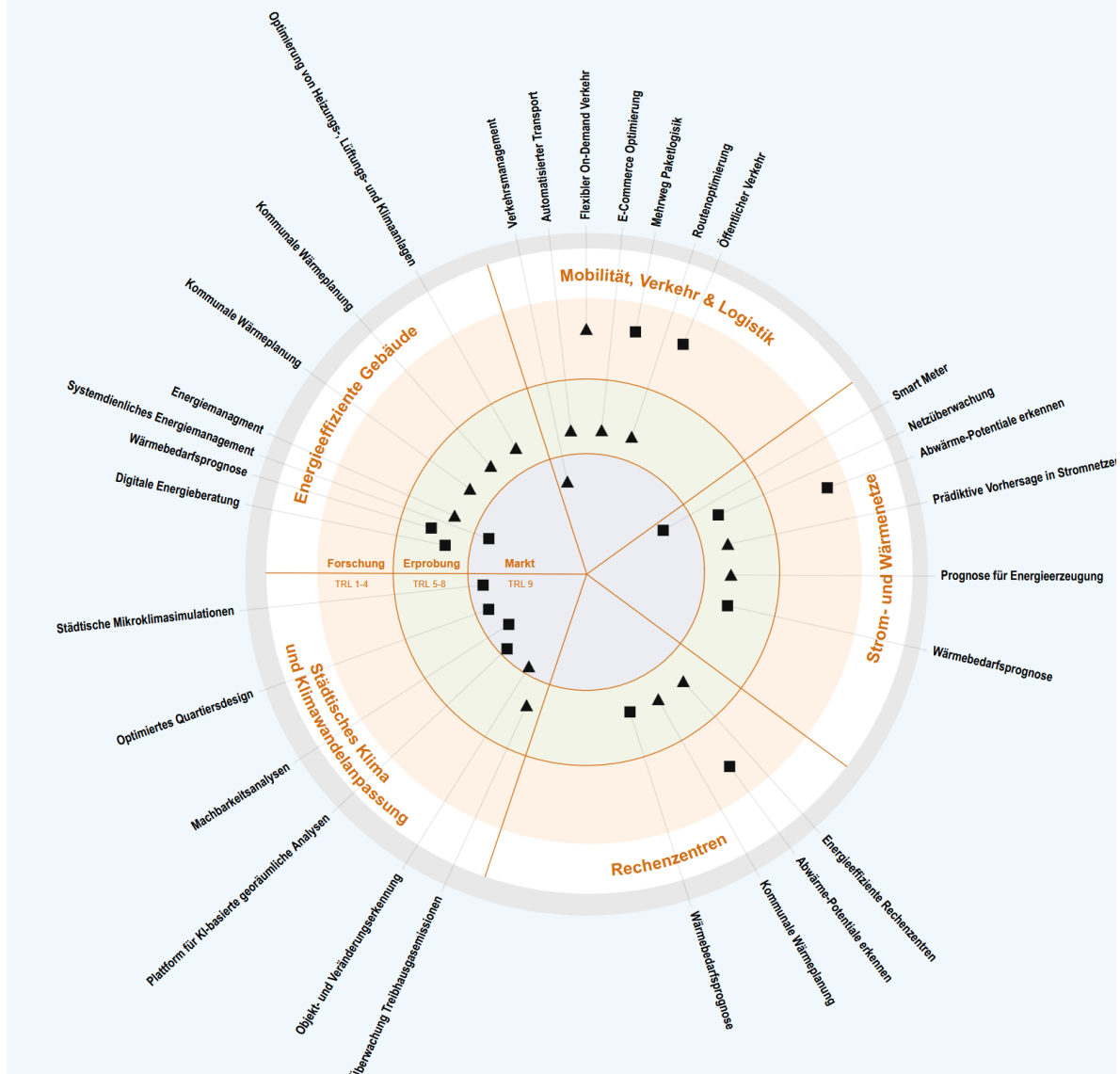


Abbildung 6: Methodik & Design des cityclimAlte KI-Technologieradar: © Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar>.

Neben der radarmäßigen Darstellung nach TRL gibt es die vollständigen Informationen zu jedem Anwendungsfall in einer übersichtlichen Listendarstellung und auch als „Factsheet“ zum Download (als PDF). Sortierbar sind die Anwendungsfälle auch nach „Machbarkeit“ und „Wirkung“.

#### KI-TECHNOLOGIERADAR IN LISTENFORM

Sie können die Informationen je nach Ihrem Interesse und zusätzlich nach ihrer „Wirkung“ auf CO2 Emissionen u.ä. und auf „organisatorische Umsetzbarkeit“ auswählen.

Sortieren nach

	Mobilität, Verkehr & Logistik	Strom- und Wärmenetze	Rechenzentren	Städtisches Klima und Klimawandelanpassung	Energieeffiziente Gebäude
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<u>Abwärme-Potentiale erkennen</u>		■	■		
<u>Automatisierter Transport</u>	▲				
<u>Digitale Energieberatung</u>					■
<u>E-Commerce Optimierung</u>	▲				
<u>Energieeffiziente Rechenzentren</u>			▲		
<u>Energiemanagment</u>					▲
<u>Flexibler On-Demand Verkehr</u>	▲				
<u>Kommunale Wärmeplanung (A)</u>			▲		▲

Abbildung 7: Methodik & Design des CITYCLIMAITE KI-Technologieradar in Listenform: © Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar>

Der cityclimAlte KI-Technologieradar soll durch die verständliche Verdichtung zu technologischem und organisatorischem Wissen und Transparenz beitragen, dass in Städten und Gemeinden vorausschauendes Handeln möglich wird. Damit dieses Tool, dass eine Kombination aus Best-Practice Informationen und Expert:innen-einschätzung auch in Zukunft aktuell bleibt, lädt das Feedbackformular „Teilen Sie uns Ihren Anwendungsfall mit“ zur Informationsweitergabe an das Studententeam ein.

## DIGITALE ENERGIEBERATUNG

### ENERGYCHAT

\*Energieberatungs ChatBots nutzen große Sprachmodelle in Kombination mit einem dokumentenbasierten Abrufsystem. Zentrale Idee ist, dass der ChatBot Antworten nicht autonom erfindet, sondern hauptsächlich aus geprüften Informationsquellen bezieht, die von Energieagenturen, Ministerien oder anderen öffentlichen Stellen bereitgestellt werden. Dazu gehören Leitfäden zu Heizungsumstellungen, Photovoltaik und Wärmepumpen, Informationsmaterialien zur Gebäudesanierung, Förderinformationen des Bundes und der Länder sowie häufig gestellte Fragen aus der Energieberatung.

Technologie-Reifegrad	TRL 6
Anwendungsfeld	Energieeffiziente Gebäude
Komplexität	●●○
Wirkung	●●○
Machbarkeit	●●●

Technisch werden diese Dokumente in einer durchsuchbaren Datenbank abgelegt. Bei einer Anfrage durchsucht das System diese Datenbank und stellt relevante Textpassagen dem Sprachmodell zur Verfügung, das daraus eine verständliche Antwort in natürlicher Sprache formuliert. Ein solcher Retrieval Augmented Ansatz wird in aktuellen Forschungsarbeiten zu Conversational Agents für Energieeffizienz eingesetzt, etwa im Projekt SPARA für Wohnbaugenossenschaften in Stockholm.

In der Praxis kann ein ChatBot zum Beispiel Fragen zu möglichen Heizungsalternativen für ein Einfamilienhaus beantworten, eine grobe Orientierung zu Fördermöglichkeiten geben oder auf weiterführende Beratungsangebote verweisen. Der Energieberatungs- Chatbot „JUNE“ in Niederösterreich zeigt, dass ein solches System als Ergänzung zur persönlichen Beratung eingesetzt werden kann. Dort wird explizit darauf hingewiesen, dass die Auskünfte der orientierenden Energieberatung dienen, keine individuelle Fach- oder Rechtsberatung ersetzen und dass Angaben zu Förderungen und gesetzlichen Vorgaben Änderungen unterliegen. Dieses Prinzip der klaren Rollenverteilung ist zentral, um die Technologie verantwortungsvoll einzusetzen.

Anwendung & Kontext    Technologie    Rechtlicher Rahmen    Implementierung & Lessons Learned    Anbieter & Kontakt    Downloads

**Praktischer Nutzen der KI-Technologie**  
 Vereinfachter Zugang zu Energieinformationen, Kosten und Förderungen Verbesserte Nutzbarkeit bestehender Energieberatungsportale Entlastung von Beratungsstellen durch Beantwortung wiederkehrender Standardfragen Unterstützung bei Entscheidungen zu erneuerbaren Heizsystemen, Photovoltaik, Elektromobilität und Sanierung

**Anwender**  
 Stadtverwaltung, Fachabteilung für Energieberatung oder digitaler Services, Energieberater

**Gebiet**  
 Österreich, EU

Abbildung 8: Methodik & Design des CityclimAlte KI-Technologieradar – Beispiel einer ausführlichen Beschreibung eines Anwendungsfalles. © Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar>

## 6 Schlussfolgerungen

Für Städte empfiehlt sich ein Einstieg über Anwendungen mit überschaubarem Risiko und Folgewirkungen. Besonders geeignet erscheinen analyse- und prognoseorientierte Anwendungen, wie Last- und Wärmebedarfsprognosen, Gebäudemanagementsysteme, Fahrgastzählung, Routenoptimierung, GeoAI-Analysen, Emissionsmonitoring oder Thermalkartierungen. Diese Anwendungen können oft auf vorhandenen Daten und Infrastrukturen aufbauen und erfordern keine unmittelbaren Eingriffe in sicherheitskritische Systeme.

Vorsichtiger zu behandeln sind, wie erwartet, Anwendungen, die autonom steuern, sicherheitsrelevante Infrastrukturen beeinflussen oder sensible Daten verarbeiten. Dazu zählen KI-gestützte Verkehrssteuerung, autonome Mobilität, steuernde Systeme in Strom- und Wärmenetzen sowie kamerabasierte Anwendungen im öffentlichen Raum.

Viele der untersuchten Anwendungen optimieren entlang vorab definierter Kriterien. Im Anwendungsfeld Mobilität kann dies bedeuten, dass bestimmte Verkehrsarten, Stadtteile oder Tageszeiten bevorzugt werden. In der Klimaanpassung können Planungsmodelle Zielkonflikte zwischen Verdichtung, Begrünung, Kosten und Aufenthaltsqualität unterschiedlich gewichten. In Gebäuden und Energienetzen geht es um Abwägungen zwischen Effizienz, Komfort, Versorgungssicherheit und Privatheit. Ethisch relevant ist die Frage, welche kommunalen Ziele in die Daten, Modelle und Optimierungslogiken eingeschrieben werden. Messbare Größen wie Energieverbrauch, Auslastung, Temperatur, Verkehrsfluss oder Versiegelung lassen sich gut modellieren. Schwieriger abzubilden sind Alltagserfahrungen sowie subjektives Wohl- und Sicherheitsempfinden der Bevölkerung. Die Aussagekraft KI-gestützter Analysen setzt daher in vielen städtischen Anwendungsfeldern die Integration fachlicher Einschätzung, lokalen Wissens und partizipativer Elemente voraus.

Die Ergebnisse aus der Stakeholder-Einbindung werden vom AIT genutzt, um zentrale Anforderungen städtischer Akteure in zukünftigen Forschungsprojekten frühzeitig mitzudenken. Dazu gehören insbesondere Bedarfe hinsichtlich Anwendbarkeit, Datenverfügbarkeit, organisatorischer Voraussetzungen, rechtlicher und ethischer Rahmenbedingungen sowie der praktischen Nutzbarkeit von KI-Anwendungen im kommunalen Kontext. Die im Projekt cityclimAlte gewonnenen Erkenntnisse helfen dabei,

zukünftige Forschungsfragen stärker an realen Bedingungen von Städten auszurichten und Anforderungen aus der Praxis bereits in der Konzeption neuer Projekte sowie methodischer Vorhaben zu berücksichtigen. Zusätzlich kann das AIT die hier entwickelte, methodische Vorgehensweise auch für andere Anwendungsfelder im Spannungsfeld von KI und Stakeholdereinbindung verwenden.

TechMeetsLegal wird die Projektergebnisse aus cityclimAlte verwerthen, indem der im Projekt entwickelte Methodenpool auf der eigenen Website veröffentlicht wird. Damit werden die erarbeiteten KI-Anwendungen öffentlich zugänglich gemacht und können von Interessierten wie Städte, Forschungseinrichtungen oder anderen Akteuren – nachgenutzt werden.

Das KI-Empfehlungstool auf der Website von Salzburg Research, wird weiters auf AIT internen Kanälen beworben und auf die Website gestellt und auch eine Information wird an den Städtebund und Klima und Pionierstädte gesendet. Darüber hinaus fand ein Abschlusspräsentation statt mit eingeladenen städtischen Interessenten.

Die Projektergebnisse wurden bereits im Rahmen einer Abschlusspräsentation mit eingeladenen städtischen Interessenten vorgestellt. Dadurch konnten zentrale Ergebnisse des Projekts, insbesondere die identifizierten KI-Anwendungsfelder, die Ergebnisse der Folgenabschätzung sowie das entwickelte KI-Empfehlungstool, direkt an potenzielle Nutzer:innen aus Städten und städtischen Organisationen rückgespielt werden.

Ein wesentliches Verwertungsergebnis ist das KI-Empfehlungstool, das über die Website von Salzburg Research zugänglich gemacht wird. Damit steht ein niederschwelliger Zugang zu den Projektergebnissen für Städte, Gemeinden und weitere interessierte Akteure zur Verfügung. Ergänzend dazu wird das Tool über AIT-interne Kommunikationskanäle beworben und auf der AIT-Website sichtbar gemacht.

Zur weiteren Verbreitung ist vorgesehen, Informationen zum KI-Empfehlungstool und zu den Projektergebnissen gezielt an relevante Multiplikator:innen zu übermitteln, insbesondere an den Städtebund sowie an Klima- und Pionierstädte. Damit werden jene Akteursgruppen adressiert, für die die Ergebnisse eine besondere praktische Relevanz haben.

# 7 Ausblick und Empfehlungen

Die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse zeigen, dass KI-Anwendungen für klimaneutrale Städte ein hohes Potenzial entfalten, gleichzeitig jedoch noch Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht, um diese Potenziale systematisch, skalierbar und verantwortungsvoll zu erschließen. Ein zentraler Ansatzpunkt für zukünftige F&E-Arbeiten liegt in der Vertiefung konkreter Anwendungsfälle im realen Umfeld. Die vorliegende Studie hat gezeigt, dass die Wirkungen, Risiken und Anforderungen von KI-Systemen stark vom jeweiligen Einsatzkontext abhängen.

Darüber hinaus besteht ein klarer Bedarf an Forschung zur Integration von KI in bestehende urbane Systeme. Viele der analysierten Lösungen entfalten ihren Nutzen erst im Zusammenspiel mehrerer Sektoren, etwa bei der Kopplung von Gebäuden, Energiesystemen und Mobilität. Hier ist insbesondere die Wichtigkeit von interoperablen Datenarchitekturen, Schnittstellenstandards und robusten Betriebsmodellen hervorzuheben. Nur durch offene und standardisierte Datenformate ist eine sektorübergreifende Nutzung von relevanten Daten möglich und können Abhängigkeiten von proprietären Systemen reduziert werden.

Ein weiterer zentraler Forschungsbereich betrifft die Datenverfügbarkeit und Datenqualität. Fehlende oder unzureichend strukturierte Daten stellen eine der größten Hürden für die Umsetzung dar. Zukünftige F&E-Arbeiten sollten sich daher mit Methoden zur Datenharmonisierung, Datenvalidierung sowie mit Ansätzen für synthetische Daten, und datenschutzkonformer Datennutzung beschäftigen. Insbesondere im öffentlichen Bereich sind Modelle für Daten-Governance und Daten-Sharing zwischen Verwaltung, Infrastrukturbetreibern und privaten Akteuren weiterzuentwickeln.

Eng damit verknüpft ist der Bedarf an Forschung zu vertrauenswürdiger und energieeffizienter KI. Neben Fragen der Transparenz, Fairness und Nachvollziehbarkeit – insbesondere im Kontext des EU AI Acts – sollte auch der Energieverbrauch von KI-Systemen stärker adressiert werden, da dieser in direktem Zusammenhang mit den Klimazielen steht.

Zukünftige Entwicklungen sollten daher darauf abzielen, KI-Modelle ressourceneffizient zu gestalten und deren ökologischen Fußabdruck systematisch zu bewerten.

Ein weiterer wichtiger Themenbereich ist der Kompetenzaufbau und die organisatorische Einbettung. Viele Städte befinden sich aktuell noch in einer frühen Phase der Auseinandersetzung mit KI und verfügen nur über begrenzte interne Kompetenzen. Zukünftige Projekte sollten organisatorische Fragestellungen mitbedenken, etwa geeignete Governance-Strukturen, Rollenmodelle, Schulungsformate sowie die Integration von KI in bestehende Verwaltungsprozesse.

Auch rechtliche und regulatorische Anforderungen (z. B. DSGVO, EU AIAct) können die Umsetzung verlangsamen, insbesondere bei Anwendungen mit Personenbezug oder sicherheitsrelevanten Funktionen. Neben operativen Herausforderungen sind auch spezifische Risiken zu berücksichtigen. Ein wesentliches Risiko besteht in der Überbewertung technologischer Potenziale, ohne ausreichende Berücksichtigung organisatorischer und sozialer Rahmenbedingungen.

Die Ergebnisse der durchgeführten Folgenabschätzung werden als übergreifende Orientierungsgrundlage für zukünftige Projekte genutzt. Im Projekt wurden mögliche ethische, rechtliche, soziale, ökologische und ökonomische Folgewirkungen auf Ebene von Anwendungsfeldern und Use Cases (Technologiecluster) herausgearbeitet. Diese Analyse zeigte, welche typischen Fragen, Risiken und Zielkonflikte beim Einsatz von KI für klimaneutrale Städte frühzeitig berücksichtigt werden sollten. Gleichzeitig wurde deutlich, dass eine belastbare Bewertung von KI-Anwendungen nur begrenzt auf allgemeiner Ebene möglich ist. Viele Folgewirkungen hängen stark vom konkreten Anwendungskontext ab. Die Folgenabschätzung liefert daher keine abschließende Bewertung einzelner KI-Technologien für konkrete Anwendungsfelder, sondern zeigt zentrale Prüf- und Vertiefungsfragen auf. Eine abschließende und belastbare Einschätzung setzt voraus, dass einzelne Anwendungsfälle deutlich vertieft und kontextspezifisch betrachtet werden, idealerweise unter Einbindung jener Akteure, die mit der jeweiligen Anwendung direkt in Berührung kommen. Diese vertiefenden Analysen könnten ein zentraler Baustein für Folgeprojekte sein, die auf den hier gelegten Grundlagen aufbauen.

Insgesamt verdeutlichen die Ergebnisse, dass KI einen wesentlichen Beitrag zur Transformation hin zu klimaneutralen Städten leisten kann, dieser Beitrag jedoch stark von der konkreten Umsetzung abhängt. Während die technologischen Grundlagen vielfach bereits vorhanden sind, liegt der Schwerpunkt zukünftiger Arbeiten in der kontextbezogenen Anwendung, Integration und Skalierung. Entscheidend ist jedoch, dass KI-intensive Projekte nicht isoliert betrachtet werden, sondern in eine langfristige Strategie

eingebettet sind, die technologische, organisatorische und gesellschaftliche Aspekte gleichermaßen berücksichtigt.

## Anhang

# KI-Folgenabschätzung nach Anwendungsfeldern

## Übersicht

Anwendungsfeld	KI-Technologie-Cluster
Mobilität, Verkehr & Logistik	Reinforcement Learning & Optimierung Computer Vision & Sensorik
Strom und Wärmenetze	Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI Predictive Analytics & Anomalieerkennung
Städtisches Klima & Klimawandelanpassung	Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI Computer Vision & Geodatenanalyse
Rechenzentren	Computer Vision & Thermalkartierung RL & Optimierung für RZ-Betrieb
Energieeffiziente Gebäude	Digitale Zwillinge & Predictive Control NLP, LLM & Konversations-KI

## Anwendungsfeld 1: Mobilität, Verkehr & Logistik

### KI-Technologie-Cluster: Reinforcement Learning & Optimierung

RL optimiert Verkehrsfluss, On-Demand-Routen, Signalsteuerung und Lieferlogistik.

### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
1a	Mehrweg Paketlogistik
1b	Flexibler On-Demand Verkehr
1d	KI Verkehrsmanagement
1e	KI Routenoptimierung
1f	e-Commerce Optimierung

### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Reinforcement Learning (RL) und Optimierungsalgorithmen lernen aus dem Feedback und passen Entscheidungen daran an. Diese Eigenschaft ist ethisch sorgfältig zu handhaben, weil solche Systeme bestimmte Muster verstärken können, die in den Trainingsdaten bereits angelegt sind. RL-Systeme können, wie an den Anwendungsbeispielen gezeigt, im Bereich Mobilität, Verkehr und Logistik eingesetzt werden und unter anderem den Verkehrsfluss und Routenplanung autonom regeln, was Fragen zur Transparenz und Nachvollziehbarkeit von Entscheidungen aufwirft, insbesondere dann, wenn Prioritäten zwischen Verkehrsteilnehmergruppen (Fußgänger, Radfahrende, ÖV, Kfz) gesetzt

Dimension	Folgenabschätzung
	<p>werden. Besonders bei Use Cases wie KI-Verkehrsmanagement (1d) und On-Demand-Verkehr (1b) besteht das Risiko algorithmischer Diskriminierung, wenn zum Beispiel periphere Stadtteile oder Randzeiten schlechter bedient werden, weil das RL-Modell hauptsächlich auf Nachfrage und Effizienzmetriken optimiert. Menschliche Kontrollmechanismen (human oversight) sind daher notwendig. Darüber hinaus kann KI Abläufe, Prioritäten und Verteilungen im Mobilitätssystem steuern. Der Use-Case 1a ist ethisch deutlich unkritischer, weil die KI nur den Zustand von Mehrwegboxen bewertet und kaum in Rechte oder Handlungsspielräume von Menschen eingreift. Deutlich kritischer ist Use Case 1e (Routenoptimierung). Hier können algorithmisch generierte Routen- und Zeitvorgaben einen erhöhten Leistungsdruck für Fahrer:innen erzeugen.</p>
<b>Recht</b>	<p>Die regulatorischen Anforderungen hängen davon ab, ob KI-Systeme lediglich analysieren und unterstützen oder ob sie als sicherheitsrelevante Komponente kritischer Infrastrukturen wirken. Besonders deutlich wird dies bei der KI-basierten Verkehrssteuerung. Dort ist eine Hochrisikoeinstufung nach der KI-Verordnung naheliegend, wenn das System als Sicherheitskomponente im Bereich der kritischen Verkehrsinfrastruktur fungiert und sein Ausfall erhebliche Gefahren wie einen Schaden für Leib und Leben verursachen könnte. Auch beim automatisierten Busverkehr steigt die rechtliche Komplexität, sobald das System nicht bloß unterstützend wirkt, sondern automatisiert operative Entscheidungen in einem kritischen Mobilitätskontext trifft. Hinzu treten datenschutzrechtliche Anforderungen, da hier regelmäßig personenbezogene Mobilitäts-, Standort- und Nutzungsdaten verarbeitet werden.</p>
<b>Soziales</b>	<p>RL verändert bestehende Arbeits- und Betriebsprozesse. Im Mobilitätsbereich kann RL Fahrten bündeln, Wartezeiten reduzieren und Kapazitäten bedarfsgerechter steuern. Dieselbe Optimierungslogik kann jedoch dazu führen, dass Randlagen, nachfrageschwache Zeiten oder bestimmte Nutzergruppen schlechter berücksichtigt werden. Für Städte ist es daher entscheidend, dass die eingesetzten Systeme nicht nur auf Effizienz ausgerichtet sind, sondern auch gemeinwohlorientierte Ziele abbilden. Nutzer:innenakzeptanz ist für die Einführung solcher Systeme Voraussetzung. Im Beschäftigungsbereich sind mittelfristig Verdrängungseffekte in Logistik- und Transportberufen realistisch. Gleichzeitig entstehen neue Qualifikationsanforderungen für Systemsteuerung und -überwachung.</p>
<b>Umwelt</b>	<p>RL und Optimierung haben im Mobilitäts- und Logistikbereich ein vergleichsweise gutes ökologisches Nutzenpotenzial. Durch kürzere Fahrstrecken, bessere Fahrzeugauslastung und reduzierte Wartezeiten lassen sich Emissionen und Ressourcenverbrauch spürbar senken. Der zusätzliche Energieverbrauch der Serverinfrastruktur fällt dabei gering aus und wird durch die erzielten Einsparungen kompensiert.</p>
<b>Ökonomie</b>	<p>RL-basierte Systeme haben höhere Anlaufkosten, weil das Modell trainiert, validiert und in den Betrieb integriert werden muss. Gleichzeitig sinken die Kosten für Anpassungen an veränderte Bedingungen, weil das System selbst lernt. Darüber hinaus werden Investitionen in Sensor- und Kommunikationsinfrastruktur anfallen.</p>

## KI-Technologie-Cluster: Computer Vision & Sensorik

Computer Vision erfasst Menschen und Fahrzeuge in Echtzeit im öffentlichen Raum; Fahrgastzählung in U-Bahnen, Objekterkennung für autonome Shuttles.

### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
1c	KI im öffentlichen Verkehr
1g	Automatisierter Transport

### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Computer Vision-Systeme in diesem Anwendungsfeld verarbeiten visuelle Daten aus dem öffentlichen Raum und aus Fahrzeugen, was ethisch besonders sensibel ist, da potenziell Bewegungsprofile, Personenmerkmale und Verhaltensweisen von Menschen erfasst werden. Kameras und LIDAR-Systeme erfassen den Stadtraum und die darin befindlichen Personen, auch wenn die Verarbeitungslogik auf aggregierte Muster zielt.
<b>Recht</b>	Die rechtliche Einordnung variiert je nach Autonomiegrad und Einsatzkontext erheblich. Systeme, die autonom in sicherheitsrelevante Verkehrsvorgänge eingreifen wie die autonome Busse zum Personentransport sind nach AI Act als Hochrisiko-KI einzustufen. Der Einsatz von Kamera- und Sensorinfrastruktur im öffentlichen Raum bringt die DSGVO-Anforderungen mit sich, d.h. sobald eine Identifizierung von Personen möglich ist, sollte eine Datenschutzfolgenabschätzung nach Art. 35 DSGVO gemacht werden insb bei systematischer Überwachung öffentlicher Bereiche ist diese in der Regel erforderlich. Da der Verkehrssektor zu den Sektoren mit hoher Kritikalität zählt, sind zudem die Cybersecurity-Anforderungen zu beachten.
<b>Soziales</b>	Computer Vision- und sensorikbasierte Systeme können die Qualität und Effizienz des öffentlichen Verkehrs verbessern. Gleichzeitig sind soziale Risiken zu beachten. Kamera- und Sensorinfrastruktur im öffentlichen Raum kann das subjektive Sicherheitsempfinden beeinflussen und Bedenken hinsichtlich Überwachung erzeugen, auch wenn keine Identifikation beabsichtigt ist. Nutzerakzeptanz ist darüber hinaus gerade bei neuartigen Systemen wie autonomen Fahrzeugen keine Selbstverständlichkeit.
<b>Umwelt</b>	Computer-Vision- und Sensorikbasierte Systeme, wie im Use-Case 1c „Optimierte Fahrgastverteilung“ eingesetzt, können die Verlagerung vom motorisierten Individualverkehr auf den ÖV unterstützen. Autonome Shuttle-Systeme (1g) werden in der Regel mit elektrischen Antrieben betrieben und können im Zusammenspiel mit LIDAR- und kamerabasierter Steuerung energieeffizient navigiert werden. Der Energieverbrauch der Sensorinfrastruktur und der Modellverarbeitung ist dabei als moderat einzuschätzen.

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ökonomie</b>	Computer-Vision-Systeme im Mobilitätsbereich erfordern Initialinvestitionen in Sensorhardware (Kameras, LIDAR), Recheninfrastruktur und Systemintegration. Besonders autonome Fahrzeuge (1g) sind mit hohen Anschaffungs- und Betriebskosten verbunden. Für Use Case 1c sind die Hardwarekosten durch den Einsatz kosteneffizienter SmartCams vergleichsweise moderat gehalten; der Mehrwert liegt vor allem in der effizienteren Nutzung bestehender ÖV-Kapazitäten ohne kostspielige Infrastrukturerweiterungen. Langfristige Betriebskosten für Modellpflege, Sensorwartung und Systemaktualisierung sind einzuplanen.

## Anwendungsfeld 2: Strom und Wärmenetze

### KI-Technologie-Cluster: Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI

Digitaler Zwilling/Simulation als kontinuierlich synchronisiertes Abbild des Netzes, dauerhaft im Betrieb.

Technologien: Hybrides ML-Framework, Digitale Zwillinge, Machine Learning (Prozessoptimierung), Deep Learning (z.B. LSTM), Reinforcement Learning

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
2a	Prognose für Energieerzeugung
2c	KI Wärmebedarfsprognose

#### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Digitale Zwillinge und simulationsgestützte KI-Systeme im Bereich Strom- und Wärmenetze können je nach konkreter Ausprägung auf sehr unterschiedlichen Datengrundlagen operieren (von aggregierten technischen Netz- und Wetterdaten bis hin zu hochaufgelösten Verbrauchsdaten auf Haushaltsebene). Sobald Systeme Verbrauchsdaten auf Haushaltsebene verarbeiten, stellen sich ethische Fragen rund um Privatsphäre. Hochaufgelöste Energiedaten können Rückschlüsse auf Lebensgewohnheiten und Anwesenheitsmuster ermöglichen, die weit über den eigentlichen Optimierungszweck hinausgehen.
<b>Recht</b>	KI-Systeme, die automatisiert Handlungsentscheidungen treffen oder unmittelbar in die Netzsteuerung eingreifen, können als Hochrisiko-KI nach AI Act (Anhang III Nr. 2) eingestuft werden, da Fehler oder Manipulationen erhebliche Risiken für Versorgungssicherheit und Gesellschaft begründen können. Systeme, die der Analyse und Optimierung dienen, ohne autonom sicherheitsrelevante Entscheidungen zu treffen, gelten in der Regel als Systeme mit begrenztem

Dimension	Folgenabschätzung
	Risiko; Transparenz-, Dokumentations- und Schulungspflichten gelten dennoch. Bei der Verarbeitung von Haushaltsstromdaten sind die Anforderungen der DSGVO zu beachten
<b>Soziales</b>	Effizientere Wärmebedarfsprognosen (2c) reduzieren das Risiko von Versorgungsausfällen und können Betriebskosten senken, was langfristig günstigere Tarife für Haushalte ermöglichen kann. Use Case 2a schafft durch verbesserte Prognosen verbesserte Bedingungen für Energiegemeinschaften, an denen auch einkommensschwächere Haushalte teilnehmen können. Beschäftigungsseitig sind Auswirkungen im Bereich Netzwartung und -betrieb denkbar, da prädiktive Systeme manuelle Inspektions- und Überwachungsrountinen teilweise ersetzen können. Es können auch neue Anforderungen an datengestützte Betriebsführung entstehen.
<b>Umwelt</b>	Digitale Zwillinge und simulationsgestützte KI haben im Energie- und Wärmenetzbereich eine sehr positive Umweltbilanz. Die Technologie wirkt als Enabler für höhere Anteile erneuerbarer Energien, weil sie die Unsicherheiten der fluktuierenden Erzeugung durch präzise Prognosen handhabbar macht. Der Energieverbrauch der Simulationsmodelle selbst ist moderat und konzentriert sich auf Trainings- und Kalibrierungsphasen. Im laufenden Betrieb ist der Rechenaufwand überschaubar.
<b>Ökonomie</b>	Die hier betrachteten digitalen Zwillinge sind dauerhaft im Netzbetrieb aktive Systeme, die das physische Strom- oder Wärmenetz kontinuierlich abbilden und optimieren. Im Unterschied zu einmaligen Planungswerkzeugen (siehe digitale Zwillinge im Anwendungsfeld städtisches Klima und Klimawandelanpassung) entstehen Anschaffungskosten für Daten, Modellentwicklung, Systemintegration und laufende Kalibrierung. Je nach Netzgröße und Infrastrukturzustand können diese erheblich sein. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht durch reduzierten Ausgleichsenergiebedarf, effizientere Einsatzplanung und geringere Netzausbaukosten und amortisiert sich im laufenden Betrieb.

### KI-Technologie-Cluster: Predictive Analytics & Anomalieerkennung

Technologien: Random Forest, Gradient Boosting, SVM, LSTM/GRU/ARIMA, Anomalieerkennung (Isolation Forest, Autoencoder), Graph Neural Networks

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
2b	SmartMeter
2e	Predictive Maintenance Stromnetze
2d	KI Netzüberwachung

## KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	<p>Predictive Analytics- und Anomalieerkennungssysteme im Stromnetz operieren primär auf technischen Infrastrukturdaten. Dabei ist zu beachten, dass Prognosen stets mit Unsicherheiten behaftet sind. Ein vorsichtiger und reflektierter Umgang mit Modellaussagen sowie menschliche Entscheidungsverantwortung sind daher Voraussetzungen für einen verantwortungsvollen Einsatz.. Use Case 2b (SmartMeter) verarbeitet darüber hinaus hochfrequente Verbrauchsdaten auf Haushaltsebene, aus denen Rückschlüsse auf Lebensgewohnheiten, Anwesenheitsmuster und Gerätenutzung möglich sind.</p>
<b>Recht</b>	<p>Je nach Automatisierungsgrad und unmittelbarem Einfluss auf den Netzbetrieb ist eine Einstufung als Hochrisiko-KI nach AI Act (Anhang III Nr. 2) zu prüfen. Bei Nutzung von Smart-Meter-Daten auf Haushaltsebene sind DSGVO-Anforderungen zu beachten.</p>
<b>Soziales</b>	<p>Der gesellschaftliche Nutzen von Predictive Analytics im Strom- und Netzbereich ist vor allem über die Versorgungssicherheit zu verstehen. Gezielte Wartungseinsätze reduzieren zudem Bau- und Erdarbeiten im städtischen Raum und verringern damit Lärm- und Verkehrsbelastungen für die Bevölkerung. Für das Betriebspersonal kann sich das Tätigkeitsprofil verändern. Routinemäßige Inspektionsaufgaben können teilweise durch datengestützte Priorisierung ersetzt werden, was Qualifikationsanpassungen erfordert. Insgesamt sind die sozialen Auswirkungen dieses Use Cases überwiegend positiv, sofern der Kompetenzaufbau im Betrieb begleitet wird. Wie in Use Case 2b entstehen soziale Risiken dort, wo automatisierte Steuerungssysteme in Haushalte eingreifen und Komfort- oder Verfügbarkeitserwartungen nicht erfüllt werden.</p>
<b>Umwelt</b>	<p>Durch die Vermeidung ungeplanter Ausfälle und die gezieltere Planung von Wartungseinsätzen können Ressourcen effizienter eingesetzt und unnötige Eingriffe in die Infrastruktur reduziert werden. Mittelbar unterstützt Predictive Maintenance die Integration erneuerbarer Energien, indem die Netzverfügbarkeit und -stabilität verbessert wird. SmartMeter-basiertes Energiemanagement (2b) kann darüber hinaus durch Optimierung des PV-Eigenverbrauchs und Reduktion des Netzbezugs einen Beitrag zur Emissionsminderung auf Haushaltsebene leisten. Der Energieverbrauch der Modelle ist moderat und entsteht überwiegend in der Trainingsphase. Im laufenden Betrieb beschränkt sich die Rechenlast auf periodische Auswertungen.</p>
<b>Ökonomie</b>	<p>Verbesserte Investitionssicherheit durch vorausschauende Zustandsbewertung ermöglicht eine effizientere Budgetplanung für Netzstandhaltung und -erneuerung. Die Hauptkosten liegen in der Datenzusammenführung und -harmonisierung sowie in der Modellentwicklung.</p>

## Anwendungsfeld 3: Städtisches Klima & Klimawandelanpassung

### KI-Technologie-Cluster: Digitale Zwillinge & Simulationsgestützte KI

Digitaler Zwilling als einmaliges Planungswerkzeug in frühen Entwurfsphasen.

## Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
3b	Optimiertes Quartiersdesign (Mikroklima)
3c	Städtische Mikroklimasimulationen
3d	KI-gestützte Machbarkeitsanalysen

## KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Digitale Zwillinge und simulationsgestützte KI im Bereich Stadtplanung und Klimaanpassung unterstützen Entscheidungen, die Auswirkungen auf das Leben von Bewohner:innen haben. Ethisch relevant ist dabei vor allem die Frage, wessen Interessen und Werte in die Optimierungsparameter einfließen. Wenn KI-Systeme Quartiersdesigns nach bestimmten Kriterien wie Energieeffizienz, Sonneneinstrahlung oder Windkomfort bewerten und optimieren, spiegeln diese Kriterien Prioritätsentscheidungen wider, diese müssen vor dem Einsatz gut durchdacht sein.
<b>Recht</b>	KI-gestützte Planungs- und Simulationsplattformen wie Spacemaker, infrared.city oder Urban Space Center sind nach AI Act in der Regel als Systeme mit begrenztem Risiko einzustufen, da sie als Analyse- und Entscheidungsunterstützungswerkzeuge eingesetzt werden. Da relevante Plattformen oft cloudbasiert betrieben werden und teils von Anbietern außerhalb der EU stammen, ist die Frage der Datenspeicherung und -übermittlung in Drittländer sorgfältig zu prüfen.
<b>Soziales</b>	KI-gestützte Quartiersplanung und Mikroklimasimulationen können die Qualität des städtischen Lebensraums verbessern, indem Klimarisiken wie Hitzeinseln, Windexposition oder mangelnde Verschattung frühzeitig sichtbar gemacht werden. Soziale Herausforderungen sind durch diese Technologie jedoch nicht erkennbar. Die Modelle optimieren ausschließlich messbare physikalische Parameter.
<b>Umwelt</b>	Mikroklimasimulationen ermöglichen die gezielte Integration von Begrünung und klimaadaptiven Maßnahmen bereits in der Entwurfs- und Planungsphase. Der Energieverbrauch der cloudbasierten Plattformen selbst ist moderat und steht in einem günstigen Verhältnis zum erzielbaren ökologischen Nutzen.

Dimension	Folgenabschätzung
Ökonomie	Simulationsgestützte Planungsplattformen erfordern detaillierte 3D-Stadtmodelle, physikalische Simulationsmodelle für Wind, Thermodynamik und Sonneneinstrahlung sowie die Integration von Planungs- und Baurechtsdaten. Das macht sie technisch komplexer und lizenzrechtlich aufwendiger. Die hier betrachteten digitalen Zwillinge sind Planungswerkzeuge, die in frühen Entwurfsphasen eingesetzt werden und typischerweise nicht mehr im laufenden Betrieb verwendet werden. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht durch bessere Planungsentscheidungen, nicht durch laufende Einsparungen.

### KI-Technologie-Cluster: Computer Vision & Geodatenanalyse

Computer Vision analysiert Satellitenbilder, Luftbilder und Geodaten; Objekterkennung von Vegetation, Versiegelung, Emissionsquellen.

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
3e	Georäumliche KI-Analysen
3f	Objekt- und Veränderungserkennung
3g	Carbon-intelligent.City

#### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Computer Vision- und Geodatenanalyse-Systeme werden in der Regel im Kontext städtischer Klimaanpassung primär zur Analyse von Umwelt-, Flächen- und Infrastrukturdaten eingesetzt. Da der Fokus auf räumlichen und ökologischen Merkmalen liegt (Versiegelung, Vegetation, Emissionen, bauliche Strukturen) ist das ethische Risikoprofil entsprechend niedrig. Ethisch relevant ist die Frage der Modellqualität und -verlässlichkeit. KI-gestützte Emissionsschätzungen wie bei Versiegelungsanalysen fließen in kommunale Klimaschutzstrategien und Investitionsentscheidungen ein.
<b>Recht</b>	Computer Vision- und Geodatenanalyse-Systeme sind nach AI Act in der Regel als Systeme mit begrenztem Risiko einzustufen, da sie als Analyse- und Planungsunterstützungswerkzeuge eingesetzt werden und keine automatisierten Entscheidungswirkungen entfalten. Es gelten Transparenz-, Dokumentations- und Schulungspflichten; KI-generierte Analyseergebnisse sind als solche kenntlich zu machen. Aus DSGVO-Sicht sind diese Systeme grundsätzlich wenig problematisch, da sie primär auf Geodaten, Satellitenbildern und Umweltdaten operieren. Beim Einsatz von Drohnenaufnahmen im städtischen Raum sind zusätzlich die EU-Drohnenverordnung sowie das österreichische Luftfahrtgesetz zu beachten.

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Soziales</b>	<p>Georäumliche KI-Analysen und Emissionsmonitoring können Städten erstmals eine räumlich hochaufgelöste und nahezu zeitnahe Grundlage für gezielte Klimaschutzmaßnahmen bieten. Die Identifikation von Emissionshotspots ermöglicht eine gerechtere Verteilung von Maßnahmen, z.B. in Stadtteilen mit hoher Verkehrsbelastung oder schlechter Gebäudesubstanz, die häufig von einkommensschwächeren Bevölkerungsgruppen bewohnt werden. Soziale Risiken sind in diesem Anwendungsbereich sehr gering.</p>
<b>Umwelt</b>	<p>Emissionsmonitoring (wie in Use-Case 3g) schafft die Datengrundlage für evidenzbasierte Klimaschutzmaßnahmen und ermöglicht die Identifikation von Hotspots und Einsparpotenzialen. Objekt- und Veränderungserkennung (wie in Use-Case 3f) kann zur Überwachung von Versiegelung und, Grünflächenentwicklung genutzt werden und Auskünfte über den Infrastrukturzustand liefern. Der Energieverbrauch cloudbasierter Plattformen ist moderat und die ökologischen Vorteile überwiegen durch bessere Planung und gezieltere Maßnahmen deutlich.</p>
<b>Ökonomie</b>	<p>GeoAI-Plattformen wie FlyPixAI oder Picterra operieren auf Bilddaten, die in standardisierten Formaten vorliegen und bieten primär Muster- und Objekterkennung. Diese Plattformen sind technisch schlanker und daher oft günstiger lizenziert als simulationsgestützte Plattformen.</p>

## Anwendungsfeld 4: Rechenzentren

### KI-Technologie-Cluster: Computer Vision & Thermalkartierung

Computer Vision analysiert Gebäudeaufnahmen und Luftbilder; Erkennung von Abwärmequellen, Fassadenmerkmalen, Sanierungszustand.

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
4a	Abwärmequellen erkennen
4d	Kommunale Wärmeplanung (CV)

#### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Computer Vision-Systeme zur Thermalkartierung und Gebäudeanalyse operieren primär auf technischen Bild- und Geodaten. Da der Fokus auf baulichen und technischen Merkmalen liegt, ist der Personenbezug gering und das ethische Risikoprofil entsprechend niedrig.
<b>Recht</b>	Gebäude- und Infrastrukturdaten sind grundsätzlich nicht personenbezogen, können jedoch personenbezogenen Charakter erhalten, wenn sie mit Eigentümer:innen- oder Mieter:innendaten verknüpft werden. Bei der Nutzung von Luftbildern, Drohnenaufnahmen oder Street-View-Daten sind die Anforderungen der DSGVO zu beachten, sobald Personen, Fahrzeugkennzeichen oder private Bereiche erkennbar sind. Ob ein System zur automatisierten Abwärmequellenerkennung als Sicherheitskomponente kritischer Infrastruktur im Sinne von Anhang III einzustufen ist, ist rechtlich offen. Städte sollten diese Frage im Implementierungsprozess prüfen, da eine Hochrisiko-Einstufung Pflichten nach sich zieht.
<b>Soziales</b>	Computer Vision für Wärmeplanung schafft einen gesellschaftlichen Nutzen, weil sie Kommunen erstmals eine flächendeckende, aktuelle und automatisch aktualisierbare Datenbasis für die kommunale Wärmeplanung verschafft, die bisher entweder gar nicht vorlag oder nur mit erheblichem manuellem Aufwand erstellbar war. Kompetenzen in Geodatenmanagement und KI-gestützter Planung sind für kommunale Verwaltungen im Falle eines Einsatzes relevant.
<b>Umwelt</b>	Die automatisierte Erkennung von Abwärmequellen (4a) schafft die Datengrundlage für die Dekarbonisierung städtischer Wärmeversorgung, indem bisher ungenutzte Wärmepotenziale sichtbar und erschließbar werden. Kommunale Wärmeplanung auf Basis von KI-gestützter Gebäudeklassifikation (4d) ermöglicht eine effizientere Kopplung von Sanierungsstrategien und klimaneutraler Wärmeversorgung. Der Energieverbrauch der Modelle entsteht überwiegend in der Trainingsphase und ist im laufenden Betrieb moderat einzuschätzen.

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ökonomie</b>	Der wirtschaftliche Nutzen liegt vor allem in der Effizienzsteigerung bei der Datenerhebung und -analyse. Kartierungen und Bestandserhebungen, die bisher personal- und zeitintensiv waren, können durch KI-gestützte Auswertung von Luftbild- und Fernerkundungsdaten deutlich beschleunigt werden. Lizenz- und Plattformkosten sowie die Abhängigkeit von externen Datenlieferanten sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

### KI-Technologie-Cluster: RL & Optimierung für RZ-Betrieb

RL verschiebt Rechenlasten. Technologien: Reinforcement Learning, Optimierungsalgorithmen (Scheduling), Digitale Zwillinge

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
4b	Energieeffiziente Rechenzentren

#### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Das RL-Modell lernt aus historischen Betriebs- und Verbrauchsdaten. Stammen diese aus einem anderen Betriebskontext, besteht das Risiko, dass das Modell auf kommunale Rechenzentren mit anderem Lastprofil und anderer Infrastruktur nicht zuverlässig übertragbar ist und dort systematisch suboptimale Entscheidungen trifft.
<b>Recht</b>	RL-gestützte Lastoptimierungssysteme in Rechenzentren verarbeiten keine personenbezogenen Daten und sind nach AI Act als geringes Risiko einzustufen, da keine sicherheitskritischen Entscheidungen getroffen werden. Rechtliche Komplexität entsteht vor allem dann, wenn Städte im Rahmen von Kooperationen mit lokalen Energieversorgern oder Netzbetreibern Workload- und Verbrauchsdaten austauschen. Relevant ist zudem die EED III, die Rechenzentren in der nationalen Umsetzung zur Abwärmeeinspeisung verpflichten kann und damit einen regulatorischen Anreiz für genau jene städtischen Kooperationsmodelle schafft, die dieser Use Case ermöglicht. Für Österreich existiert Stand 2025 noch keine dem deutschen EnEfG vergleichbare nationale Regelung zu Abwärmepflichten für Rechenzentren.
<b>Soziales</b>	Effizienterer Rechenzentrumsbetrieb und reduzierte CO <sub>2</sub> -Emissionen tragen zu städtischen Klimazielen bei. Negative soziale Auswirkungen sind bei diesem Anwendungsfeld nicht zu erwarten.

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Umwelt</b>	Durch die zeitliche Verschiebung nicht-kritischer Rechenlasten in Perioden mit hohem Anteil erneuerbarer Energieeinspeisung lassen sich CO <sub>2</sub> -Emissionen pro Recheneinheit nachweislich reduzieren, ohne die Betriebssicherheit zu beeinträchtigen. Gleichmäßigere Lastprofile verringern Kühlspitzen und damit den Energiebedarf für die Rechenzentrums Kühlung.
<b>Ökonomie</b>	Für Städte, die eigene Rechenzentren betreiben oder mit lokalen Betreibern kooperieren, ergeben sich wirtschaftliche Vorteile durch die Reduktion von Energiekosten sowie durch einen planbaren Beitrag zur Netzstabilisierung. Die tatsächlichen Kosten variieren je nach Größe und Integrationsaufwand. Vermiedene Energiekosten und reduzierter Kühlaufwand ermöglichen eine wirtschaftlich überschaubare Amortisation. Voraussetzung ist eine enge Abstimmung zwischen Rechenzentrumsbetreibern, städtischen Energieversorgern und Netzbetreibern.

## Anwendungsfeld 5: Energieeffiziente Gebäude

### KI-Technologie-Cluster: Digitale Zwillinge & Predictive Control

Digitaler Zwilling als kontinuierlich lernender Betriebszwilling auf Gebäudeebene, dauerhaft aktiv.

Technologien: Machine Learning, Reinforcement Learning, Digitale Zwillinge, Predictive Control, Optimierungsalgorithmen

#### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
5a	KI Energiemanagement
5b	Optimierung von HLK-Anlagen
5c	Systemdienliches EMS

#### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	Wenn Digitale Zwillinge und Predictive Control mit Machine learning (ML) verbunden wird lernen die algorithmen aus dem Nutzungsverhalten und optimieren Betriebsparameter. Diese Eigenschaft ist ethisch relevant, weil aus Sensorrohdaten Rückschlüsse auf das Alltagsleben von Personen entstehen können. Use Cases 5a (KI Energiemanagement) und 5b (Optimierung von HLK-Anlagen) verarbeiten Raumbellegungsdaten, CO <sub>2</sub> -Werte und Nutzungsprofile. Darauf zu achten ist, dass nur jene Daten erhoben werden, die für die Regelungsaufgabe tatsächlich benötigt werden. Use Cases 5b und 5c

Dimension	Folgenabschätzung
	sehen manuelle Übersteuerungsmöglichkeiten vor. Menschlicher Autonomie ist damit technisch adressiert.
<b>Recht</b>	Systeme, die ML zur adaptiven Steuerung von HLK-Anlagen in Gebäuden einsetzen, die zur Energieversorgungsinfrastruktur zählen, können unter Anhang III Nr. 2 fallen mit entsprechenden Pflichten. Nach DSGVO ist für Systeme, die personenbeziehbare Verbrauchs- und Belegungsdaten verarbeiten, eine Datenschutz-Folgenabschätzung nach Art. 35 erforderlich. Für Gebäude, die kritische Infrastruktur darstellen oder zum Energiesektor zählen, sind zudem die Anforderungen der NIS-2-Richtlinie relevant, die Cybersecurity-Maßnahmen, Incident-Reporting und Multi-Faktor-Authentifizierung vorschreibt. Ergänzend rahmen das österreichische Bundes-Energieeffizienzgesetz, das Erneuerbare-Wärme-Gesetz sowie die EU-Gebäuderichtlinie (EPBD Recast) den regulatorischen Kontext, in dem diese Systeme eingesetzt werden.
<b>Soziales</b>	KI-gestütztes Gebäudeenergiemanagement kann einen Beitrag zur Senkung von Energiekosten in öffentlichen Gebäuden leisten und damit kommunale Budgets entlasten. Use Case 5d (Kommunale Wärmeplanung) trägt zur sozial gerechten Gestaltung der Energiewende bei, indem Sanierungsschwerpunkte in einkommensschwächeren Stadtteilen sichtbar und planerisch priorisierbar werden. Soziale Risiken entstehen dort, wo automatisierte Optimierung die tatsächlichen Bedürfnisse von Gebäudenutzenden nicht ausreichend berücksichtigt.
<b>Umwelt</b>	Im Rahmen von AI4Cities-Piloten konnten durch KI-gestützte HLK-Regelung Energieeinsparungen von bis zu ca.30 % erzielt werden. Das systemdienliche Energiemanagement (5c) maximiert den PV-Eigenverbrauch, reduziert Einspeisespitzen und unterstützt die Integration erneuerbarer Energien auf Gebäudeebene. Der Energieverbrauch der KI-Modelle selbst entsteht überwiegend in der Trainingsphase und steht in einem positiven Verhältnis zu den erzielbaren Einsparungen.
<b>Ökonomie</b>	Die hier betrachteten digitalen Zwillinge sind keine einmaligen Planungswerkzeuge (wie im Anwendungsfeld städtisches Klima und Klimawandelanpassung), sondern sind lernende Betriebssysteme, die dauerhaft im Gebäudebetrieb aktiv sind. Der wirtschaftliche Nutzen entsteht primär durch laufende Energieeinsparungen und Betriebskostenreduktion.

## KI-Technologie-Cluster: NLP, LLM & Konversations-KI

### Zugeordnete Use Cases

ID	Kurzname
5e	Digitale Energieberatung

### KI-Folgenabschätzung

Dimension	Folgenabschätzung
<b>Ethik</b>	LLM-basierte KI-Systeme in der Energieberatung kommunizieren direkt mit Bürger:innen und geben Auskunft zu Technologieoptionen, Kosten und Förderungen. Ethisch zentral ist daher die Frage der Transparenz und Verantwortlichkeit. Nutzende müssen darüber informiert sein, dass sie mit einem KI-System interagieren und die inhaltlichen Grenzen des Systems müssen unmissverständlich kommuniziert werden. Besonders heikel ist die Aktualität der Wissensbasis, da Förderinformationen und gesetzliche Vorgaben regelmäßigen Änderungen unterliegen. Veraltete oder fehlerhafte Auskünfte können Nutzende zu falschen Investitionsentscheidungen verleiten. Die inhaltliche Verantwortung verbleibt bei der betreibenden Organisation und kann nicht an das KI-System delegiert werden. Für Haushalte ohne digitale Kompetenz dürfen darüber hinaus keine Nachteile entstehen.
<b>Recht</b>	LLMs unterliegen AI-Act-Vorgaben, die für kommunale Betreiber konkrete Pflichten erzeugen. Der Use-Case EnergyChat fällt nach AI Act in die Kategorie begrenztes Risiko, da keine sicherheitskritischen Entscheidungen getroffen werden. Es gelten Transparenzanforderungen nach Art. 50 AI Act. Nutzende sind darüber zu informieren, dass sie mit einem KI-System interagieren. Datenschutzrechtlich ist zu prüfen, ob und in welchem Umfang personenbezogene Angaben im Rahmen von Nutzeranfragen verarbeitet werden. Gegebenenfalls sind entsprechende DSGVO-Anforderungen zu erfüllen.
<b>Soziales</b>	Digitale Energieberatung mithilfe von KI kann den Zugang zu Energieinformationen erleichtern. Beratungsstellen werden durch die Beantwortung wiederkehrender Standardfragen entlastet und können ihre Kapazitäten für komplexere Anliegen nutzen. Soziale Risiken entstehen dort, wo Nutzende die Grenzen des Systems nicht erkennen und auf Basis unvollständiger oder veralteter Auskünfte weitreichende Entscheidungen treffen. Eine klare Kommunikation der Systemgrenzen und die niedrighschwellige Verknüpfung mit persönlichen Beratungsangeboten sind daher notwendige Bestandteile eines verantwortungsvollen Einsatzes.
<b>Umwelt</b>	Der Energieverbrauch durch die Nutzung eines ChatBots selbst ist im Vergleich zu anderen KI-Anwendungen eher gering. RAG-Architekturen sind erheblich energieeffizienter als vollständig generative Antworten, weil kleinere, feingetunte Modelle verwendet werden. Ein niedrighschwelliger Zugang zu Informationen über erneuerbare Heizsysteme, Photovoltaik und Sanierungsmaßnahmen kann die Entscheidungsbereitschaft von Haushalten zur Nutzung von umweltfreundlicheren Technologien erhöhen und damit zur Beschleunigung der Gebäudedekarbonisierung beitragen.
<b>Ökonomie</b>	Der Entwicklungsaufwand für RAG-basierte Chatbots auf Basis bestehender Informationsportale und Beratungsdokumente ist überschaubar und die laufenden Kosten beschränken sich im Wesentlichen auf Betrieb und Aktualisierung der Wissensbasis. Der wirtschaftliche Nutzen liegt in der Entlastung von Beratungsstellen und der Skalierbarkeit des Angebots ohne steigende Personalkosten.

## **Tabellenverzeichnis**

Tabelle 1: Handlungsfelder und dort hauptsächliche identifizierte und eingesetzte KI-Technologien .....	34
Tabelle 2: Handlungsfelder und identifizierte KI-Anwendungen aus dem Screening. ....	48

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Projektüberblick mit Motivation und Wirkung von cityclimAlte. ....	15
Abbildung 2: Projektziele von cityclimAlte. Screening, Use-Case Bewertung und Analyse sowie KI-Empfehlungstool werden im Rahmen dieser Studie zusammengefasst. ....	16
Abbildung 3: Bewertungsmatrix der im Detail analysierten Use-Cases in cityclimAlte. Die Fact-Sheets zu den einzelnen Use-Cases sind dem Anhang zu entnehmen. ....	23
Abbildung 4: Anwendungsfelder von cityclimAlte: Mobilität&Logistik, Strom und Wärmenetze, Städtisches Klima und Klimawandelanpassung, Energieeffiziente Gebäude, Energieeffiziente Rechenzentren. ....	24
Abbildung 5: Anwendungsfelder von cityclimAlte: Mobilität&Logistik, Strom und Wärmenetze, Städtisches Klima und Klimawandelanpassung, Energieeffiziente Gebäude, Energieeffiziente Rechenzentren. ....	37
Abbildung 6: Methodik & Design des cityclimAlte KI-Technologieradar: © Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <a href="https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar">https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar</a> . ....	67
Abbildung 7: Methodik & Design des CITYCLIMAITE KI-Technologieradar in Listenform: © Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <a href="https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar">https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar</a> ....	68
Abbildung 8: Methodik & Design des CityclimAlte KI-Technologieradar – Beispiel einer ausführlichen Beschreibung eines Anwendungsfalles:© Salzburg Research Forschungsgesellschaft, Veronika Hornung-Prähauser, Christian Krotzer; <a href="https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar">https://methodenpool.salzburgresearch.at/ki-technologieradar</a> ....	69

## Literaturverzeichnis

Bügelmayer-Blaschek M., Züger J., Tötzer T., (2025), Assessing the potential of urban wide greening for climate-resilience: The example of Vienna, Sustainable Futures, Volume 9, 2025, 100532, ISSN 2666-1888, <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2025.100532>.

Damianakis, N., Mouli, G. R. C., & Bauer, P. (2025). Grid impact of photovoltaics, electric vehicles and heat pumps on distribution grids: An overview. Applied Energy, 380. [doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.125000](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.125000)

European Commission. (2024). Energy Performance of Buildings Directive.

European Environment Agency. (2024). Urban adaptation in Europe: What works? Implementing climate action in European cities. EEA Report 14/2023.

Yao, Y., Shekhar, D. K., & State-of-the-art Review Authors. (2021). State of the art review on model predictive control in HVAC systems. Building and Environment, 200. [doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107952](https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.107952).

Liu, F.H.M., Lai, K.P.Y., Seah, B. et al. (2025). Decarbonising digital infrastructure and urban sustainability in the case of data centres. npj Urban Sustain 5, 15. [doi.org/10.1038/s42949-025-00203-1](https://doi.org/10.1038/s42949-025-00203-1)

Rohrbeck R., Heuer R., and Arnold, H.M. (2006). The Technology Radar - an Instrument of Technology Intelligence and Innovation Strategy. Proceedings: The 3rd IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology; 2006; Singapore, DOI 10.1109/ICMIT.2006.262368.

Saki, S., et al. (2025). Artificial intelligence, machine learning and deep learning in advanced transportation systems: A review. Journal of Intelligent and Connected Vehicles. [doi.org/10.1016/j.multra.2025.100242](https://doi.org/10.1016/j.multra.2025.100242).

World Economic Forum with BCG, 2024, Towards Green Building Value Chains: China and Beyond  
INSIGHT REPORT JUNE 2024,  
[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Towards\\_Green\\_Building\\_Value\\_Chains\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Towards_Green_Building_Value_Chains_2024.pdf)