



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER RAUMPLANUNG

Chancen, Herausforderungen und Einsatzmöglichkeiten

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades

Diplom-Ingenieurin

unter der Leitung von

Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.rer.soc.oec. Michael Getzner PhD

(E280-03 Forschungsbereich Finanzwissenschaft und Infrastrukturpolitik)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Institut für Raumplanung

von

Nicole Maria Klaming

01626533

Wien, im März 2025

Nicole Klaming BSc



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im März 2025

Nicole Klaming BSc

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen Personen danken, die mich während meines Studiums und während der Diplomarbeit unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem Betreuer, Univ.Prof. Mag. Dr. Michael Getzner PhD, der mir nach der Themenfindung mit vielen wertvollen Hinweisen und konstruktiven Anregungen geholfen hat. Besonders seine positive Haltung mit diesem in der Raumplanung noch wenig beforschten Themengebiet hat maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Ein herzliches Dankeschön geht an meine Mutter, die mir die nötige Unterstützung auf diesen langen Weg mitgegeben hat. Danke für deine beständige Ermutigung und das Vertrauen in meine Fähigkeiten. Ohne dein Verständnis und aufrichtiger Fürsorge wäre dieser Weg um einiges schwerer gewesen.

Ich möchte auch meinem Freund Max danken, der mich durch die Höhen und Tiefen des Studiums begleitet hat. Seine Ruhe und Zuspruch haben mir immer wieder geholfen, den Fokus zu behalten und neue Kraft zu schöpfen. Danke für deine Geduld, deine hilfreichen Ratschläge und deinen unermüdlichen Rückhalt.

Abschließend danke ich allen InterviewpartnerInnen, die sich die Zeit genommen haben, meine Fragen zu beantworten und mit ihren wertvollen Perspektiven einen wesentlichen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben.

Kurzfassung

Diese Diplomarbeit beleuchtet die Potenziale und Herausforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz (KI) und Machine Learning (ML) in der Raumplanung. Zu Beginn werden wesentliche Konzepte und technologische Grundlagen der KI erläutert. In der Arbeit werden zentrale Phasen eines idealtypischen Planungsprozesses dargestellt – von der Analyse über die Konzeptentwicklung bis hin zur Entscheidungsfindung und Umsetzung – und erforscht, inwiefern verschiedene ML-Modelle diese Phasen unterstützen können. Ein besonderer Fokus liegt auf dem generativen KI-Modell ChatGPT, dessen Fähigkeit zur Beantwortung planungsbezogener Fragen sowie zur Neugestaltung urbaner Räume eingehend geprüft wird. Durch eine Kombination von Literaturrecherche, ExpertInneninterviews und einem Experiment werden sowohl die Chancen als auch die Herausforderungen und Einsatzmöglichkeiten von KI in der Planung erörtert. Die Arbeit liefert damit wertvolle Erkenntnisse für die Zukunft der Stadtplanung und zeigt auf, wie KI zur Entwicklung nachhaltiger und innovativer Stadtentwicklungsentwürfe beitragen kann.

Abstract

This thesis explores the potential and challenges of using Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) in urban planning. The paper begins by explaining the key concepts and technological foundations of AI. It then presents the central phases of an idealized planning process – from analysis and concept development to decision-making and implementation – and investigates how different ML algorithms can support these phases. A particular focus is placed on the generative AI model ChatGPT, with an in-depth examination of its ability to answer planning-related questions and redesign urban spaces. Through a combination of literature review, expert interviews, and an experiment, the opportunities, challenges, and potential applications of AI in planning are discussed. The thesis thus provides valuable insights into the future of urban planning and highlights how AI can contribute to the development of sustainable and innovative urban design solutions.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Motivation	2
1.2	Zielsetzung und Forschungsfragen	4
1.3	Aufbau der Arbeit und Methodik	5
1.3.1	Literaturrecherche	5
1.3.2	Leitfadengestützte ExpertInneninterviews	6
1.3.3	Qualitative Inhaltsanalyse	8
1.3.4	Experiment „ChatGPT Planning Lab“	9
2	Technologische Grundlagen von KI	10
2.1	Einführung in den Begriff	11
2.2	Geschichtliche Entwicklung	13
2.3	Anwendungsgebiete von maschinellen Lernverfahren und KI	16
2.3.1	Robotik	16
2.3.2	Computer Vision – maschinelles Sehen	17
2.3.3	(automatische) Spracherkennung	17
2.3.4	Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing)	17
2.3.5	Expertensysteme	19
2.3.6	Arten von KI	19
2.4	Leistungsbestandteile von KI	20
2.4.1	Algorithmus	20
2.4.2	Daten und Datenverarbeitung	21
2.4.3	Maschinelles Lernen	22
2.4.4	Künstliche neuronale Netze und Deep Learning	24
2.4.5	Generative KI	25
2.5	Rechtliche Rahmenbedingungen	27
2.5.1	Europäische Strategien zur Regulierung von KI	27
2.5.2	Österreichische Strategien zur Regulierung von KI	31
3	Der Raumplanungsprozess	32
3.1	Analyse- und Auftaktphase	35
3.2	Konzept- und Konkretisierungsphase	38
3.3	Entscheidungs- und Umsetzungsphase	40

4	Tätigkeitsfeld der Planenden.....	42
4.1	Daten & digitale Werkzeuge in der Planung	43
5	KI in der Planungspraxis	46
6	ML-Anwendungen im Planungsprozess.....	49
6.1	Analyse- und Auftaktphase.....	50
6.2	Konzept- und Konkretisierungsphase.....	53
6.3	Entscheidungs- und Umsetzungsphase	56
6.4	Herausforderungen und Grenzen des ML-Einsatzes in der Planung	57
7	Experiment: „ChatGPT Planning Lab“	59
7.1	Teil 1 - Befragung.....	59
7.1.1	Ablauf.....	60
7.1.2	Kriterien	62
7.1.3	Ergebnis: Vergleichsmatrix	64
7.2	Teil 2 - Bildgenerierung	74
7.2.1	Ablauf.....	74
7.2.2	Kriterien	75
7.2.3	Ergebnis: Untersuchung	76
8	Schlussfolgerungen.....	78
9	Reflexion und Ausblick.....	82
10	Literaturverzeichnis.....	85
11	Abbildungsverzeichnis	97
12	Tabellenverzeichnis	98
13	Abkürzungsverzeichnis.....	99
	Anhang A – Fragebögen ExpertInnen	100
	Anhang B – Dokumentation ChatGPT	103

1 Einleitung

Das Planen, Gestalten und Entwickeln von Städten, Orten, Quartieren oder auch einzelnen Straßenzügen unter Berücksichtigung von sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Faktoren ist ein komplexer und vielschichtiger Prozess, an dem AkteurInnen mit unterschiedlichen Bedürfnissen beteiligt sind. Ein erfolgreicher Planungsprozess erfordert nicht nur die Berücksichtigung aller relevanter Interessen und die angemessene Einbeziehung von Zielsystemen, sondern auch die anschließende Überprüfung der Wirksamkeit der Maßnahmen mittels Monitoring und Evaluierung (ex-post). Der Erfolg einer räumlichen Planung hängt nicht nur von politischen und gesetzlichen Grundlagen ab, sondern auch von der Qualifikation der Planenden und den zur Verfügung stehenden Werkzeugen (Spitzer 1995, S.194). Mit dem Aufkommen neuer Technologien eröffneten sich bereits in der Vergangenheit immer neue Möglichkeiten, diese Prozesse zu optimieren bzw. zu transformieren. Eine Technologie, die aktuell einen starken Wandel in vielen Strukturen hervorruft und bereits in einigen Bereichen eingesetzt wird, ist die Verwendung von Algorithmen und Verfahren der Künstlichen Intelligenz (ab jetzt: KI).

KI ist ein Teilgebiet der Informatik und bezeichnet Maschinen, die in der Lage sind, menschenähnliche kognitive Fähigkeiten auszuführen (Fraunhofer IKS, o.D.). Die Basis sind Algorithmen, die mathematische Verfahren durchführen, um Muster in Datensätzen zu erkennen, Anomalien aufzuzeigen, oder auch Prognosen zu berechnen (Döbel et al. 2018, S.9-10). Mittels bestimmter Modelle sind KI-Systeme ebenfalls in der Lage, selbstständig zu „lernen“ und sich im Bedarfsfall weiterzuentwickeln (André et al. 2021, S.24). Wegen der breiten Anwendungsmöglichkeiten wird KI vermehrt sowohl im privaten als auch im beruflichen Kontext eingesetzt. Bekannte Einsatzbereiche sind Robotik, Sprach- und Objekterkennung oder auch Text- und Bildverarbeitung.

Diese Diplomarbeit befasst sich mit der Untersuchung von Einsatzmöglichkeiten von Künstlicher Intelligenz und Machine Learning in der Raumplanung und Stadtgestaltung. Die Arbeit beleuchtet zunächst die grundlegenden Konzepte von KI um ein Verständnis für den aktuellen Stand der Technologie zu erhalten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der Identifikation von Einsatzmöglichkeiten häufig genutzter Machine-Learning-Modellen und den dazugehörigen Algorithmen innerhalb eines idealtypischen Planungsprozesses. Abschließend wird die Leistungsfähigkeit der text- und bildgenerierenden generativen KI ChatGPT im Kontext spezifischer Fragestellungen zu planungsrelevanten Themen sowie die Umgestaltung urbaner Plätze betrachtet. Hierbei sollen sowohl die Stärken als auch die Schwächen der KI bei der Bearbeitung komplexer, planerischer Aufgaben beleuchtet werden. Die Arbeit soll somit einen Beitrag zur Diskussion über die Zukunft der Stadtplanung und die Rolle

von KI in der Entwicklung urbaner Räume leisten. Es ist zu betonen, dass sich die Technologie rasch weiterentwickelt. Daher kann die Arbeit nur den aktuellen Stand des Wissens widerspiegeln und mit entsprechenden Unsicherheiten in die zukünftigen Entwicklungen behaftet sein.

1.1 Motivation

Europäische Städte stehen vor einer Vielzahl an Herausforderungen. Große globale Treiber wie der ökologische und der demographische Wandel sowie die technologischen Entwicklungen rufen die Notwendigkeit hervor, sich grundsätzliche Fragen zur Stadtentwicklung zu stellen (Mitteregger et al., 2020, S.2). Dies betrifft insbesondere die nachhaltige Entwicklung künftiger Siedlungs-, Produktions- und Freiräume und der damit zusammenhängenden Problematik der zunehmenden Bodenverknappung (ebda.). Damit befindet sich auch das ohnehin schon breite Aufgabengebiet der Raumplanung in einem stetigen Wandel (ebda.).

Mit dem wachsenden Grad der Digitalisierung ist auch die Künstliche Intelligenz mittlerweile fest in unserem Alltag verankert und daher ein hochaktuelles Thema. Generell hat die rasante Entwicklung von KI in den letzten Jahrzehnten nahezu alle Lebensbereiche revolutioniert. Häufig nehmen wir die Anwendungen von KI nicht (mehr) wahr. ExpertInnen sind der Meinung, dass sich die Arbeitswelt in den nächsten Jahren verändern wird, und sich die Gesellschaft darauf vorbereiten muss (Seeberg 2020, S.53).

Ob sich diese Veränderung im positiven oder im negativen Sinne auf die Gesellschaft auswirken wird, ist unter den ExpertInnen umstritten. Nämlich, dass KI-Anwendungen einerseits als Potenzial wahrgenommen und mit positiven Absichten gegenüber gesellschaftlichen Idealen und Zielen entwickelt werden, gleichzeitig vertreten einige ExpertInnen die Ansicht, dass die zunehmende Abhängigkeit von KI-Systemen zu erheblichen ökonomischen, ökologischen, aber auch sozialen Unstetigkeiten führen könnte (Bitkom e.V. et al., 2017, S. 81-84). Diese Diskrepanz spiegelt sich auch im nachfolgenden Zitat wider:

„Success in creating effective AI, could be the biggest event in the history of our civilization. Or the worst. We just don't know. So, we cannot know if we will be infinitely helped by AI, or ignored by it and side-lined, or conceivably destroyed by it.“

(Stephen Hawking at Web Summit 2017)

Auch Kassens-Noor & Hintze (2020) argumentieren in ihrer Studie, dass sich mit zunehmendem Einsatz von KI-Systemen nicht nur die städtische Dynamik, sondern auch die Funktionen der Stadt auf verschiedenen Ebenen ins Negative verändern wird. Wobei generell anzumerken ist, dass sich Städte in einem stetigen Wandel befinden, nicht zuletzt aufgrund der Implementierung von Konzepten wie der nachhaltigen,

resilienten, klimafreundlichen oder auch der smarten Stadt (Herath & Mittal, 2022, S. 18).

Obwohl auch in Städten zunehmend KI eingesetzt wird, um die städtische Funktionalität und Dienstleistungseffizienz (bspw. in Prozessen für Abfall-, und Energiemanagement, Sicherheitsprävention oder Umwelt- und Verkehrsplanung) zu optimieren, ist das Verständnis von KI-Technologien und deren Anwendungsbereichen bzw. Konzepten in der Stadtplanung und -entwicklung weitestgehend unbeleuchtet. Dies wirft die Frage nach dem Einsatz von KI in der Raumplanung auf.

Insgesamt ist die Bestrebung dieser Diplomarbeit, zu analysieren, wie KI-Technologien innerhalb des Raumplanungsprozesses angewendet werden können und welcher Nutzen sich daraus ergibt.

1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Die Zielsetzung dieser Diplomarbeit besteht darin, die Potenziale und Herausforderungen des Einsatzes von Künstlicher Intelligenz und Machine Learning in der Raumplanung zu untersuchen. Im Zentrum der Arbeit steht die Frage, wie moderne KI-Technologien, insbesondere das generative KI-Modelle ChatGPT die Planungspraxis in der Stadtgestaltung beeinflussen können.

Im Zuge dieser Diplomarbeit werden die drei nachstehenden Forschungsfragen beantwortet:

1. Was versteht man unter Künstlicher Intelligenz und inwieweit wird diese Technologie in der Planungspraxis eingesetzt?

Diese Frage zielt darauf ab, ein grundlegendes Verständnis von Künstlicher Intelligenz und ihren verschiedenen Anwendungsbereichen zu entwickeln. Dabei wird ebenfalls ermittelt, ob diese Technologie derzeit in der Planung verwendet wird.

2. In welchen Phasen eines idealtypischen Raumplanungsprozesses könnten gängige Machine-Learning-Modelle eingesetzt werden, und welche konkreten Anwendungsmöglichkeiten würden sich daraus ergeben?

Hierbei wird untersucht, in welchen Phasen des Prozesses Machine-Learning-Modelle sinnvoll integriert werden können. Ziel ist es, zu ermitteln, wie diese Modelle im Planungsprozess eingesetzt werden können.

3. Welche Stärken und Schwächen zeigt die generative KI „ChatGPT“ bei der Beantwortung spezifischer Fragen zur Stadtgestaltung und der Umgestaltung von zwei urbanen Plätzen?

Diese Frage fokussiert sich auf die Leistungsfähigkeit von „ChatGPT“, einer der aktuell bekanntesten generativen KIs. Es wird untersucht, wie praxistauglich textliche und bildliche Entwürfe dieser KI sind.

Durch die Beantwortung dieser Fragen soll ein vertieftes Verständnis für die Rolle von KI und Machine Learning in der Raumplanung gewonnen werden. Die Arbeit wird dabei nicht nur die theoretischen Grundlagen der KI und ihre praktischen Anwendungsmöglichkeiten beleuchten, sondern auch die konkrete Leistung des generativen KI-Tools ChatGPT für die Planungspraxis kritisch hinterfragen.

1.3 Aufbau der Arbeit und Methodik

Um die Forschungsfragen zu beantworten, wird im Zuge dieser Diplomarbeit auf drei Forschungsmethoden zurückgegriffen. Zum einen werden umfassende digitale und analoge Literaturrecherchen durchgeführt. Zum anderen werden ExpertInneninterviews vollzogen sowie ein Experiment, namens „ChatGPT Planning Lab“, abgewickelt. Um Prozesse, Funktionen oder Anwendungsmöglichkeiten zu erklären, wurden zusätzlich eigene Illustrationen erstellt bzw. bestehende abgewandelt.

Diese Arbeit wird in einen theoretischen und einen empirischen Teil gegliedert. Nach diesem Einleitungskapitel folgt in Kapitel 2 eine Begriffserläuterung in Zusammenhang mit dem Forschungsfeld Künstliche Intelligenz sowie eine Einführung in die technologischen Grundlagen, welche im Laufe der Arbeit von Relevanz sind. Auf die technische Funktionsweise der unterschiedlichen KI-Systeme wird nur peripher, und solange es dem übergeordneten Verständnis dient, eingegangen. In Kapitel 3 folgt die Überleitung zur Raumplanungspraxis, in welchem ein Raumplanungsprozess in für diese Arbeit relevante Phasen geteilt und die darin getätigten Arbeitsschritte sowie der Einsatz von technischen Mitteln umrissen. Darauf folgend, in den Kapiteln 4 und 5 werden das Tätigkeitsfeld der Planenden beleuchtet und analysiert, ob KI bereits in der Planungspraxis eingesetzt wird. Letztendlich werden die gewonnenen Erkenntnisse in Kapitel 6 zusammengeführt, um zu zeigen, bei welchen Planungsschritten bereits heute KI eingesetzt werden könnte.

In einem letzten Kapitel wird das Experiment „ChatGPT Planning Lab“ beschrieben und die Ergebnisse unterbreitet. Zum Schluss wird aus den Erkenntnissen ein Résumé gezogen und Chancen als auch Risiken und Probleme, die der Einsatz von KI in der Planung mit sich bringt, aufgezeigt.

1.3.1 Literaturrecherche

Die Literaturrecherche erfolgte mittels Suchmaschinen sowie über die Online-Bibliothek der TU Wien (CatalogPlus). Um aktuelle Entwicklungen und Trends zu berücksichtigen, wurde dieser Ansatz ergänzt durch Informationen aus Fachmagazinen und Dokumentationen. Um sich Kenntnisse zum Forschungsfeld KI und maschinellem Lernen anzueignen, wurde auch auf edukative Videos und Podcasts zurückgegriffen. Dies gewährleistete eine umfassende und zeitgemäße Informationsbasis.

1.3.2 Leitfadengestützte ExpertInneninterviews

Innerhalb der qualitativen Forschung gibt es zahlreiche Methoden, die zwischen deskriptivem und analytischem Ansatz variieren. Mayring (2016, S. 12) unterteilt sie in

- Erhebungstechniken,
- Aufbereitungstechniken und
- Auswertungstechniken

Diese Arbeit verwendet Interviews zur Datenerhebung, eine verbreitete qualitative Methode. Dabei wurde die offene Befragung gewählt, da sie größere Flexibilität und Vergleichbarkeit bietet (Kaiser 2014, S. 1). Unter den offenen Formen wurde das leitfadengestützte ExpertInneninterview als am passendsten identifiziert (Vogl 2014, S. 581). Die Methode ist in der Wissenschaft etabliert, da sie durch den Leitfaden Struktur und Vergleichbarkeit der Aussagen gewährleistet. Die Aufbereitung erfolgt mittels Transkription, um vollständige und nachvollziehbare Daten für die qualitative Analyse sicherzustellen (Mayring 2016, S. 89). Als Analysemethode wird die qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring angewandt, die in Abschnitt 1.3.3 näher erläutert wird.

Das ExpertInneninterview ermöglicht eine komplexe Betrachtung des Forschungsgegenstands, da es auf das Wissen fachkundiger Personen zurückgreift. ExpertInnen zeichnen sich durch tiefgehendes, theoretisch oder praktisch fundiertes Wissen aus, das für die Allgemeinheit relevant ist (Bogner et al. 2014, S. 11).

Ein weiterer Vorteil ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Perspektiven, bekannt als Triangulation, sowie die Einbindung subjektiver Erkenntnisse in den Forschungsprozess. Die Teilstandardisierung durch den Leitfaden fördert systematischen Vergleich und Nachvollziehbarkeit (Flick 2011, S. 139). Die Gestaltung des Leitfadens basiert auf theoretischen Grundlagen, die im Rahmen der theoretischen Auseinandersetzungen erarbeitet wurden.

Die Durchführung folgt einem strukturierten Ablauf (Mayring 2015, S. 71):

1. Problemanalyse
2. Leitfadenkonstruktion
3. Test und Schulung
4. Durchführung der Interviews (inkl. Sondierungs- und Ad-hoc-Fragen)
5. Aufzeichnung
6. Transkription

Diese Vorgehensweise gewährleistet eine fundierte und nachvollziehbare Datenerhebung und anschließend die Analyse. Für die Auswertung der transkribierten Interviews wurde die Inhaltsanalyse nach Mayring gewählt.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden sieben ExpertInnen aus verschiedenen Bereichen der Stadtplanung und der Informatik interviewt, um wertvolle Einblicke in die Anwendung von KI in der Raumplanung zu gewinnen. Mit diesen Informationen aus der Praxis werden ebenfalls bestehende Unklarheiten, die sich im Zuge der Literaturrecherche ergeben haben, geklärt.

Zu den InterviewpartnerInnen zählen Fachleute aus der Stadtplanung, die sowohl praktische als auch theoretische Kenntnisse über die Integration neuer Technologien in den Planungsprozess besitzen. Diese ExpertInnen verfügen über jahrelange Erfahrung in der Entwicklung und Umsetzung von Stadtgestaltungskonzepten. Ihre Perspektiven bieten eine fundierte Grundlage für die Bewertung der praktischen Anwendbarkeit von KI im Planungsalltag.

Des Weiteren wurden ExpertInnen aus dem Bereich Data Science und Machine Learning interviewt, die sich auf die Entwicklung und Implementierung von KI-Technologien spezialisiert haben. Diese Fachleute bringen ihre technischen Kenntnisse und ihre Expertise in der Nutzung von Machine Learning und generativen KI-Modellen wie ChatGPT ein. Ihre Einschätzungen zur Leistungsfähigkeit und den Anwendungsmöglichkeiten von häufig genutzten Algorithmen liefern wertvolle Informationen für die Beurteilung der Stärken und Schwächen von KI-Systemen im urbanen Kontext.

Alle Interviews wurden per E-Mail vereinbart und enthielten sowohl den strukturierten Leitfaden, der sich aus den Forschungsfragen der Arbeit sowie fünf zusätzlichen Fragen für das Experiment zusammensetzte, als auch eine Erlaubnis, das Interview aufzeichnen zu dürfen. Aufgrund der unterschiedlichen fachlichen Schwerpunkte wurden zwei Interviewleitfäden erstellt. Diese sind im Anhang zu finden. Alle Interviews wurden per Videokonferenz durchgeführt.

ExpertIn	Fachgebiet	Dauer	Datum
P1	Örtliche Raumplanung	1 h 02 m	29.10.2024
P2	Digitale Raumplanung	51 m	29.11.2024
P3	Landschaftsplanung	57 m	07.11.2024
P4	Grün- und Freiraumplanung	1 h 06 m	29.10.2024
P5	Räumliche Entwicklungsplanung, Planungskommunikation	52 m	28.10.2024
P6	ML & Data Science	1 h 18 m	15.11.2024
P7	Data Science, Data Intelligence, Business Analytics	51 m	28.10.2024

Tab. 1: Interviews, eigene Darstellung

1.3.3 Qualitative Inhaltsanalyse

Die qualitative Inhaltsanalyse ist ein standardisierter Prozess, der eine mehrstufige und nachvollziehbare Auswertung und Interpretation von Textmaterial ermöglicht. Dafür gibt es nach Mayring (2016, S. 70) drei verschiedene Ansätze:

- Zusammenfassung: Anhand der Fragen im Leitfaden werden die Texte im Hinblick auf die zentralen Inhalte reduziert.
- Explikation: Weitere Materialien werden zu einzelnen Abschnitten der Texte recherchiert.
- Strukturierung: Relevante Aspekte für die Fragestellung werden aus dem Textmaterial gefiltert und dargestellt.

In der Praxis findet oft eine Kombination dieser drei Ansätze statt (Mayring 2016, S. 70), wie auch im Rahmen dieser Arbeit. Hierbei wurden die Zusammenfassung und die Strukturierung kombiniert.

Die Bestimmung der Analyseeinheiten, in diesem Fall der ExpertInneninterviews, stellen den ersten Schritt dar. Danach erfolgt die Paraphrasierung der inhaltstragenden Textstellen. Daraufgehend wird der Abstraktionsgrad bestimmt, indem Inhalte reduziert und paraphrasiert bzw. relevante Aspekte aus dem Textmaterial für die Fragestellung gefiltert werden. Die Paraphrasen werden daran angepasst und die Ergebnisse schrittweise dargestellt. Als finalen Schritt wird die Rücküberprüfung am Ausgangsmaterial gesehen, um fehlerhafte Darstellungen und etwaige Missinterpretationen aufzudecken und zu korrigieren (Mayring 2016, S. 70).

1.3.4 Experiment „ChatGPT Planning Lab“

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde ein mehrstufiger Ansatz gewählt, um die Antworten der ExpertInnen mit den generierten Antworten des KI-Modells zu vergleichen. Zusätzlich wurde die KI mit der Umgestaltung von zwei spezifischen Plätzen in Wien beauftragt, um dessen Leistungsfähigkeit in einem praxisnahen Kontext zu evaluieren. Die Ergebnisse des KI-Experiments wurden anschließend zu den ExpertInneninterviews mitgenommen und diskutiert.

Das Experiment wurde ausschließlich mit der generativen KI ChatGPT von OpenAI durchgeführt. Die Entscheidung, sich auf dieses Modell zu konzentrieren, basiert auf mehreren Überlegungen. ChatGPT stellt eines der fortschrittlichsten und am weitesten verbreiteten generativen KI-Modelle dar, das in der Lage ist, komplexe und kreative Fragestellungen in natürlicher Sprache zu beantworten. Diese Vielseitigkeit macht es besonders geeignet für die Anwendung in der Stadtplanung, die sowohl technische als auch kreative Aspekte umfasst. Darüber hinaus ist ChatGPT eine öffentlich zugängliche Technologie, deren Nutzung es ermöglicht, vergleichbare und transparente Ergebnisse zu erzielen. Die Wahl eines einzigen Modells gewährleistet eine einheitliche Methodik und vermeidet Verzerrungen, die durch den Einsatz unterschiedlicher KI-Systeme entstehen könnten. Ein weiterer Vorteil von ChatGPT ist seine kontinuierliche Weiterentwicklung, die es zu einer zukunftsorientierten Wahl für die Untersuchung des aktuellen Stands der generativen KI macht.

Eine genaue Beschreibung des Experiments und der Ergebnisse ist im Kapitel 7 zu finden. Zur besseren Veranschaulichung des methodischen Ablaufs wird ebenfalls in Kapitel 7 eine schematische Darstellung des mehrstufigen Vorgehens präsentiert.

2 Technologische Grundlagen von KI

Bevor die Nutzungsmöglichkeiten in der Planungspraxis erläutert werden können, müssen grundlegende Begrifflichkeiten sowie die jeweils technischen Funktionsweisen, die im direkten, aber auch indirektem Zusammenhang mit der Künstliche Intelligenz stehen, beschrieben werden.

Grund dafür ist mitunter die eigene Wahrnehmung der Autorin, dass während des Symposiums „Die Zukunft des Wohnens“ im Oktober 2023, Begriffe wie „Künstliche Intelligenz“, „maschinelles Lernen“, „Internet of Things“ (ab jetzt IoT), „Big Data“, „Industrie 4.0“, „Automatisierung“ uvm. von den Teilnehmenden, die überwiegend aus der Immobilienbranche stammten, synonym zum Begriff „Digitalisierung“ angewandt wurden. Erst im Nachhinein stellte sich auf expliziter Nachfrage heraus, dass die Teilnehmenden die Begriffe nicht voneinander abgrenzen konnten und sich von den Vortragenden eine Beschreibung der einzelnen Termini gewünscht hätten.

Aus diesem Grund erschien es relevant, zunächst den Begriff „Digitalisierung“ zu erläutern und die oben genannten Begriffe möglichst kurzgefasst in diesen Rahmen einzubetten, um diese letztendlich mit der Künstlichen Intelligenz in Zusammenhang zu bringen.

Lauzi bezieht sich beim Begriff Digitalisierung auf das englische Wort „digit“, welches für eine Information steht, die sich in Form einer Zahl oder eines codierten Zeichens ausdrückt (Lauzi 2018, S.39). Er leitet davon den Begriff des Binary digit (kurz: Bit) ab, welches nur die zwei Werte – Null oder Eins – annehmen kann (ebda.). Aus dieser Definition lässt sich schlussfolgern, dass Digitalisierung analog vorliegende Informationen in Zahlenwerte abbildet, um sie mit einem Computer verarbeiten zu können (Czeschik 2022, S.28). Dadurch können digitale Informationen mit geringem Energieaufwand verschickt, vervielfältigt und standortunabhängig zugänglich gemacht werden (ebda. S.30). Kreowski & Krieger (2021, S.264) charakterisieren die Digitalisierung als seit dem zweiten Weltkrieg anhaltenden Prozess, der *„die Industrialisierung auf eine neue Stufe hebt und in den sich KI nahtlos einreht.“*

Nach einer weiteren Literaturrecherche zeigte sich, weshalb die Teilnehmenden des oben genannten Symposiums den Digitalisierungsbegriff als Überbegriff verwendeten. Lauzi beschreibt, dass die Bezeichnung „Digitalisierung“ seit Beginn des 21. Jahrhunderts für den allumfassenden Einsatz von Computern steht (Lauzi 2019, S. 39). Konkret werden damit auch die hohe Verarbeitungsgeschwindigkeit, die steigende Datenspeicherkapazität, sowie die unterschiedlichen Wege der Vernetzung (bspw. elektrische Leitungen – „wired“ oder über elektromagnetische Felder – „wireless“) verstanden (ebda). Auch Mitteregger et al. schildern, dass nach allgemeinem Sprachgebrauch unter Digitalisierung die *„Einführung und verstärkte Nutzung digitaler*

Übertragungstechnik in der Wirtschaft, im öffentlichen Leben und im privaten Alltag“ verstanden wird (Mitteregger et al., 2020, S.16).

Wie bereits erwähnt, wird die Digitalisierung als dynamischer Prozess gesehen, weshalb weitere Begriffe wie „Digitale Transformation“, „Digitale Revolution“ oder „Vierte industrielle Revolution“, aber auch „Industrie 4.0“ oftmals fälschlicherweise synonym zur Digitalisierung angewandt werden (Mitteregger et al., 2020, S.16). Richtig zu stellen ist an dieser Stelle, dass die Digitalisierung u.a. als Basis der genannten Begriffe gesehen werden kann (ebda.). Das Ziel der Industrie 4.0 ist jedoch eine weitestgehend selbstorganisierte Produktion, in welcher Menschen, Maschinen, Anlagen, Logistik und Produkte direkt miteinander kommunizieren (ebda.). Dafür werden intelligente und digital vernetzte Systeme als technische Grundlage benötigt (ebda.). In diesem Zusammenhang wird auch von der Automatisierung gesprochen, in welcher repetitive bzw. manuelle Arbeiten von Maschinen oder Computern übernommen werden (Czeschik 2022, S.31).

Internet of Things (ab jetzt: IoT) ist ein wesentlicher Bestandteil der Digitalisierung und bezieht sich auf die Vernetzung von physischen Geräten, Objekten und Sensoren über das Internet, um Echtzeitdaten zu generieren, auszutauschen und zu analysieren (Czeschik 2022, S.137-144). IoT kann als Treiber der Digitalisierung gesehen werden, da dadurch neue Möglichkeiten entstehen, Daten zu sammeln, zu analysieren und auf diese zuzugreifen (ebda.).

An dieser Stelle ist ein weiterer Begriff – Big Data – zu nennen. Damit wird das große Volumen und die Vielfalt der Daten in relationalen Datenbanken beschrieben (Seeberg 2020, S.13). Das umfasst klassisch strukturierte Zahlen und Kontaktinformationen sowie unstrukturierte Audio- und Videodateien, z.B. aus sozialen Medien (ebda.). Doch wie stehen KI und Big Data nun in Zusammenhang? Allgemein lässt sich sagen, dass Algorithmen große Datenmengen benötigen, um für bestimmte Aufgabenstellungen trainiert zu werden, bzw. damit eine KI diese Daten aufbereiten, analysieren und in weiterer Folge Muster erkennen kann (Abdelkafi et al., 2019, S.19).

2.1 Einführung in den Begriff

Im Grunde ist KI ein Teilgebiet der Informatik, welches sich mit den Gesetzmäßigkeiten einer maschinellen Daten- und Informationsverarbeitung auseinandersetzt (Kreowski & Krieger 2021, S.272). Laut Hauswald (2021, S.361) sind damit Systeme gemeint, die *„auf einer Verbindung von Big-Data-Analysen und maschinellen Lernen auf der Basis künstlicher neuronaler Netze beruhen.“* Diese Systeme werden mit großen Datensätzen trainiert, was bedeutet, dass Korrelationen und Muster mittels statistischer Auswertungen errechnet werden (ebda.). Die von KI-Systemen angewandten Rechenverfahren werden in den folgenden Kapiteln noch umfassender erläutert.

Bereits nach einer kurzen Literaturrecherche zeigt sich, dass der Begriff Künstliche Intelligenz wegen der vielfältigen Ausprägungen unspezifisch verwendet wird und seit der Einführung der Bezeichnung im Zuge eines Antragsentwurfs für das Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence im Jahr 1955 unterschiedliche Ansätze assoziiert werden (Freksa 2021, S.129). Die Strategie der Bundesregierung für Künstliche Intelligenz schließt daraus, dass es *„bis heute keine allgemeingültige Definition von Künstlicher Intelligenz“* gibt (BMK 2021, S.16). Laut Stapelfeldt hängt das mit der Tatsache zusammen, dass die Herausforderung bereits darin besteht, den Begriff „menschliche Intelligenz“ zu definieren, da es unterschiedliche Ansätze gibt, „Intelligenz“ zu beschreiben (Stapelfeldt 2021, S.243).

Der Informatiker John McCarthy gilt als Mitbegründer der KI und beschreibt 1955 erstmals den Begriff wie folgt:

„[...] that every aspect of learning or any other feature of intelligence can [...] be so precisely described that a machine can be made to simulate it. An attempt will be made to find how to make machines use language, form abstractions and concepts, solve kinds of problems now reserved for humans, and improve themselves.“
(McCarthy et al., 1955)

McCarthy möchte mit seiner Definition eine Vergleichbarkeit an die menschliche Intelligenz erzielen. Er definiert zwar, was „Intelligenz“ in seinem Kontext bedeutet, lässt jedoch außer Acht, dass es innerhalb der wissenschaftlichen Debatte unterschiedliche Modelle gibt, Intelligenz zu bestimmen (Zillmann 2021, S.65).

Das Wort „Intelligenz“ kommt vom lateinischen „intellegere“, eine Zusammensetzung aus inter („zwischen“) und legere („lesen, wählen“) (Seising 2021, S.22). Es bedeutet daher auch „zwischen etwas zu wählen“, also aus mehreren Möglichkeiten auszuwählen und eine Entscheidung zu treffen (ebda.). Kaplan (2017, S. 16-17) geht noch einen Schritt weiter. Für ihn bedeutet Intelligenz nicht nur das korrekte Ergebnis einer Aufgabenstellung wiederzugeben, auch der Lösungsweg sei wesentlich (ebda.).

McCarthy bezieht sich in seiner Definition auf *„die Fähigkeit eines Systems [...] sich an veränderliche Umstände anzupassen, auf unbekannte Probleme zu reagieren und diese lösen zu können.“* (Zillmann 2021, S.65).

Eine andere Möglichkeit, KI zu beschreiben, zeigt der kürzlich von den EU-Mitgliedstaaten einstimmig angenommene AI-Act. Die europäische Kommission versucht nicht, Intelligenz zu definieren, sondern begrenzt ein KI-System auf gewisse Kompetenzen, die vorliegen müssen, damit es sich um ein System handelt, das mit KI ausgestattet ist. Dem nachfolgenden Zitat kann entnommen werden, dass es sich dabei bspw. um die Anpassungs- oder Entscheidungsfähigkeit handelt, welche wie oben genannt, intelligenten Wesen zugeschrieben werden:

„‘AI system‘ is a machine-based system designed to operate with varying levels of autonomy and that may exhibit adaptiveness after deployment and that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments“. (Council Of The European Union 2024, S.96).

Abschließend ist festzuhalten, dass es derzeit noch keine einheitliche Definition des Intelligenzbegriffs gibt (Seising 2021, S.124). Jedoch gibt es einige Theorien und Modelle, die mittels Klassifizierung von Bereichen dabei helfen sollen, zwischen mehreren Arten von Intelligenz zu unterscheiden, beispielsweise analytische, praktische, aber auch musische, soziale und emotionale Intelligenz (ebda.). Ebenfalls verdeutlicht wird die Notwendigkeit, eine KI anhand des jeweiligen Kontextes, in dem diese eingebettet ist, zu definieren. Was all diese Definitionsversuche jedoch zu vereinen scheint, ist das Bestreben, die Mechanismen des denkenden und intelligenten Verhaltens eines Wesens zu verstehen, um diese in Maschinen zu implementieren. Kurz gesagt werden menschliche Entscheidungsleistungen und rationales Handeln als Vorbild bei der Entwicklung intelligenter Systeme gesehen (Castro & New 2016, S.36). Das könnte mitunter ein Grund dafür sein, dass starke KIs, denen analytische Fähigkeiten zugeschrieben werden können, oftmals dem Menschen gleichgesetzt werden, und somit die Schlussfolgerung entsteht, dass Maschinen denken bzw. ein Bewusstsein haben (Stepec 2021, S.16).

2.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Fiktion einer „denkenden Maschine“ und deren Denkvorgänge formal-logisch zu fassen reicht zwar bis zu den Griechen in der Antike zurück (Kreowski & Krieger 2021, S.260), um den Rahmen nicht zu sprengen, werden in dieser Arbeit nur jene bedeutenden Meilensteine in Technologie und Forschung in der gebotenen Kürze erläutert, die für die wissenschaftliche Debatte von Bedeutung sind.

Im Dezember 1943 veröffentlichten der Neurophysiologe Warren S. McCulloch und der Logiker Walter H. Pitts den wissenschaftlichen Artikel „A Logical Calculus of the Idea Immanent in Nervous Activity“ und ebneten damit den Weg für die Forschung der künstlichen neuronalen Netze (McCulloch et al., 1943, S.1).

1951 beschrieb Alan Turing in seinem Fachartikel „Computing Machinery and Intelligence“ ein Experiment, in dem die Kommunikation zwischen Menschen und Maschine beobachtet wird, um zu untersuchen, ob die maschinelle Intelligenz der menschlichen Intelligenz gleichwertig ist (Turing 1950, S. 433.). Bei dem Experiment handelt es sich um ein Imitationsspiel, in dem eine Person sich in einem abgeschlossenen Raum befindet, und mittels Frage-Antwort-Ablauf per Tastatur und Bildschirm versucht herauszufinden, ob das Gegenüber eine Maschine oder ein Mensch ist (ebda.). Kann die Person am Ende des Experiments den Computer als

vermeintlichen Gesprächspartner nicht identifizieren, so gilt der Turing-Test als bestanden und die maschinelle Intelligenz ist der menschlichen vergleichbar (ebda.).

Im Jahr 1952 programmierte der Elektrotechnik-Ingenieur Arthur L. Samuel bei IBM ein Dame-Spiel für die kommerziellen IBM-Computer (Wiederhold & McCarthy 1992, S.329.). Aus seinem Bericht aus dem Jahr 1959 geht hervor, dass jenes Computerprogramm in 8 bis 10 Stunden Spielzeit besser zu spielen lernt als die Person, die das Programm geschrieben hat (Samuel 1959, S.535). Damit wurde der Grundstein für das Studienggebiet des maschinellen Lernens gelegt, welches *„Rechnern ermöglicht zu lernen, ohne explizit programmiert zu werden“* (Seeberg 2020, S.9).

Weitere wichtige Ereignisse fanden im Sommer 1956 am Dartmouth College in New Hampshire statt. John McCarthy hat im Förderantrag für die Dartmouth Konferenz erstmals den Begriff „Künstliche Intelligenz“ implementiert (Freksa 2021, S.129). Das Ziel der Studie war *„herauszufinden, wie man Maschinen dazu bringen kann, Sprache zu benutzen, Abstraktionen und Begriffe (concepts) zu bilden, Arten von Problemen zu lösen, die heute dem Menschen vorbehalten sind, und sich selbst zu verbessern.“* (Seising 2021, S.56). Somit gilt der 13.Juli 1956 als Geburtstag der KI, die Dartmouth Conference als prägendes Ereignis für den Begriff „KI“ und John McCarthy als dessen Mitbegründer (Kaplan 2017, S.27).

1966 veröffentlichte der Informatiker Joseph Weizenbaum das Sprachverarbeitungsprogramm „ELIZA“, welches *„natural language conversation with a computer“* ermöglicht (Weizenbaum 1966, S.36). Konkret simulierte das Programm ein virtuelles psychotherapeutisches Gespräch (ebda.). Die Algorithmen des Programms gelten als Vorreiter der heutigen Sprachassistenten wie Siri oder Alexa (ebda.).

Im Jahr 1973 erhielt der Mathematiker Michael J. Lighthill den Auftrag, den aktuellen Stand der KI-Forschung einzuschätzen (Lighthill 1973). Dabei kam er in seinem Bericht zu dem Entschluss, dass die in den 60er Jahren angekündigten Leistungen der ersten KI-Systeme in keinem Bereich umgesetzt wurden (ebda.). Das lag mitunter daran, dass zu wenig Daten in digitaler Form verfügbar bzw. speicherbar waren (Kaplan 2017, S.38). Die Konsequenz war die Kürzung finanzieller Mittel vieler Regierungen und in weiterer Folge beschränkte sich die Forschung nunmehr auf sogenannte Expertensysteme (Gonsalves 2018, S. 168-176). Diese griffen auf programmierte Regeln zurück und dienten in erster Linie dazu, wenig verbreitetes menschliches Fachwissen zu digitalisieren, zu vervielfältigen und kostengünstig zu verbreiten (Kaplan 2017, S.38). Somit werden die 1960er bis 80er Jahre auch als „KI-Winter“ bezeichnet (Gonsalves 2019, S. 168-176).

Einen wesentlichen Aufschwung erhielt das Fachgebiet KI ab dem Jahr 1982 (Kreowski & Krieger 2021, S. 262). Das japanische Ministry of International Trade and Industry initiierte das 10-Jahres-Programm „Fifth Generation Computer Systems“ und das U.S. Department of Defense veranlasste die „Strategic Computing Initiative“ (ebda.). Der Förderungsumfang der beiden Programme belief sich auf mehrere 10 Millionen US-Dollar (ebda.). Wegen der mangelnden Erfolgsaussichten wurden die finanziellen Mittel bereits vor Ende der Projektlaufzeiten gekürzt (Kreowski & Krieger 2021, S.263).

1997 gewann das IBM-Schachprogramm „Deep Blue“ mittels künstlicher Intelligenz in einem offiziellen Schachturnier gegen den damaligen Schachweltmeister Garry Kasparow (Kaplan 2017, S. 58). Dieses Ereignis zeigte den ForscherInnen die Möglichkeiten auf, Computer zu entwerfen, die komplexe Probleme in anderen Bereichen lösen können und brachte somit wieder einen positiven Impuls für das Fachgebiet der KI (ebda.).

Anfang der 2000er Jahre führten technologische Fortschritte wie die leistungsfähigeren Prozessoren, geringe Speicherkosten, die Verfügbarkeit von Hochleistungs-Parallel-Computing (bspw. GPUs) zu Veröffentlichungen kommerzieller KI-Anwendungen von zahlreichen großen IT-Konzernen (Rashid 2017, S.177 und Kelly 2014). Auch das Aufkommen von Big Data und die Verfügbarkeit von Cloud-Computing-Lösungen trugen zum Fortschritt bei (Döbel et al. 2018, S.9-10).

Anfang 2016 gewann die Deepmind-Software Alpha Go von Google gegen den Europameister Lee Sedol bei einer Partie auf dem chinesischen Brettspiel Go, welches wegen der hohen Anzahl an möglichen Zügen weitaus komplexer ist als Schach (Rashid 2017, S.177).

Zahlreiche KI-Systeme der unterschiedlichen Teilbereiche haben bereits, im Jahr 2023, Einzug in unseren Alltag gehalten. Die vor ~65 Jahren festgesetzten Ziele der KI bestehen auch heute noch und Methoden wie künstliche neuronale Netze werden bereits seit Jahrzehnten praktiziert (Kreowski & Krieger 2021, S.263). In jüngster Zeit erreichen weitere Bereiche der KI-Forschung wie beispielsweise Robotik, Computer Vision, Spracherkennung sowie die Verarbeitung natürlicher Sprache (NLP, Natural Language Processing) wegen der steigenden Rechengeschwindigkeit und Speicherkapazität technologische Erfolge (Kaplan 2017, S.63). Dennoch ist es noch nicht möglich, KI in Bereichen, die rasche ethische Entscheidungen erfordern, einzusetzen (Döbel et al. 2018, S.40-41).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Forschung im Bereich KI noch lange nicht abgeschlossen ist. Die geschichtliche Entwicklung verdeutlicht, dass sich mit dem technischen Fortschritt auch die Vorstellung von einer intelligenten Maschine veränderte.

2.3 Anwendungsgebiete von maschinellen Lernverfahren und KI

Die Forschung der Künstlichen Intelligenz kann in mehrere Teilbereiche untergliedert werden. Dabei können KI-Systeme rein softwarebasiert in einer virtuellen Umgebung operieren wie bspw. Sprachassistenten oder Bildanalyse-Software (Europäische Kommission 2018, S.1). Alternativ können diese auch in Hardware eingebettet sein, wie bei modernen Robotern oder autonomen Fahrzeugen (ebda.). Aufgrund des begrenzten Umfangs dieser Arbeit richtet sich der Fokus dieses Kapitels auf die bekannten Fachbereiche wie Robotik, Computer Vision, Spracherkennung und die Verarbeitung natürlicher Sprache und gibt jeweils einen kurzen Einblick.

2.3.1 Robotik

Der österreichische Rat für Robotik bezeichnet den Begriff Roboter als *„Maschinen, die teilweise oder vollständig autonom Aufgaben durchführen.“* (Österreichischer Rat für Robotik und KI 2018, S.25). Das Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik der Technischen Universität Wien definiert einen Roboter als *„mechanisches System bestehend aus einer Reihe von Körpern, den Gliedern [...], welche durch unterschiedliche Typen von Gelenken [...] miteinander verbunden sind.“* (Hartl-Nesic et al., 2022, S.1).

Vereinfacht gesagt, ist das Ziel der Robotik die Entwicklung von Werkstoffen und Steuerungsmöglichkeiten zur Konstruktion von Maschinen, die körperliche Arbeiten übernehmen können (Kaplan 2017, S.63). Hinzu kommt die Tatsache, dass sich die Forschung dahingehend entwickelt, humanoide Roboter zu konstruieren, die in der Industrie einsetzbar sind (ebda.).

Durch maschinelles Lernen werden diese Maschinen mit zunehmend kognitiven Fähigkeiten, wie bspw. *„[...] die automatische Verarbeitung von Wahrnehmungsdaten, das Erstellen von Umweltmodellen und zielorientierten Handlungsplänen, die darauf basierende Entscheidungsfindung und Handlungsdurchführung sowie die automatische Verbesserung von Systemfunktionen [...]“*, ausgestattet (Österreichischer Rat für Robotik und KI 2018, S.25). Maschinen mit diesen Fähigkeiten werden auch als autonome kognitive Systeme bezeichnet (ebda.). Auch selbstfahrende Autos oder aktive Exoskelette und autonome Softwareagenten (bspw. Bots) fallen in den Bereich der autonomen kognitiven Systeme (ebda.). Obwohl diese Systeme in der wissenschaftlichen Debatte nicht direkt der Robotik zugeordnet werden, sei es notwendig diese wegen der komplexen Definitionsabgrenzung aufzulisten, um ethische Prinzipien und Rechte sämtlicher nationaler und EU-weiter Strategiepapiere in Zusammenhang mit Künstlicher Intelligenz abzudecken (ebda.).

Die KI ist ein wesentlicher Bestandteil von autonomen kognitiven Systemen (Österreichischer Rat für Robotik und KI 2018, S.25), weshalb Roboter nicht mehr ausschließlich als Hardware, und KI als die dazugehörige Software gesehen (Seeberg 2020, S.56) werden und „die Begriffe ‘KI Systeme’ oder ‘Kognitive Systeme’ oft synonym verwendet“ werden (Österreichischer Rat für Robotik und KI 2018, S.25).

2.3.2 Computer Vision – maschinelles Sehen

Das Ziel der Computer Vision ist es, Computern menschliche Wahrnehmungsfähigkeiten zu verleihen, damit sie die Umgebung erfassen, die erfassten Daten verstehen, Handlungen durchführen und aus diesen Erfahrungen lernen können, um ihre Leistung zu verbessern (Sebe et al. 2005, S.1). Dieser Teilbereich wird häufig mit der bereits erwähnten Robotik verknüpft (Kaplan 2017, S.69). Zusammengefasst ermöglicht machine learning den Computern das „Denken“ und Computer Vision ihnen das „Sehen“ (ebda.).

Zu den Einsatzbereichen dieser Systeme zählen bspw. die Sicherheitstechnik, bei industriellen Herstellungsprozessen, die Qualitätssicherung und Automatisierungstechnik im Verkehrsbereich, Auswertung und automatische Erkennung von Gefahrensituationen und Zutrittssystemen (Wirtschaftsagentur Wien 2021, S.8). Zum Gebiet des Visual Computing zählen weitere Bereiche wie AR&VR, Bildverarbeitung und die geometrische Modellierung (ebda. S.9-10).

2.3.3 (automatische) Spracherkennung

Die Spracherkennung ist ein Teilgebiet der Computerlinguistik (Carstensen et al. 2009, S.7). Bei der Spracherkennung wandeln Algorithmen gesprochene Sprache in ein maschinenlesbares Format um (Etscheid et al. 2020, S.10). Um die menschliche Sprache zu verarbeiten, wird in der Spracherkennung auf Techniken der statistischen und strukturellen Mustererkennung sowie auf wissensbasierte Prinzipien der Linguistik und Phonetik zurückgegriffen (Carstensen et al. 2009, S.3-6).

Bekannte Anbieter von Sprachassistenten sind Google „Assistant“, Amazon „Alexa“ und Apple „Siri“. Die Spracherkennung kann bspw. eingesetzt werden, um Prozesse zu verkürzen, zu automatisieren aber auch um Transkriptionsarbeiten zu übernehmen (Gaum 2024, S.15).

2.3.4 Verarbeitung natürlicher Sprache (Natural Language Processing)

Bei NLP wird regelbasiertes Modellieren natürlicher Sprache mit maschinellem Lernen und Deep-Learning-Modellen kombiniert (Krohn et al. 2020, S.241). Ziel von NLP ist, menschliche Sprache in Form von Text- oder Sprachdaten zu verarbeiten,

zusammenzufassen, vorherzusagen und Absichten und Gefühle des Nutzers zu „verstehen“ (ebda.). Dafür werden Deep-Learning-Techniken wie Large Language Model (LLM – übersetzt große Sprachmodelle) angewandt (ebda.). Große Sprachmodelle, die hauptsächlich zur Generierung textbasierter Inhalte verwendet werden gehören zur Kategorie der generativen KI (ebda.). Bekannte Beispiele sind Databricks „Dolly“, Google „BARD“ oder auch OpenAI „ChatGPT“. Wie in Abbildung 1 zu sehen ist, bezeichnet sich letzteres bei einer Abfrage korrekterweise selbst als LLM und verweist auf die Kernfunktionen von NLP – nämlich Sprachen zu übersetzen oder auch große Textmengen zusammenzufassen.

- N You**
Hallo ChatGPT, würdest du dich selbst als LLM bezeichnen?
- ChatGPT**
Ja, ich bin ein Large Language Model (LLM), entwickelt von OpenAI auf Grundlage der GPT-3.5-Architektur. Wie kann ich Ihnen helfen?
- N You**
Erkläre mir deine Funktionen
- ChatGPT**
Natürlich! Als Large Language Model (LLM) habe ich verschiedene Funktionen:
1. **Textverständnis:** Ich kann menschenähnliche Texte verstehen, interpretieren und darauf reagieren.
 2. **Sprachgenerierung:** Ich kann neue Texte in natürlicher Sprache generieren, basierend auf den Eingaben, die ich erhalte.
 3. **Informationen abrufen:** Ich kann allgemeine Informationen zu einer Vielzahl von Themen bereitstellen, basierend auf dem Wissen, das mir bis zu meinem Trainingsdatum im Januar 2022 zur Verfügung steht.
 4. **Sprachübersetzung:** Ich kann Texte zwischen verschiedenen Sprachen übersetzen, obwohl ich keine spezialisierte Übersetzungsmaschine bin.
 5. **Gesprächsführung:** Ich kann in natürlicher Sprache mit Benutzern interagieren und auf eine Vielzahl von Anfragen und Fragen antworten.
 6. **Programmierhilfe:** Ich kann einfache Programmieraufgaben unterstützen und Codefragmente in verschiedenen Programmiersprachen generieren.
 7. **Kreatives Schreiben:** Ich kann kreative Texte, Geschichten, Gedichte und mehr erstellen.

Abb. 1: Befragung an ChatGPT, Quelle: eigene Darstellung

2.3.5 Expertensysteme

Das Ziel dieser Systeme ist, Fachwissen von ExpertInnen zu formalisieren, zu speichern und dieses langfristig replizierbar zu machen (Röser 2021, S.18). Expertensysteme arbeiten regelbasiert (ebda.) und bestehen aus der Wissensbasis, einem Schlussfolgerungsmechanismus (inference engine) sowie einer Dialogkomponente (Wollmersdorfer 1986, S.52).

Das Fundament der Wissensbasis bildet das in strenge (Wenn-Dann-)Regeln implementierte Fachwissen, welches von der „inference engine“ (Inferenzmaschine) selbständig durchlaufen werden kann (Wollmersdorfer 1986, S.52). Die Dialogkomponente dient der Kommunikation mit dem Benutzer, beispielsweise kann sie erklären, wie Lösungsmöglichkeiten zustande gekommen sind (ebda.).

Schlussfolgernd lässt sich festhalten, dass im Gegensatz zu einer KI, der Lösungsweg eines Expertensystems nachvollziehbar ist, die eingegeben Parameter immer zum gleichen Resultat führen und im Falle einer fehlerhaften Eingabe, ohne Zutun eines Programmierers, kein Ergebnis vorlegen können.

2.3.6 Arten von KI

Bei der künstlichen Intelligenz wird grundsätzlich zwischen zwei Gruppen unterschieden – „schwache“ (Artificial Narrow Intelligence) und „starke“ (Artificial General Intelligence) KI (Sherk et al. 2017, S.8).

Bei einer „schwachen“ KI handelt es sich um Computerlogik, die rein formal bzw. syntaktisch ist, vorgegebene Problemstellungen bewältigt und die Fähigkeit besitzt, sich selbst zu optimieren (Röser 2021, S.24). Diese Systeme sind wegen der Lernalgorithmen und den Trainingsdaten von menschlichen Anordnungen abhängig (Krohn et al. 2020, S.89). Der heutige Stand der Technik beschränkt sich auf „schwache“ KI und wird bspw. bei der Bild-, Text- sowie Spracherkennung, virtuellen Agenten oder auch autonomen Fahrzeugen eingesetzt (Sherk et al. 2017, S.20).

Eine „starke“ KI beschreibt ein theoretisches Konzept eines Computersystems, welches *„kognitive Zustände besäße[n] und verstünde[n]“* und somit *„nicht mehr die Imitation von Denken, sondern wirkliche Intelligenz und wirkliches Denken in einem nicht lebendigen, in einem technischen System“* wäre (Seising 2021, S.129). Zusammengefasst ist das Ziel einer „starken“ KI *„intelligente Maschinen zu schaffen, die vom menschlichen Verstand nicht zu unterscheiden sind“*, und menschenähnliches Bewusstsein entwickelt (Krohn et al. 2020, S.89). Umstritten ist in der Forschung bisher, ob und mit welchem Zeithorizont „starke“ KI-Systeme entwickelt werden können (Sherk et al. 2017, S.21).

Eine weitere KI-Theorie ist die künstliche Superintelligenz (Artificial Superintelligence, ASI), die eine Ebene über der „starken“ KI steht und Computersysteme bezeichnet, die der menschlichen Intelligenz zur Gänze überlegen sind (Krohn et al. 2020, S.89). Über die zukünftige Existenz dieses KI-Modells wird in der Wissenschaft gleichermaßen kontrovers diskutiert und wegen mangelnder Relevanz in dieser Arbeit nicht näher beleuchtet. (Sherk et al. 2017, S.21).

2.4 Leistungsbestandteile von KI

2.4.1 Algorithmus

Dieser Begriff stammt ursprünglich aus der Mathematik und ist im Duden definiert als *„Verfahren zur schrittweisen Umformung von Zeichenreihen; Rechenvorgang nach einem bestimmten [sich wiederholenden] Schema.“* (Duden.de, 2023).

Auch die Definition gemäß Rechenberg/Pomberger bezieht sich auf ein schrittweises und festgesetztes Verfahren: *„Ein Algorithmus ist eine präzise, d.h. in einer festgelegten Sprache abgefasste, endliche Beschreibung eines schrittweisen Problemlösungsverfahrens zur Ermittlung gesuchter Größen aus gegebenen Größen, in dem jeder Schritt aus einer Anzahl ausführbarer eindeutiger Aktionen und einer Angabe über den nächsten Schritt besteht.“* (Rechenberg & Pomberger, 2002, S.15)

Ein Algorithmus agiert in Arbeits- und Prüfschritten, um Probleme oder Aufgaben zu lösen (Delventhal et al. 2002, S.162). Ersteres wendet eine vorgegebene Regel an, letzteres untersucht, ob eine Bedingung vorliegt (ebda.).

Um Algorithmen zu erstellen, werden u.a. Programmiersprachen wie Python, C++ oder Java angewendet (Seeberg 2020, S.16).

Es gibt eine Vielzahl an ML-Algorithmen, die in der Praxis am häufigsten eingesetzt werden. Dies variiert je nach Anwendungsfall, den zur Verfügung stehenden Daten sowie dem Lernverfahren. Dazu zählen (Patel 2018):

- Lineare Regression,
- Logistische Regression,
- Decision Tree,
- Support Vector Machine (SVM),
- K-nearest Neighbor,
- K-means,
- Hierarchisches Clustering,
- Random Forest,
- Hauptkomponentenanalyse (PCA)

Eine Vielzahl der genannten Algorithmen kommen auch häufig bei der klassischen Statistiksoftware wie SPSS oder R) zur Anwendung. Ob bspw. eine logistische Regression mit ML durchgeführt wird, hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Die klassische Statistik verfolgt das Ziel, Kausalbeziehungen zwischen Variablen mittels inferenzstatistischer Methoden zu identifizieren und zu analysieren (Schaub 2024). Hingegen konzentrieren sich Verfahren des maschinellen Lernens auf die Erkennung von Zusammenhängen, also Mustern, in umfangreichen Datensätzen (ebda.). Dabei werden kausale Zusammenhänge nicht zwingend berücksichtigt (ebda.). Daraus lässt sich schließen, dass klassische Statistiksoftware beim gezielten Testen von Hypothesen sinnvoll ist. Hingegen ist bei großen Datenmengen oder wenn automatisierte Optimierungen gewünscht sind, der Einsatz von KI möglicherweise die bessere Wahl.

2.4.2 Daten und Datenverarbeitung

Damit KI-Systeme weiterentwickelt werden können, wird eine hohe Anzahl an zielgerichteten und qualitätsgesicherten Daten benötigt (BMK 2021, S. 39).

Algorithmen benötigen hochwertige Trainingsdaten. Durch die vermehrte Anwendung von Sensoren wächst die Menge an erzeugten Daten stetig an (Abdelkafi et al. 2019, S. 19-20). Damit die Daten für Trainingszwecke einsetzbar sind, müssen diese unterschiedliche Phasen durchlaufen, der auch Datenlebenszyklus genannt wird (ebda.). Die einzelnen Phasen werden an den jeweiligen Einsatzbereich angepasst und können daher variieren (ebda.). Wesentliche Schritte des Datenlebenszyklus sind die Erstellung, Nutzung, Freigabe, Aktualisierung, Archivierung, Datenhaltung und die Beseitigung (ebda.).

Besonders der erste Schritt, die Datenauswahl, ist relevant um Verschiebungen (Bias) zu vermeiden (Abdelkafi et al. 2019, S.20). Dazu werden nicht nur Kenntnisse der Algorithmik, sondern auch über das Themenfeld, für welchen die Daten eingesetzt werden sollen, benötigt (ebda.). Der Forschungszweig, der sich mit der Datenverarbeitung, -aufbereitung und -analyse beschäftigt, und in weiterer Folge für KI-Systeme nutzbar macht, heißt Data Science (Keim et al., 2020, S.3). Abdelkafi et al. schlussfolgert daraus, dass *„bei der Anwendung von KI auf spezifische Fragestellungen sowohl ein tiefergehendes Verständnis für Algorithmen, als auch Expertenwissen im spezifischen Anwendungsbereich notwendig ist.“* (Abdelkafi et al. 2019, S.21).

Mit der europäischen Datenstrategie, die im Jahr 2020 von der Europäischen Kommission vorgestellt wurde, wird ein freier und sektorübergreifender Datenfluss innerhalb der EU angestrebt und europäische Werte im Bereich Datenschutz, Wettbewerb und Konsumentenschutz gewahrt (BMK 2021, S.39).

2.4.3 Maschinelles Lernen

Beim maschinellen Lernen handelt es sich um ein Teilgebiet der KI, in welchem Algorithmen festgesetzte Rechenvorgänge wiederholen (Merdes 2021, S.181) und daraus Muster aus Trainingsdaten messen, erfassen und extrahieren können (Kaplan 2017, S.44). Der Informatiker Arthur Samuel bezeichnete maschinelles Lernen als Forschungsgebiet, welches darauf abzielt, Computern die Fähigkeit des Lernens zu ermöglichen bzw. Muster und Zusammenhänge aus Daten erkennen zu lassen (Mahesh 2020, S.381). Dabei kommen unterschiedliche Lernmethoden zum Einsatz, die in weiterer Folge beschrieben werden.

Wesentliche und häufig eingesetzte Statistikkonzepte des maschinellen Lernens sind die Wahrscheinlichkeitsrechnung, der Satz von Bayes, univariate und multivariate beschreibende Statistik, Durchschnitt/Median, Varianz und Standardabweichung, Perzentile/Quartile/Perzentilrang, Z-Wert, Box-Plots, Korrelation und Kausalität (Seeberg 2020, S.15).

Beim maschinellen Lernen werden bestimmte Lernstile unterschieden, die nachfolgend näher erläutert werden. Dabei ist das Ziel, das verfolgt wird, sowie die Qualität der Daten maßgebend für die Wahl der zur Verfügung stehenden Lernstile (Seeberg 2020, S.9). Auch die Wahl der Algorithmen sowie die verfügbare Prozessorleistung sind Komponenten, die Einfluss auf die Zielfindung und das Endergebnis haben (ebda.).

In einer Umfrage der Online Data Science Domäne „Kaggle“ aus dem Jahr 2022 ging hervor, dass 22% der befragten Data Scientists und ML-ExpertInnen (n = 23.997), und somit der am häufigsten verwendete ML-Algorithmus, die lineare oder logistische Regression ist (Dhirajkumar 2022). Am zweithäufigsten, mit 18%, wird der Entscheidungsbaum oder Random Forest gewählt (ebda.). Bei „Gradient boosted machines“ werden mehrere Modelle kombiniert, meistens Entscheidungsbäume für Klassifikations- und Regressionsaufgaben (Döbel et al. 2018, S.10). CNN, RNN, TNN sowie GNN gehören zu den deep Learning Algorithmen und sind daher farblich in Grau gehalten (ebda.). Hauptteilnehmende der Umfrage waren mit 18% Data Scientists und 14% Data Analyst (Dhirajkumar 2022). Diese beiden Berufsgruppen beschäftigen sich grob zusammengefasst mit der Analyse und Visualisierung von Daten. Dieser Sachverhalt könnte eine Begründung dafür sein, dass die, laut Literatur, häufig genutzten Algorithmen wie k-means oder k-nearest neighbor nicht in den Ergebnissen ersichtlich sind.

In Abbildung 4 wird die prozentuale Verteilung der angewandten Algorithmen veranschaulicht.

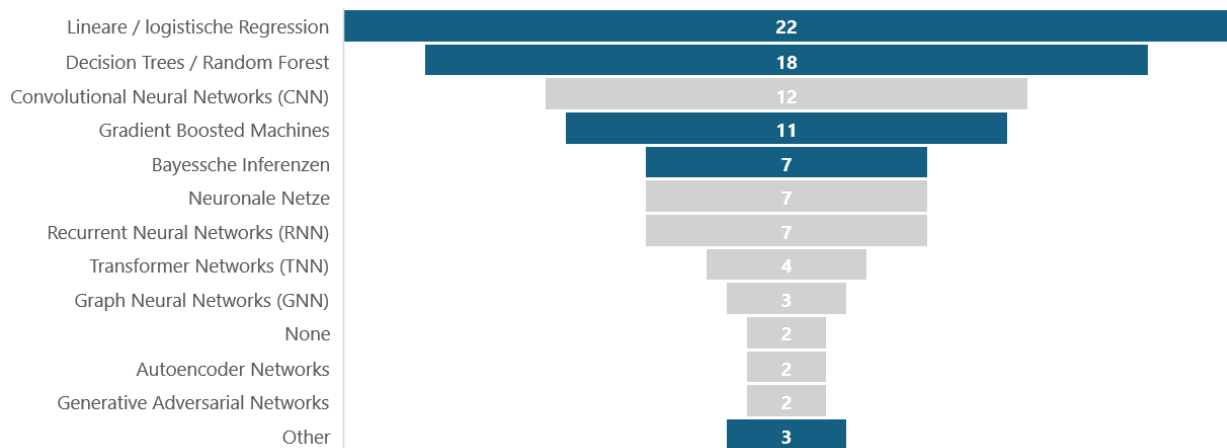


Abb. 2: Verwendete Algorithmen laut Kaggle Umfrage, Quelle: eigene Darstellung, Daten von Dhirajkumar 2022

Je nachdem, welches Ziel verfolgt bzw. welche Fragestellung beantwortet werden soll, aber auch welche Art von Daten zur Verfügung steht, werden unterschiedliche Lernstile eingesetzt (Döbel et al. 2018, S.10).

Beim „Supervised learning“ (überwachtes Lernen) werden Algorithmen eingesetzt, die Daten klassifizieren oder eine Regression durchführen (Seeberg 2020, S.11). Zu den häufig angewendeten Lernverfahren zählen die logistische und die lineare Regression, Entscheidungsbaum, k-nearest neighbors (k-NN) sowie Convolutional neural networks (CNN) und recurrent neural networks (RNN) (ebda). Bei diesem Verfahren wird zudem ein großer beschrifteter (gelabelter) Trainingsdatensatz benötigt (Krohn et al. 2020, S.67), welcher Input-Output-Datenpaare enthält (Seeberg 2020, S.11). Dabei ist die Größe der Übungsdatensätze sowie die dazugehörigen richtigen Antworten maßgebend für die Ergebnisse des Algorithmus (Abdelkafi et al. 2019, S. 19-20). Das „labeling“ der Daten ist notwendig, damit ein Algorithmus Zusammenhänge zwischen den Input-Output-Datenpaaren erkennen kann (Seeberg 2020, S.11).

„Unsupervised learning“ (unüberwachtes Lernen) wird angewendet, wenn nur eine geringe Menge an beschrifteten Trainingsdaten zur Verfügung steht (Krohn et al. 2020, S.67). Hierbei soll ein selbstlernender Algorithmus ohne menschliche Anweisung die (ungelabelten) Eingabedaten klassifizieren und Muster bzw. Strukturen herausarbeiten (ebda.). Dabei kommen Lernverfahren bzw. mathematische Vorgehensweisen wie K-Means, Kernel Principal Component Analysis (PCA) zum Einsatz (Döbel et al. 2018, S.10).

„Reinforcement learning“ (bestärkendes Lernen) basiert auf der Theorie, dass Belohnungen (numerische Feedbacksignale) dazu führen, einem Agenten beizubringen, bestimmte Aktionen anderen vorzuziehen (Krohn et al. 2020, S.68). Sobald ein Agent eine Handlung ausführt, wird diese entweder numerisch mit +1 belohnt, oder mit -1 sanktioniert (Gudimella et al. 2017, S.3).

Die häufig angewendeten Algorithmen der in diesem Kapitel beschriebenen Lernstile werden in Tabelle 2 zusammengestellt.

Lernstil	Modelltyp	Funktion	Algorithmus
unsupervised	Clustering	Erkennung von Muster/Gruppen	Hierarchisches Clustering k-Means
	Dimensionsreduktion	Reduktion großer Datensätze	PCA (Hauptkomponentenanalyse)
supervised	Klassifikation	Zuordnung in Kategorien	logistische Regression
			Entscheidungsbaum
			Random Forest
			Stützvektormaschine (SVM)
reinforcement	sequentiellles Entscheiden	Prognose von Zahlenwerten autonomes Fahren, Robotic	CNN
			NLP
			K-NN
			Naive Bayes
			lineare Regression
			Q-Lernen

Tab. 2: gängige ML-Algorithmen nach Lernstil, Quelle: eigene Darstellung nach Döbel et al. 2018, S.10 und Dhirajkumar 2022

2.4.4 Künstliche neuronale Netze und Deep Learning

Künstliche neuronale Netze sind Algorithmen, die der Struktur von biologischen Gehirnzellen nachempfunden sind (Krohn et al. 2020, S.63). Wie in Abbildung 5 ersichtlich, werden elektrische Signale von den Dendriten (Nervenzellen) entlang der Axone (Synapsen) zu den Terminalen übertragen und anschließend von einem Neuron an ein weiteres übergeben (Rashid 2017, S.30).

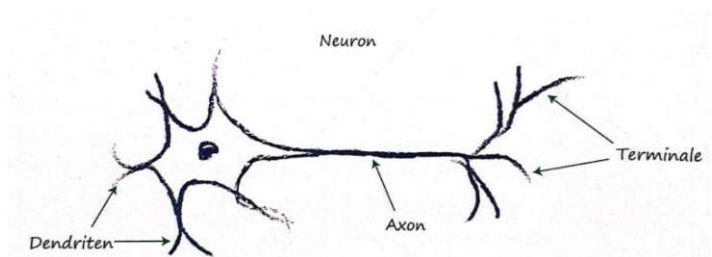


Abb. 3: Zeichnung eines menschlichen Neurons, Quelle: Rashid 2017, S.30

Überwindet ein elektrisches Signal einen Schwellenwert, dann übermittelt das Neuron ein Signal entlang des Axons, weiter zu den Terminalen, wo dieses dann letztendlich an die Dendriten des verbundenen Neurons weitergeleitet werden (Rashid 2017, S.35). Abbildung 8 verdeutlicht, dass jedes Neuron die Signale des vorigen Neurons aufnimmt und Ausgangssignale an mehrere Neuronen weitergibt, sobald das Neuron feuert (Rashid 2017, S.36).

Im Vergleich zum biologischen Modell, besteht jedes künstliche Neuronale Netz aus einer Knotenschicht, die eine Eingabeschicht, eine oder mehrere verborgene Schichten (auch „Blackbox“ genannt) als auch eine Ausgabeschicht verbindet (Krohn et al. 2020, S.64).

In der Abbildung 6 zu sehen ist, dass jeder Knoten mit den anderen Knoten der vorherigen und der nachfolgenden Schichten verbunden ist (Rashid 2017, S.36). Jede Verbindung von einem Knoten zu einer Kante wird wie beim menschlichen Gehirn Synapse genannt, ist mathematisch gewichtet und enthält ebenso einen Schwellenwert (Krohn et al. 2020, S.105). Sobald die Ausgabe eines Knotens über dem für ihn definierten Schwellenwert liegt, wird dieser Knoten aktiviert und Daten an die nächste Schicht im künstlichen neuronalen Netz gesendet (Krohn et al. 2020, S.107).

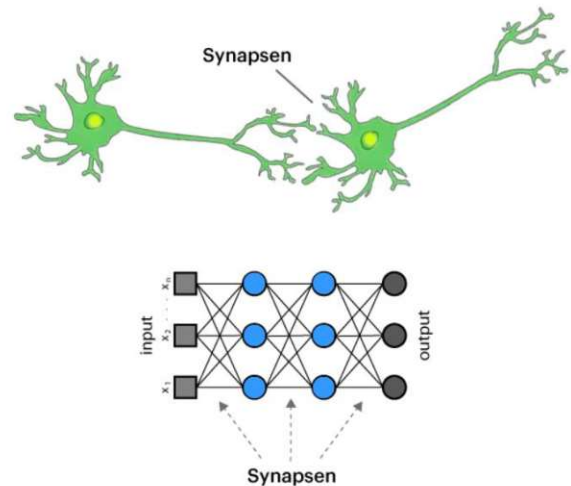


Abb. 4: Aufbau von biologischen und künstlichen Neuronen im Vergleich, Quelle: Katzlberger, 2019

Ein künstliches neuronales Netz, das aus mehr als drei Schichten (inklusive Eingabe- und Ausgabeschicht) besteht, wird auch als Deep-Learning-Algorithmus bezeichnet (Krohn et al. 2020, S.64). Beim Deep-Learning werden große Datenmengen miteinander in Beziehung gesetzt, um komplexe Zusammenhänge (Korrelationen) festzustellen (Freksa 2021, S131-132). Deep Learning ist demnach ein Teilgebiet des maschinellen Lernens (Kersting & Tresp 2019, S.4).

2.4.5 Generative KI

Generative KI nutzt Deep Learning, Statistik und Wahrscheinlichkeitsrechnung, um, aus den ihr zugeführten (Trainings-)Daten neue Inhalte bzw. neue synthetische Daten zu erstellen und diese nicht nur zu klassifizieren wie bei anderen Verfahren üblich (Kulkarni et al. 2023, S.1). Dazu zählen bspw. die Generierung von Texten, Bildern, Videos, Ton etc. (ebda.). Mit der Implementierung von großen Sprachmodellen (LLMs) wie das Produkt ChatGPT des Unternehmens OpenAI im Jahr 2022 wurde erstmals Transformer-Architektur verwendet, die menschliche Sprache flüssiger anwendet und einfacher zu benutzen ist (Dhamani & Engler 2024, S.1). Abbildung 7 gibt einen Überblick, wie LLMs in den Kontext der KI einzuordnen sind.

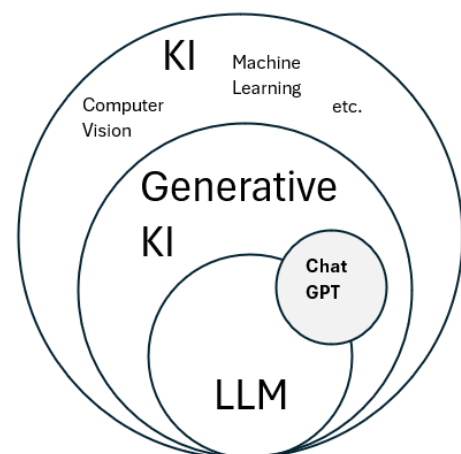


Abb. 5: Abgrenzung von LLMs, Quelle: eigene Darstellung nach Dhamani & Engler 2024

ChatGPT und weitere ähnlich bekannte Modelle wie Jasper Chat, Microsoft Copilot, Google Gemini uvm. gehören zur Kategorie Large Language Models (LLMs), die das Gebiet der natürlichen Sprachverarbeitung (NLP) maßgeblich beeinflusst haben (Dhamani & Engler 2024, S.2). Diese Modelle nutzen große Datenmengen und tiefgehende neuronale Netzwerke, um Sprachmuster zu analysieren und menschlich wirkende Antworten zu generieren (ebda.). Um LLMs zu trainieren werden große Textmengen aus unterschiedlichen Quellen wie Wikipedia, Reddit, Google Books herangezogen (ebda. S.20). LLMs generieren Texte anhand von Wahrscheinlichkeiten und den gelernten häufigen Satzstrukturen (ebda. S.24). Dies führt oftmals dazu, dass LLMs falsche Informationen wiedergeben oder auch hochplausible, aber falsche Erklärungen erfinden (ebda.). Diese Art des Bias tritt bei LLMs sehr häufig auf, und wird „Halluzinationen“ genannt (ebda.).

Eine weitere Art der generativen KI bzw. von neuronalen Netzen sind sogenannte Generative Adversarial Networks (GANs), die bei der Bilderstellung eingesetzt werden (Foster 2019, S.4). Hierbei werden zum Durchlaufen des Datensets zwei konkurrierende Netzwerke – der Generator und der Diskriminator – verwendet (ebda. S.5). Die Aufgabe des Generators besteht darin, Daten zu produzieren, die dasselbe Format wie die Trainingsdaten aufweist (Rocca 2019, S.9). Der Diskriminator muss anschließend zwischen den echten und den generierten Daten unterscheiden (ebda.). Im Prinzip versuchen beide Netzwerke, sich gegenseitig zu übertreffen, wodurch mit zunehmenden Trainingszyklen immer bessere Resultate erzielt werden (ebda.). Der Idealzustand ist erreicht, sobald der Generator die Daten aus der angestrebten Verteilung erzeugt und der Diskriminator jeden Punkt mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,5 unterscheiden kann, ob es sich um einen synthetischen oder einen „echten“ Inhalt handelt (ebda.).

Ein weiteres KI-Modell, welches in der Bildgenerierung eingesetzt wird, nennt sich Diffusionsmodell (Kulkarni et al. 2023, S.155). Diese werden mit Daten trainiert, denen ein Gaußsches Rauschen mittels einer Markow-Kette hinzugefügt und dadurch letztendlich verfremdet wurden (Osztynowicz 2023). Das Diffusionsmodell soll nun das verfremdete Bild, bzw. den Informationsverlust wiederherstellen und das Bild in den Eingabezustand umkehren (Kulkarni et al. 2023, S.155).

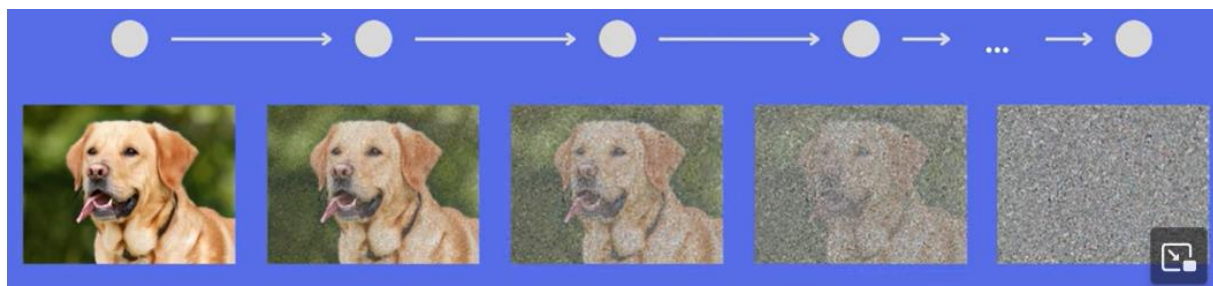


Abb. 6: Diffusionsmodelle, Quelle: AssemblyAI 2022

2.5 Rechtliche Rahmenbedingungen

Wegen der aktuellen rapiden Entwicklung von KI-Systemen hat die Notwendigkeit einer Regulierung zuletzt stark zugenommen. Ursula von der Leyen - die Präsidentin der Europäischen Kommission - hielt in ihrer Ansprache zum AI-Act fest: *„Artificial intelligence is already changing our everyday lives. And this is just the beginning. Used wisely and widely, AI promises huge benefits to our economy and society.“* (Europäische Kommission, 2023a).

Zusammengefasst dienen die in diesem Kapitel aufgelisteten Regulierungen dazu, die Werte der Europäischen Union zu wahren und die Beeinträchtigung der Grundrechte durch die Nutzung von KI zu verhindern. An dieser Stelle sei erwähnt, dass neben den genannten Strategien noch weitere Verordnungen und Programme bestehen, die den Umgang mit KI indirekt einschränken, wie bspw. die europäische Datenstrategie. Hinzu kommen weitere Regulierungen, die es bereits seit mehreren Jahren gibt, jedoch wegen des zu dieser Zeit mäßigen Fortschritts der KI-Systeme keinen Eingang in den öffentlichen Diskurs gefunden haben. Aufgrund des zeitlichen und inhaltlichen Rahmens dieser Arbeit, werden derartige indirekte Regulierungen von KI nicht näher beleuchtet.

2.5.1 Europäische Strategien zur Regulierung von KI

2.5.1.1 KI-Strategie 2018

Im April 2018 präsentierte die EU ein Strategiepapier, in welchem die weltweite Relevanz, die rasche Entwicklung der Technologie und deren Auswirkungen für unsere Umgebung, Gesellschaft, Industrie etc. anerkannt wird (Europäische Kommission 2018b, S.1). Kerninhalte der Strategie sind konkrete Maßnahmen, mit welchen die EU einen KI-Ansatz fördert, der *„den Menschen und der Gesellschaft insgesamt zugutekommt.“* (ebda.). Dazu zählen die Förderung der EU-Leistungsfähigkeit und der Verbreitung von KI, die Vorbereitung auf sozioökonomische Veränderungen, die Gewährleistung eines ethischen bzw. rechtlichen Rahmens sowie die Bündelung aller Kräfte und das Einbeziehen der Mitgliedsstaaten (ebda.).

Um die enge Zusammenarbeit und um die Mitgliedsstaaten zu fordern, nationale KI-Strategien zu entwickeln, brachte die Kommission den koordinierten Plan hervor und initiierte eine europäische KI-Allianz, die aus Interessenvertretungen besteht (ebda.).

2.5.1.2 Koordinierter Plan 2018 (Coordinated Plan on AI)

Der koordinierte Plan für KI ist eine gemeinsame Verpflichtung zwischen der EU-Kommission, den EU-Mitgliedstaaten sowie Norwegen und wurde im Dezember 2018, aufbauend auf der KI-Strategie, veröffentlicht (Europäische Kommission, o.D.). Der Plan beinhaltet Maßnahmen und Finanzierungsinstrumente der Mitgliedsstaaten, um ihre nationalen KI-Strategien inklusive einzelner Projekte umzusetzen, um eine

„weltweite Führungsrolle der EU im Bereich der auf den Menschen ausgerichteten KI“ aufzubauen und eine „größtmögliche globale Wettbewerbsfähigkeit für Europa“ zu erzielen (ebda.). Mit dem koordinierten Plan wird demnach das Ziel, Forschung und Entwicklung von KI in der Union zu stärken und Investitionen im privaten Sektor auszulösen, sichergestellt (ebda.).

Im Jahr 2021 wurde der Plan überarbeitet und fokussiert sich nun stärker darauf, die „Investitionen im Bereich der KI zu beschleunigen, umzusetzen und aufeinander abzustimmen“ (Europäische Kommission, 2021, S.2). Mit diesem Plan wird nun nicht mehr ausschließlich die weltweite Führungsrolle angestrebt, sondern geht detailliert darauf ein, mittels Schlüsselmaßnahmen die Führungsrolle im Bereich der vertrauenswürdigen KI zu übernehmen um „Vertrauen, Sicherheit und Grundrechte [...] und gleichzeitig Spitzenleistungen bei Innovationen“ zu fördern (ebda.). Zusätzlich strebt die Kommission eine umwelt- und klimafreundliche KI an, um die ambitionierten Klimaziele der EU zu erreichen (ebda.).

Um den ethischen und rechtlichen Rahmen hervorzuheben, und damit den menschenzentrierten Ansatz in den Vordergrund zu stellen, veranlasste die Kommission die Entwicklung von KI-Ethik-Leitlinien, welche von der KI-Allianz und den Mitgliedsstaaten gemeinsam entworfen wurden (Europäische Kommission 2018c, S.20)

2.5.1.3 Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI 2019

Mit April 2019 veröffentlichte die Expertengruppe für Künstliche Intelligenz die KI-Ethik-Leitlinien (Publications Office of the European Union 2019, S.2). Ziel der Leitlinien ist ein Rahmen für „die Förderung einer vertrauenswürdigen KI“, die durch drei notwendige Komponenten definiert werden kann, die sich im Idealfall in ihrer Funktionsweise überschneiden (ebda.). Dazu zählen die Rechtmäßigkeit, die Ethik sowie die technische und soziale Robustheit (ebda.).

Ein weiteres wichtiges Element der Leitlinien sind Maßnahmen zu Datenschutz und dem Schutz der Privatsphäre (ebda.). Auch die Qualität, die Herkunft und die Vertrauenswürdigkeit der Daten zählen zum Grundbestandteil der Leitlinie (ebda.).

2.5.1.4 White Paper on AI: a European approach to excellence and trust / Weißbuch zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen 2020

Das Weißbuch für KI ist Teil der Kommissionsstrategie zur Gestaltung der digitalen Zukunft Europas, wurde im Februar 2020 von der Europäischen Kommission vorgelegt und enthält Vorschriften zur Regulierung von risikoreichen KI-Anwendungen, um die „Entwicklung und Nutzung künstlicher Intelligenz in der gesamten EU“ zu fördern (Europäische Kommission 2020, S.1-3). Diese sind sowohl von KI-Entwicklern als auch -nutzern im gesamten EU-Binnenmarkt einzuhalten (Gasparotti et al. 2020, S.1).

Darin geregelt werden Anforderungen an Trainingsdaten sowie Dokumentations- und Informationspflichten (Industrie- und Handelskammer Kassel-Marburg, o.D.). Die dargelegten Aktionsbereiche sollen dabei den parallel erstellten Plan zur europäischen Datenstrategie ergänzen (Europäische Kommission 2020, S.9).

Zusammengefasst stellt das KI-Weißbuch eine Sammlung von politischen Optionen dar, um die bereits beschriebenen KI-Ziele zu erreichen (Knapp 2022, S.18).

2.5.1.5 AI Act (KI-Gesetz / Verordnungsvorschlag zur Regulierung von KI) 2021

Damit sichergestellt werden kann, dass KI innerhalb der EU verantwortungsvoll eingesetzt wird, wurde im April 2021 von der Europäischen Kommission ein Verordnungsentwurf zur Regulierung der Nutzung von KI präsentiert (Arbeiterkammer Europa 2023). Im Dezember 2023 einigte sich das Europäische Parlament und der Europäische Rat über den AI Act (Wirtschaftskammer Österreich 2024). Mit dieser Verordnung wird der weltweit erste Rechtsrahmen für KI gebildet (Bundesministerium Finanzen 2024), wodurch eine internationale Vorbildwirkung erzielt wird (Österreichische Akademie der Wissenschaften, 2023).

Das KI-Gesetz legt mittels risikobasierten Ansatzes die Rahmenbedingungen der Entwicklung und Nutzung zu KI für alle öffentlichen und privaten Akteure, die KI-Systeme im EU-Binnenmarkt anbieten oder nutzen wollen, fest (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, BMK o.D.). Das Ziel des neuen Gesetzes ist es, *„die Sicherheit und die Grundrechte von Menschen und Unternehmen in Bezug auf KI“* zu gewährleisten (Europäische Kommission, o.D.-a). Die Verordnung ist demnach als eine Produktregulierung zu sehen, die sich zwar nicht auf Forschungsaktivitäten bezieht, jedoch die Basis für die Entwicklung anwendungsorientierter KI-Systeme bildet (Bundesministerium der Justiz, 2024).

Zu den Kerninhalten der Regelung zählen sowohl eine zukunftsichere Definition von KI als auch festgelegte Anforderungen an KI-Systeme und Verpflichtungen für Hochrisikooanwendungen (Europäische Kommission o.D.-a). KI-Systeme gelten als Hochrisikosysteme, sobald diese *„ein erhebliches Schadenspotenzial für Gesundheit, Umwelt, Demokratie und Rechtsstaatlichkeit“* aufweisen (Österreichische Bundesarbeitskammer, 2023). KI-Anwendungen werden in vier Risikostufen mit jeweils definierten Maßnahmen untergliedert (ebda.). Je höher das Risiko der KI-Anwendung eingeschätzt wird, desto strenger sind die Pflichten (ebda.). Anwendungen, die ein geringes Risiko aufweisen, unterliegen Transparenz- und Informationspflichten (Bundesministerium der Justiz, 2024). Der AI Act legt ebenso Verbote bestimmter KI-Systeme auf dem EU-Binnenmarkt fest wie bspw. biometrische Categoriesysteme, die sensible Daten verwenden und speichern, das Auslesen von Gesichtsbildern zur Erstellung von Gesichtserkennungsdatenbanken sowie Emotionserkennung am Arbeitsplatz oder Bildungseinrichtungen und soziales Scoring

(ebda.). Teil der Verbotsliste sind ebenfalls KI-Anwendungen, die das Verhalten von Menschen manipulieren oder deren Schwächen ausnutzen können (ebda.).

Diese Verordnung wurde am 13. März 2024 mit großer Mehrheit im EU-Parlament angenommen, wird am 20. Tag nach Veröffentlichung im EU-Amtsblatt in Kraft treten und daran anschließend in 24 Monaten Anwendung finden, wobei Verbote bereits nach sechs Monaten und weitere Vorschriften nach 12 Monaten gelten (Bundesministerium der Justiz, 2024).

2.5.1.6 KI-Pakt 2023

Der KI-Pakt ist eine Ergänzung zum KI-Gesetz und dient dazu, dass sich Akteure freiwillig verpflichten können, Maßnahmen des KI-Gesetzes bereits vor dessen Inkrafttreten umzusetzen (Europäische Kommission, o.D.-a).

Seit November 2023 besteht der „Call for Interest“, welcher an Organisationen gerichtet ist, die ihre Ideen und Ambitionen zum KI-Pakt einbringen möchten (Europäische Kommission, o.D.-a). Innerhalb der ersten Jahreshälfte 2024 werden jene Zusagen und Prozessdesigns gesammelt und mit Beschluss des AI-Act publiziert (ebda.).

2.5.1.7 AI Liability Directive (KI-Haftungs-Richtlinie) 2022

Im September 2022 hat die Europäische Kommission als zusätzliche regulatorische Umsetzung des „White Paper on AI“ einen Entwurf für eine KI-Haftungsrichtlinie vorgelegt (Europäische Kommission o.D.-d), da die aktuellen nationalen Haftungsvorschriften nicht für Schadenersatzansprüche, die durch KI-gestützte Produkte oder Dienstleistungen entstanden sind, ausgelegt sind (Europäische Kommission 2022). Mit dieser Richtlinie werden erstmals konkrete Vorschriften für Schäden eingeführt, die von KI-Systemen verursacht wurden (ebda.).

Der Entwurf zur KI-Haftungsrichtlinie durchläuft derzeit das europäische Gesetzgebungsverfahren, es wurde bis dato noch kein Zeitpunkt für die Veröffentlichung der finalen Richtlinie genannt.

2.5.2 Österreichische Strategien zur Regulierung von KI

2.5.2.1 *White Paper des Österreichischen Rats für Robotik und KI 2018*

Die Strategie wurde im November 2018 präsentiert und beinhaltet Maßnahmen zu Herausforderungen in den folgenden vier Handlungsfeldern (Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz 2018, S.6-9):

- Technologie, F&E und Wirtschaft
- Arbeitswelt und Qualifizierung
- Gesellschaft und Recht
- Bewusstseinsbildung, Kommunikation und Öffentlichkeitsarbeit

Diese Maßnahmen wurden anhand der drei Säulen Smart governance, Smart innovation und Smart regulation ausgearbeitet (ebda.). Unter smart governance wird eine breite Beteiligung sämtlicher Stakeholder angestrebt, um die Akzeptanz von KI zu steigern (ebda., S.8). Smart Innovation beschreibt das Ziel, mittels konkreter Forschungs-, Entwicklungs- und Investitionspolitik die Potenziale von Robotik und KI-Systemen auszuschöpfen, um die österreichische Wirtschaft zu stärken (ebda.). Mittels smart regulation sollen stabile und sichere Rahmenbedingungen geschaffen werden, um ethische Standards und die europäischen Grundrechte zu wahren (ebda., S.9).

Diese strategischen Leitprinzipien werden regelmäßig in Form von Umsetzungsvorschlägen an den Bundesminister für Verkehr, Innovation und Technologie kommuniziert (ebda., S.6).

2.5.2.2 *Strategie der Bundesregierung für KI (Artificial Intelligence Mission Austria 2030 AIM AT) 2021*

Diese Strategie basiert auf dem koordinierten Aktionsplan zu KI der EU und etabliert mit den beiden Grundpfeilern „vertrauenswürdige KI“ sowie „Ökosysteme schaffen“ Leitlinien, durch welche sich der Einsatz von KI in Österreich entwickeln soll (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, BMK 2021, S.23). Dazu zählen bspw. ethische Prinzipien zu definieren und die Sicherheit von KI Systemen zu gewährleisten, als auch eine Infrastruktur für KI und nutzbare Daten zu schaffen (ebda. S.11).

Die AIM AT 2030 ist als „eine agile, interdisziplinäre und partizipative Umsetzung und Weiterentwicklung“ zu sehen (Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie, BMK S.10).

3 Der Raumplanungsprozess

Die Raumplanung kann als handlungsorientierte Disziplin gesehen werden (Roggendorf et al. 2011, S.282). Der räumliche Planungsprozess dient demnach dem Erarbeiten von möglichen Handlungsoptionen und deren Wirkungen sowie der Festlegung von Zeitpunkten und Verwendungszwecken unterschiedlicher Mittel (ebda.).

Allgemein ist ein Planungsprozess als „*Muster von Abfolgen der planerischen Figurationen, die durch digitalisierte Praktiken auf eine bestimmte Weise ausgerichtet werden*“ zu sehen (Schinagl 2022, S.143). Stark vereinfacht beschrieben wird in der Raumplanungspraxis ein Verfahren angewendet, bei welchem zur Entscheidungsfindung eine Abfolge von Phase durchlaufen wird (Albers & Wékel 2021, S.43). Diese Phasen beinhalten logisch ablaufende Schritte (ebda.). In einem ersten Schritt wird die vorliegende Situation erfasst und analysiert (Ist-Zustand), anschließend der Soll-Zustand anhand von systematisch geordneten Zielen festgelegt und eine vergleichende Bewertung der möglichen Alternativen durchgeführt, welche zur Auswahl eines Konzeptes führen (ebda.). Letztendlich werden Maßnahmen entwickelt, welche mithilfe von raumplanerischen Instrumenten gesichert werden sollen (Gilgen 2006, S. 14).

In der vielfältigen Planungsliteratur werden Abläufe von Planungsprozessen mit unterschiedlichen Ablaufschemata bzw. Vorgehensmodellen dargestellt. Konkret variieren dabei die Anzahl der Planungsschritte, die Feinunterteilungen und die Gewichtung der einzelnen Planungsphasen (Bechmann 1981, S.58). Dies hängt mit der Tatsache zusammen, dass jeder Planungsprozess neue Inhalte darstellt und somit auf den konkreten Planungsinhalt anzupassen ist (ebda, S.61). Der Planungsprozess wird oft in verschiedene Teilschritte zerlegt, die aufeinander folgen, in manchen Fällen parallel durchgeführt werden oder auch ineinandergreifen können und an Rückkoppelungen geknüpft sind (Spitzer

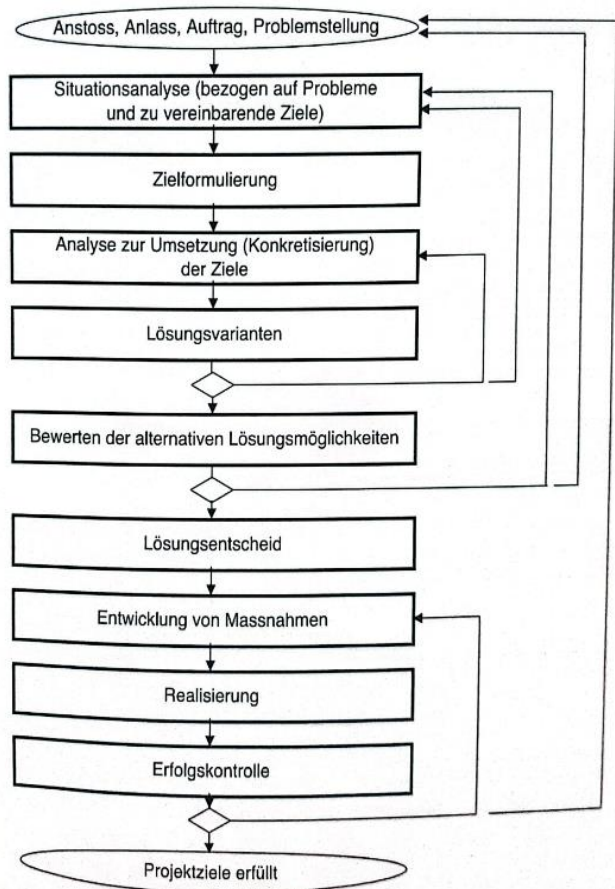


Abb. 7: Ablaufdiagramm, Quelle: Gilgen 2006, S.25

1995, S.31). Ein Beispiel für diese (gängige) Art von Prozess ist der Problemlösungszyklus nach Gilgen, welcher in Abbildung 9 angeführt ist (Gilgen 2006, S.25). Wenn einzelne Planungsschritte kein annehmbares Ergebnis herbeiführen, werden Rückgriffe auf frühere Phasen bzw. auch nur einzelne Arbeitsabläufe wiederholt durchgeführt (ebda.). Bei diesem Vorgang spricht man von Rückkoppelungen (ebda.).

Um möglichst präzise auf die in der Diplomarbeit gestellte Frage 2 eingehen zu können, wurde ein vereinfachter und idealisierter Planungsprozess, angelehnt an die oben genannten Theorien, erstellt. Dieser soll dem Anspruch des rationalen Vorgehens folgen und ist deshalb auf die Analyse- und Auftaktphase, Konzept- und Konkretisierungsphase sowie die Entscheidungs- und Umsetzungsphase begrenzt. Zusammengefasst wurden mehrere Stufen mit unterschiedlichen Tätigkeitsschwerpunkten festgelegt. An dieser Stelle sei erwähnt, dass die zugrundeliegende Phaseneinteilung recht grob, und auf keinen speziellen Planungsinhalt antizipiert ist. Aus diesem Grund wurde auch der Faktor Zeit in dem dargestellten Prozess nicht berücksichtigt, obwohl er prinzipiell nicht zuletzt in Bezug auf den Planungsablauf selbst, aber auch in Hinblick auf die Projektrealisierung eine wesentliche Rolle spielt. Dasselbe gilt für die Gliederung nach Akteursgruppen. Um den Rahmen der Diplomarbeit nicht zu sprengen, und wegen mangelnder Relevanz zur Beantwortung der Forschungsfrage, wurden diese beiden Aspekte nicht in der Darstellung berücksichtigt.

Die folgende Abbildung stellt die Basis für die weitere Einbettung von maschinellen Lernverfahren im nächsten Kapitel dar.

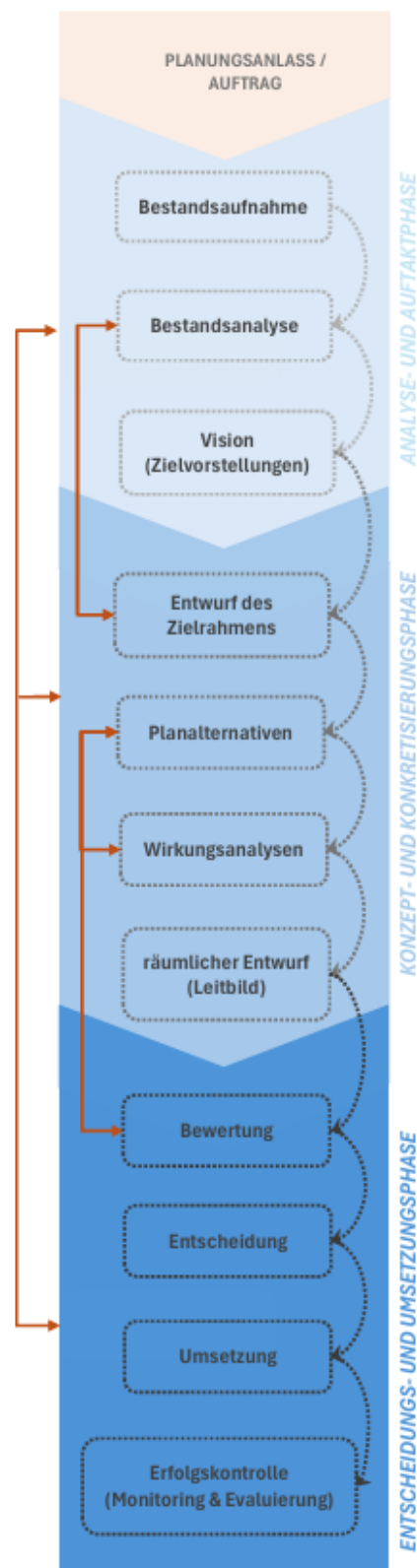


Abb. 8: Idealtypischer Planungsprozess, Quelle: eigene Darstellung nach Bechmann 1981, Gilgen 2006, Spitzer 1995

3.1 Analyse- und Auftaktphase

Eine Planung wird veranlasst, wenn bestimmte räumliche Zustände nicht mehr zeitgemäß, unerwünscht oder allgemein als veränderbar angesehen werden (Braam 1999, S.21). Dabei beginnt keine räumliche Planung von Grund auf, sondern ist an vorhandene Gegebenheiten wie gesetzliche oder auch finanzielle Vorgaben gebunden (Spitzer 1995, S.31). In diesem Abschnitt liegt der Fokus auf der Informationsgewinnung. Laut Gilgen (2006, S.35) gehören Informationen zum „*Wissen, das in einer konkreten Situation zur Lösung von Problemen benötigt wird. Informationen bestehen aus strukturierten und in einem definierten Zusammenhang eingebetteten Daten...*“. Da sowohl die Aufgabenstellung, Rahmenbedingungen, als auch räumliche Kenntnisse über den Planungsraum Informationen darstellen, kann die Bewältigung von Raumplanungsaufgaben im methodischen Sinne, als „*Umgang mit Informationen*“ gesehen werden (ebda.). Eine qualitativ aufgearbeitete Informationsgrundlage ist essenziell, um die Vielzahl an Wirkungsmöglichkeiten zu beleuchten, eine Entscheidung zwischen verschiedenen Handlungsmöglichkeiten zu treffen, und die Tragweite der Entscheidung abzuschätzen (Gilgen 2006, S.40).

Generell sind die einzelnen Arbeitsschritte dieser Phase geprägt von einer großen Informationsdichte. Gilgen (2006, S.35) teilt die Phase der Informationsgewinnung in drei wesentliche Schritte, nämlich das „*Erfassen von Informationen (Daten), [...] die inhaltliche Erschliessung [sic!] der Informationen (Verstehen der Daten) und [...] das Sichern der Informationen (Verfügbarhalten der Daten)*“. Im Detail bedeutet das, dass im Zuge der Bestandsaufnahme der zu planende Raum und dessen physische Situation kartographisch, statistisch oder als beschreibende Darstellung erfasst wird (Albers 1996, S.69). Konkret werden dabei alle verfügbaren statistischen Daten zur Beschreibung des IST-Zustandes wie bauliche, soziale und wirtschaftliche Gegebenheiten in einem Informationssystem abgebildet (ebda.). Dazu zählen bspw. Daten wie die Siedlungsstruktur, topografische, verkehrliche und geografische Merkmale, soziale und politische Verhältnisse, Ökosysteme oder auch Demographische sowie wirtschaftliche Kennzahlen (ebda.). Auch die Historie, der rechtliche, technische, naturräumliche und soziale Rahmen werden erhoben (Braam 1999, S.61). Neben der kartographischen, statistischen oder beschreibenden Erfassung der konkreten Umweltverhältnisse ist die Prüfung, wo und ob Nutzungskonflikte vorhanden sind bzw. sich erkennen lassen, ebenfalls ein Arbeitsschritt in der Bestandsaufnahme (ebda.). Auch bestehende Planungen und Planungsgrundlagen dienen als Informationsquellen (Gilgen 2006, S.33).

Roggendorf et al. (2011, S. 292) bezeichnen dies auch als „*Datensammeln nach Lehrbuch*“ und sind der Auffassung, dass die bearbeitbaren Problemstellungen nur in Bezug auf die erhobenen Daten „*herausgelesen*“ werden können und dieses Vorgehen somit gravierend einschränke. Wichtig zu betonen ist jedoch, dass diese zu Beginn

des Planungsprozesses gesammelten Informationen nicht endgültig sind, sondern innerhalb des Prozesses weitere Informationen, bezogen auf die jeweilige Problematik, beschafft werden (Gilgen 2006, S.34). Das Erfassen der Daten zu Beginn der Planung ist jedenfalls ein relevanter Schritt, um sich in die Planungssituation einzudenken (ebda.). Zu den häufig angewendeten Informations-Beschaffungs-Techniken zählen das Sammeln von Daten mittels Statistiken, Plänen, Studien etc., das Durchführen von Interviews oder auch die teilnehmende Beobachtung (Gilgen 2006, S.35).

Dem Schritt der Informationsbeschaffung folgt die zweckdienliche, d.h. sich an die AkteurInnen angepasste, Darstellung und Auswertung der gesammelten Grundinformationen (Gilgen 2006, S.37). Dieser Übergang, von der Datensammlung hin zur Datenanalyse, erfolgt meist fließend (ebda.). Das Zusammenfassen sämtlicher Daten ist meist nicht mit einer bestimmten Fragestellung verbunden, weshalb die Datenanalyse oftmals umfangreich ausfällt (Meise & Volwahnsen 1980, S.7-8) und die unterschiedlichen Auswertungen bereits eine Interpretation der Information enthalten (Gilgen 2006, S.37). Die Datenanalyse dient dazu *„das Problem- und das Lösungsfeld abzustecken und auszuloten, den Eingriffsbereich zu bestimmen sowie die Ziele zu konkretisieren.“* (Gilgen 2006, S.57). Dafür müssen gewisse Anforderungen erfüllt werden. Beispielsweise muss die Analyse problem- und zukunftsorientiert, lösungsneutral und nachvollziehbar sein (Gilgen 2006, S.45). Das Ziel ist demnach, Abhängigkeiten, Wechselwirkungen und Zusammenhänge zu erkennen bzw. zu quantifizieren um darauf aufbauend Maßnahmen zu erarbeiten (Braam 1999, S.22). Im Zuge dieses Arbeitsschritts werden Sachverhalte interpretiert, Problemstellungen detailliert beschrieben und bewertet und evtl. notwendige Folgeerhebungen (Rückkopplung) initiiert (Müller-Ibold 1997, S.32). Dann werden alternative Planungen, Programme, Handlungsanweisungen erarbeitet und deren Auswirkungen abgeschätzt (Braam 1999, S.22). Diese Basis dient der Diskussion und Beurteilung (ebda.). Für die Beurteilung werden häufig formalisierte Bewertungsverfahren wie die Nutzwertanalyse, die Kosten-Wirksamkeitsanalyse uvm. eingesetzt (ebda.).

Die Darstellung der genannten Datensätze erfolgt meist in Form von Plänen, Karten, Modellen und eines Berichtes mit schriftlichen Erläuterungen (Frohmann et al., S.4). In den Karten können sowohl einfache Sachverhalte (bspw. Gebäudenutzung) aber auch komplexere (bspw. unterschiedliche Nutzungen) dargestellt werden (Albers & Wékel 2021, S.47). Häufig kommt es auch vor, dass Überlagerungen verschiedener Gegebenheiten dargestellt werden (ebda.). Als Beispiel ist die Bevölkerungsverteilung von Gemeinden und die Grünflächenverteilung zu nennen. Dafür kommen bereits heute fast ausschließlich digitale Planungswerkzeuge zur Anwendung. Visualisierungen sind in allen Phasen des Planungsprozesses unentbehrlich, da diese dabei helfen, komplexe Informationen für alle Beteiligten verständlich zu machen (Roggendorf et al., 2011, S.348).

Den Abschluss der Bestandsanalyse bildet die Prognose und das Ableiten von Trends bzw. Entwicklungstendenzen (Albers & Wékel 2021, S.49). Neben dem einfachen Hochrechnen von Daten werden aus den erkennbaren Tendenzen und ihren erwarteten Wechselbeziehungen mögliche Zukunftsbilder abgeleitet (ebda.). Das Ergebnis sind unterschiedliche Szenarien, die kontrastierend einander gegenübergestellt werden, um Annahmen über das Zusammentreffen von positiven und negativen Entwicklungsfaktoren abzuleiten (ebda.).

Wie bereits zu Beginn des Kapitels erwähnt, orientiert sich das planerische Handeln nicht nur an den technischen Gegebenheiten, sondern auch an den Wertmaßstäben, Bedürfnissen bzw. Vorstellungen der BewohnerInnen zu der geplanten Umwelt (Albers & Wékel 2021, S.49). Laut Albers & Wékel (2021, S.49) erwachsen „die Ziele der Stadtplanung aus Bedürfnissen und Wertungen gesellschaftspolitischer Art“. Letztendlich dient die Zielformulierung dazu, den Lebensraum der Bevölkerung sinnvoll zu nutzen, natürliche Lebensgrundlagen zu sichern und zu entwickeln sowie eine sozialgerechte Bodennutzung sicherzustellen (Albers & Wékel 2021, S.50). Bei der Erarbeitung einer systemischen Erfassung der Ziele ergibt sich meistens eine Art Hierarchie, die „Oberziele“, „Hauptziele“ und „Unterziele“ genannt werden (ebda. S.51; Gilgen 2006, S.91). Der Entwurf des Zielrahmens wird im nächsten Kapitel genauer beschrieben.

Zusammengefasst ist das Ziel dieser Phase, Kenntnisse über den Zustand des zu planenden Raums zu sammeln, um Antworten auf Voraussagen (Was wird geschehen?) und Zukunftsbilder (Was soll geschehen?) zu finden (Gilgen 2006, S.70). Eine große Herausforderung in dieser Phase ist zu vermeiden, unnütze Informationen zu sammeln und zu erzeugen und sich nicht der Illusion hinzugeben, dass *„mehr Informationen zu sichereren Entscheidungen“* führen (Roggendorf et al. 2011, S.283). Denn eine über den Zweck hinausgehende Informationsanhäufung führt zu zeitlichen Verlusten (Müller-Ibold 1997, S.20).

Es kann vorkommen, dass durch den Einsatz von Planungsmodellen Widersprüche o.ä. hervorgebracht werden (Müller-Ibold 1997, S.22). Bereits in dieser ersten Phase kommt es daher zu Rückkoppelungsvorgängen, die für die Analyse sowie die Problemdefinition von Bedeutung sind, da im Laufe des Arbeitsprozesses Probleme besser durchleuchtet werden und diese sich somit als nichtig herausstellen, oder auch neue hinzukommen (ebda. S.61). Jede Veränderung und neue Erkenntnis im Prozess führt dazu, dass die komplexen Fragestellungen der Analysephase auf ihre Plausibilität überprüft werden (ebda.).

Wie die Abb. 10 zeigt, kann es durchaus erforderlich sein, dass Rückkoppelungsvorgänge entweder von gesamten Phasen aber auch in einzelnen Teilschritten wiederholt werden.

3.2 Konzept- und Konkretisierungsphase

In einem ersten Schritt wurden Informationsgrundlagen erhoben, in den jeweiligen Planungskontext datenanalytisch-statistisch eingebettet, visualisiert und regionale Defizite bzw. Entwicklungsmöglichkeiten erarbeitet. Nun liegt das Hauptaugenmerk dieser Phase auf der Informationsverarbeitung, d.h. Ziele, Absichten und Lösungen zu konkretisieren und zu priorisieren. Dabei werden unterschiedliche Zielvorstellungen aufgegriffen, Zielkonflikte offengelegt und daraus resultierende Planalternativen für die anschließende (politische) Diskussion aufbereitet (Meise & Volwahnsen 1980, S.9). Die Problem- und Zieldefinition dient als Grundlage für die Konzipierung von Handlungs- und Lösungsstrategien (Meise & Volwahnsen 1980, S.7).

Zu Beginn werden orts- und aufgabenbezogen übergeordnete Ziele formuliert, die den Grundsätzen der Raumordnungsgesetze folgen (Gilgen 2006, S.91). Es werden Zielhierarchien gebildet, um die bestmögliche räumliche Nutzungsmöglichkeit zu finden (ebda.). Zielhierarchien beinhalten Ober-, Haupt- und Unterziele (ebda.). Die hierarchische Gliederung wird in Zielbäumen dargestellt. Dies dient als Prioritätensetzung und als Beurteilungsgrundlage im nachfolgenden Entscheidungsprozess (Gilgen 2006, S.93).

Die Ziele werden entweder in Form eines Zielkatalogs oder mit örtlichem Bezug als Leitbild dargestellt (Gilgen 2006, S.94). Aus den Zielformulierungen können erste alternative Konzepte, die zwar auf Erkenntnissen beruhen, jedoch keine vollständig abgesicherten alternativen Pläne darstellen, abgeleitet werden (Müller-Ibold 1997, S.21). Es handelt sich bereits um erste städtebauliche Entwurfslösungen (Pflüger 2000, S.45). Die Entwicklung der Entwürfe, Konzepte, Handlungsalternativen usw. ist demnach ein kreativer Schritt im Problemlösungszyklus (Gilgen 2006, S.98). In diesem Zusammenhang wird „Kreativität“ verstanden als das *„Bilden neuer Muster, Übertragen bekannter Zusammenhänge auf neue Situationen sowie die Entdeckung neuer Beziehungen und die Kombination aus Erfahrungswissen“* (Gilgen 2006, S.98).

Ob die Lösungsvarianten den gestellten Anforderungen gerecht werden, ist in einem weiteren Schritt zu überprüfen (Gilgen 2006, S.102). Im Zuge der Analyse der Lösungsvarianten werden Zielformulierungen hinterfragt, konkretisiert und ggf. korrigiert (ebda.). Um einen objektiven Vergleich durchführen zu können, werden Lösungsvarianten in Bezug auf deren Kosten, Gewinne, Zeiten, Aufwand uvm. bewertet (Gilgen 2006, S.133). Mittels Wirkungsanalysen werden nicht nur die räumlichen Auswirkungen, sondern auch die sozialen, ökologischen und ökonomischen Folgen begutachtet (ebda.). Dabei lassen sich wohl die ökonomischen Kostenauswirkungen in der Regel am einfachsten quantifizieren (ebda. S.108). Dazu werden unterschiedliche Planungsmodelle verwendet, die es ermöglichen, eine große Menge von Daten und Informationen durchzuspielen (Müller-Ibold 1997, S.44). Diese Szenarien können sich bspw. auf Bevölkerungsprognosen, Wirtschafts-, Verkehrs-

oder Standortentwicklungen beziehen (ebda.). Anhand der Modelle sollen die vielseitigen Auswirkungen der alternativen Planungsabsichten in ihren gegenseitigen Abhängigkeiten veranschaulicht werden und somit Basisinformationen für die mittel- bis langfristige Investitionsplanung der Stadt hervorbringen (ebda. S.38). Dabei werden auch zeitliche Entwicklungen des Planungsraumes abgebildet (ebda. S.39). Die Aufgabe des Planers ist hierbei, die teils gegenläufigen sektoralen Interessen und Fachaspekte zu überlagern und einander gegenüberzustellen (ebda. S.59). Dadurch können Zielkonflikte abgewendet und ein Bewertungsrahmen für mögliche Alternativen aufgestellt werden (ebda. S.60).

Das Endprodukt dieser Phase bildet ein Leitbild, welches mehrere Maßnahmen (bzw. einen Maßnahmenkatalog) und deren Auswirkungen auf gesellschaftlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Ebene sowie einen räumlichen Entwurf enthält (Gilgen 2006, S.94). Es fasst die Vorstellungen der meist unterschiedlichen Interessen sämtlicher Akteure bildhaft und konkretisiert, jedoch stets positiv formuliert, zusammen und dient somit als Orientierung für das Projekt (Spitzer 1995, S.16). Das Leitbild kann auch gesehen werden als eine in sich schlüssig ausgearbeitete Modellvorstellung, in denen Maßnahmen eingebettet sind, die notwendig sind, um die als wichtig eingestuften Ziele zu erreichen (Albers & Wékel 2021, S.53). Das raumplanerische Leitbild enthält widerspruchsfreie Darstellungen sowie realisierbare bzw. erwünschte räumliche Entwicklungen (Gilgen 2006, S.94).

In dieser Phase besteht zwischen den diversen AkteurlInnen ein dynamisches Beziehungsgefüge, denn es werden bspw. *„(Geo-)Informationen, Ideen, Pläne und Wissen in Form von Geodaten, Zeichnungen, Renderings, Modellen etc.“* ausgetauscht, konstruiert und zirkuliert (Schinagl 2022, S.144). Dadurch lassen sich unterschiedliche Fragestellungen in einen inhaltlichen Zusammenhang einordnen und schlüssige Planungsmaßnahmen ableiten (Meise & Volwahnsen 1980, S.3).

Auch in dieser Phase kommt es zu den bereits erwähnten Rückkopplungen. Sie sind notwendig, da es vorkommen kann, dass sich im Laufe des Prozesses Fehler bzw. Fehlinterpretationen, fehlerhafte Berechnungen, eine falsche Datenauswahl uvm. einschleichen (Müller-Ibold 1997, S.60). Hinzu kommt die Tatsache, dass sich während der gesamten Bearbeitungszeit das Wissen und die Erkenntnisse erweitern, und eine Evaluierung des gesammelten Wissens- und Erkenntnisstands zweckdienlich sein kann (ebda.). Insbesondere bei der Zielsetzung besteht die Gefahr, dass Formulierungen so gewählt sind, dass diese aus unterschiedlichen (politischen, finanziellen, rechtlichen ö.ä.) Gründen als unerfüllbar angesehen werden können (ebda.).

3.3 Entscheidungs- und Umsetzungsphase

In dieser Phase wird der Handlungsspielraum mittels alternativer Entwürfe erkundet sowie Bewertungen durchgeführt und letztendlich eine Entscheidung über die zu verwirklichende Lösung getroffen (Albers & Wékel 2021, S.53). Gegenstand der Bewertung und Entscheidung sind ausgewählte Informationen und Problemstellungen sowie Ziele, Analysegegenstände und -methoden aber auch Varianten von Lösungswegen (Gilgen 2006, S.130). Es geht in dieser Phase nicht nur um das Hinterfragen von der räumlichen Anordnung von Elementen, sondern auch um die Kosten und die technische Realisierbarkeit (Albers & Wékel 2021, S.53).

Eine Bewertung ist notwendig, um die Vielzahl von Lösungsmöglichkeiten auf die besten Alternativen zu reduzieren (Albers & Wékel 2021, S.53). Gängige Bewertungstechniken sind die Argumentbilanz-Methode und -Benotung, die Bewertungsmatrix, die Nutzwertanalyse, die Kosten-Wirksamkeitsanalyse, die Kosten-Nutzenrechnung sowie die Sensitivitätsanalyse (Gilgen 2006, S.141-152). Die Bewertungsverfahren sollen die Rationalität der Entscheidungen zwischen Planungsalternativen bekräftigen (Müller-Ibold 1997, S.38).

Als technisches Hilfsmittel für mehrstufig gestaffelte Probleme wird der Entscheidungsbaum herangezogen (ebda., S.133). Dabei werden den Ereignisvarianten Ereigniswerte zugeordnet (ebda.). Wie in Abbildung 11 zu sehen ist, wird jeder Entscheidungspfad durch einen zusammenhängenden Streckenzug dargestellt (ebda.). An den Knoten sind jeweils Entscheidungs- oder Wahrscheinlichkeitspunkte angeordnet (ebda.). An den Ästen sind die Entscheidungs- und Ergebnisvarianten zu sehen (ebda.).

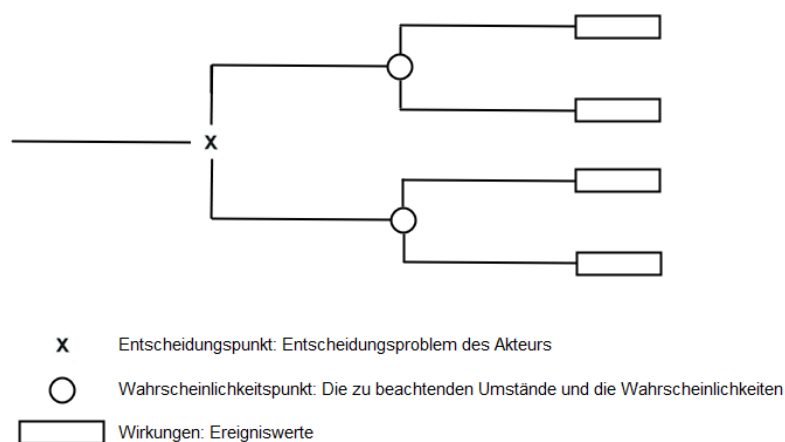


Abb. 9: Entscheidungsbaum, Quelle: Gilgen 2006, S.133

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, fasst das Entwurfskonzept die wesentlichen Handlungsfelder zusammen, die in der Konzept- und Konkretisierungsphase erarbeitet wurden, und veranschaulicht die übergeordneten räumlichen Ziele der Stadtentwicklung. Zur Einschätzung künftiger räumlicher optischer Wirkungen ist

zudem das Entwurfsmodell ein hilfreiches Mittel zur Bewertung (Albers & Wékel 2021, S.54). Meist entstehen solche Modelle im Zuge von städtebaulichen Wettbewerben, was gleichzeitig die Möglichkeit des Vergleichs von Alternativen bietet (ebda.). Dabei muss die Hubschrauberperspektive gleichermaßen bewertet werden, wie die Wirkung aus dem Blickwinkel des Fußgängers (ebda.). Auch mathematische Modelle von bspw. Straßenverkehrsnetzen werden häufig angewendet, um die zu erwartenden Veränderungen in der Verkehrsbelastung bei der Schaffung neuer Wohngebiete oder Straßenzüge zu errechnen (ebda.).

Liegen nun die endgültigen alternativen Planungsvorschläge vor, werden diese den EntscheidungsträgerInnen vorgelegt (Müller-Ibold 1997, S.61). Die Aufgabe des Planers besteht darin, die Präferenzen präzise zu formulieren und nach seiner Sicht die Vor- und Nachteile der einzelnen Alternativen zu erläutern (ebda.). Im Allgemeinen wird die Entscheidungssituation wesentlich durch die zu Beginn der Planung formulierten Fragestellungen beeinflusst (Gilgen 2006, S. 128). Es entstehen Werthaltungen, die auf unterschiedlichen Prinzipien beruhen wie die Recht-, Zweck- und Verhältnismäßigkeit (Gilgen 2006, S.129). Letztendlich werden Entscheidungen politisch oder durch die Legislativbehörde gefällt, nachdem eine Vielzahl von Interessen der StimmbürgerInnen bekannt sind (Gilgen 2006, S.114). Rechtliche Verfahren sind meist bereits vor der Entscheidung durchgelaufen (ebda.).

Zu den EntscheidungsträgerInnen und zum TeilnehmerInnenkreis bei Planungsaufgaben zählen die Behörden oder die von ihnen eingesetzten Planungskommissionen (Gilgen 2006, S. 130). Auch Betroffene werden während des Prozesses im Zuge von Beratungen miteinbezogen (ebda.).

Im Rahmen dieser Phase wird auch oft der Dialog zwischen einzelnen AkteurInnen fortgesetzt, unter anderem auch, um Transparenz und Akzeptanz fortzuführen (Stadt Augsburg, o.D.). Erleichtert wird das, sofern durch vorangegangene Beteiligung Zustandsverbesserungen umfassend erarbeitet und zu einem gemeinsamen Anliegen gemacht wurden.

Entscheidungen werden jedoch nicht nur in dieser Phase getroffen. Bereits während des Planungsprozesses werden viele kleinere Zwischenentscheidungen wie die Auswahl unter Varianten getroffen oder Routinelösungen vorgeschlagen, bei denen es unverhältnismäßig wäre, spezielle Techniken anzuwenden (Gilgen 2006, S.129).

Des Weiteren wird ein Monitoring- und Evaluationssystem implementiert. Dies stellt ein wichtiges Instrument zur Vermittlung von Stadtentwicklungserfolgen dar (Stadt Augsburg, o.D.). Das Monitoring wird häufig von einem sogenannten „Monitoringsbericht“ begleitet, der in regelmäßigen Abständen vorgelegt wird (ebda.).

4 Tätigkeitsfeld der Planenden

„Planung bedeutet, Handlungsvorstellungen für die Zukunft zu entwickeln.“ (Müller-Ibold 1997, S.26). In der Raumplanung geht es demnach darum, bei immerzu begrenzten Ressourcen Entscheidungen zur Lösung komplexer Probleme hervorzubringen (Roggendorf et al. 2011, S.279). Mithilfe von räumlichen Maßnahmen sollen die Lebens- und Arbeitsbedingungen der Bevölkerung verbessert bzw. gesichert werden (Müller-Ibold 1997, S.27). Somit zählen auch das Erkennen, Klären und Lösen räumlicher Konflikte zum Aufgabenbereich der räumlichen Planung (Roggendorf et al. 2011, S.279). Der Erfolg einer räumlichen Planung hängt jedoch nicht nur von politischen und gesetzlichen Grundlagen ab, sondern auch von der Qualifikation des Planenden und den zur Verfügung stehenden Werkzeugen bzw. Methoden (Spitzer 1995, S.194). Das Tätigkeitsfeld der Planenden ist vielfältig und umfasst eine Menge von Aufgabenkombinationen, die sowohl technisches Fachwissen als auch soziale Kompetenzen und kommunikative Fähigkeiten erfordern. Dabei sind Kreativität und Problemlösungsfähigkeiten ebenso wichtig, wie das fundierte Verständnis für rechtliche Gegebenheiten (ebda.).

Zentrale Aufgaben der Planenden sind die Entwicklung und Gestaltung von Stadt- und Regionalplänen. Dafür werden bestehende räumliche Nutzungsarten analysiert und bewertet, um in einem weiteren Schritt zukunftsfitte (d.h. eine nachhaltige und bedachte Nutzung von Ressourcen, die Förderung wirtschaftlicher Entwicklung und die Sicherstellung einer hohen Lebensqualität für die Bevölkerung) Nutzungskonzepte zu erstellen. Häufig werden für die ersten Analyseschritte parallel zur Datenrecherche auch Begehungen im jeweiligen Untersuchungsgebiet unternommen. Bei dieser Praktik werden *„phänomenologische Betrachtungsweisen evoziert und durch situative oder intentionale Wechsel die sensorischen Aufmerksamkeiten gelenkt (auf den Verkehr, Klima, Geschosshöhen usw.)“* (Schinagl 2022, S.250). Mit der Ortsbegehung werden meist auch erste Kontaktaufnahmen mit AnwohnerInnen, Kommunal- und RegionalpolitikerInnen, StakeholderInnen oder AuftraggeberInnen vollzogen, wodurch die Planenden gleichzeitig die Beratende Funktion einnehmen und sich ein fließender Übergang zur Öffentlichkeitsarbeit ergibt (Spitzer 1995, S.194). Die Planenden fungieren demnach als Schnittstelle zwischen Politik, Verwaltung und Öffentlichkeit. Um die Bevölkerung frühzeitig in den Planungsprozess einzubinden, Transparenz und Akzeptanz zu schaffen, gehört zu ihrem Aufgabengebiet ebenfalls die Durchführung von BürgerInnenbeteiligungsverfahren.

In den meisten Fällen arbeiten PlanerInnen mehreren Projekten gleichzeitig und in teilweise unterschiedlich zusammengesetzten Planungsteams (Schinagl 2022, S.143). Die diversen Aufgaben, die sich durch die unterschiedlichen Projekte ergeben, werden meist nacheinander bearbeitet bzw. zwischen ihnen gewechselt (ebda.).

RaumplanerInnen nutzen eine Vielzahl von Methoden, Werkzeugen und Arten von Informationsträgern. Heutzutage werden hauptsächlich elektronische Hilfsmittel und spezielle Programme für die Planung eingesetzt, denn der technologische Fortschritt ermöglicht es, Informationen bzw. Daten in quasi unbegrenzter Menge zu speichern und allumfassend einzusetzen.

Bechmann (1981, S.43) beschreibt, dass die Arbeitsmittel materieller und ideeller Natur sind. Das bedeutet, dass Zeichenutensilien und EDV-Systeme sowie Wissen, Erfahrungen und Kenntnisse von Planungsmethoden eingesetzt werden (ebda.). Bspw. kommen bei der Ortsbegehung immer seltener das Klemmbrett zum Einsatz, sondern vermehrt Tablets, Smartphones oder Fotoapparate (Schinagl 2022, S. 252). Die jeweiligen Methoden sollen jedenfalls dazu beitragen, das *„Wichtige vom weniger Wichtigen zu unterscheiden“* und darauf ausgerichtet sein, effizient Informationen zu beschaffen sowie *„das Überprüfen von Wirkungen und Konsequenzen [...] realisierter Lösungen unterstützen.“* (Roggendorf et al. 2011, S.284).

4.1 Daten & digitale Werkzeuge in der Planung

Aktuelles und verlässliches Daten- und Informationsmaterial sind für die Planung unverzichtbar. Zur Informationsbeschaffung wird eine Vielzahl an Informationsträgern genutzt (Gilgen 2006, S.38). Daten der amtlichen Statistik ermöglichen aufgrund der periodischen Publikationen die Analyse von sachlichen Wechselwirkungen und zeitlichen Entwicklungen (Müller-Ibold 1997, S.67). Der räumliche Bezug ist dabei von großer Bedeutung (ebda.). Ergänzend werden nicht-amtliche Statistiken privater Institutionen wie Markt-, Wirtschaftsforschungs-, Meinungs- und Sozialforschungsinstitute uvm. herangezogen (ebda. S.70). Eine weitere relevante Datenart sind Flächendaten in Form von amtlichen und nicht-amtlichen Karten und Planunterlagen. Diese geben Auskunft über die Oberflächenbeschaffenheit der Erde, die Art der Bodennutzungen aber auch bereits umgesetzte räumliche Planungen (ebda. S.73). Für langfristige räumliche Entwicklungstrends werden zeitweise auch historische Karten als Informationsquelle herangezogen (ebda. S.75). Ein weiteres wertvolles Planungsinstrument sind Luftbildkarten, da diese sich besonders gut eignen, um ad-hoc-Aufnahmen vorzunehmen (ebda.). Zu den weiteren Datenquellen zählen das Grundbuch sowie Liegenschaftskataster (ebda.).

Um den Rahmen dieser Diplomarbeit nicht zu überschreiten, wird nur eine beispielhafte Auflistung von Informationsgrundlagen, mit denen in der Raumplanung gearbeitet wird, gemacht. Diese sind in Tabelle 3 dargestellt.

Karten	Amtliche und nicht-amtliche Karten können gerastert oder farblich hinterlegt werden, enthalten eine große Menge Informationen über Größe, Ausdehnung, Form, Topographie, Geographie, Landschaftsnutzung uvm.
Pläne	Können aus Karten und/oder Text bestehen, sind meist (Zwischen-) Ergebnisse von Planungen (Analysepläne, Koordinationspläne uvm.)
Rechtsgrundlagen	Verfassungsbestimmungen, Gesetze, Verordnungen uvm. sind für zahlreiche Raumplanungsaufgaben unerlässlich
Statistiken	Amtliche und nicht-amtliche statistische Daten zu Bevölkerung, Arbeitsplätze, Verkehr, Bodennutzung uvm.
Luftbilder	Sind die Grundlage für geographische Informationssysteme
Literatur	Bücher, Berichte uvm.

Tab. 3: Arten von Informationsgrundlagen, eigene Darstellung nach Gilgen 2006, S.38

Die Planenden müssen stets den Erhebungszeitpunkt der Daten kennen und diesen in den Arbeiten ausweisen (Müller-Ibold 1997, S.77).

Diese Daten werden mithilfe von unterschiedlichen Softwareprodukten ausgewertet und aufbereitet.

Die Tabelle 4 gibt einen Überblick zu relevanten Werkzeugen bzw. Software:

Geographische Informationssysteme (GIS)	Ermöglichen die Analyse und Visualisierung räumlicher Daten. Mit diesem Tool werden Karten erstellt, von denen u.a. räumliche Muster ablesbar sind. Mittels GIS-Software können raumbezogene Daten zusammengefasst, kombiniert, aufbereitet oder auch geteilt werden. Daten können in visualisierte georeferenzierte Ergebnisse berechnet werden. Durch die Verknüpfung von Geo-Daten lassen sich komplexe räumliche Dynamiken analysieren und interpretieren. Gleichzeitig können Eigenschaften je nach Layer (= thematische Ebenen) ein- oder ausgeblendet werden, um räumliche Zusammenhänge und Muster zu erkennen. Karten unterstützen bei Entscheidungsfindungsprozessen, da dadurch räumliche Informationen in eine visuelle Darstellung übersetzt wird.
CAD-Software (Computer-Aided Design)	Zur Erstellung von detaillierten Plänen und Modellen. Diese Software erleichtert die präzise Planung und Visualisierung und Entwürfen
Statistiksoftware	Für Regionalanalysen
Text- Tabellen- und Layoutprogramme	Um Berichte zu erstellen, Analysen ansprechend zu gestalten und Karten textlich zu erläutern. Weitere Visualisierungen können Skizzen, Grafiken, Fotos sein
3D-Rendering Software	Um digitale Modelle in realistische Darstellungen von Gebäuden, Landschaften und urbane Räume zu präsentieren. Zudem können Lichtverhältnisse, Materialien, Umwelteinflüsse uvm. simuliert und veranschaulicht werden

Tab. 4: Werkzeuge in der Planung, Quelle: eigene Darstellung nach Schinagl 2022, S.145

Um diese Programme nutzen zu können, ist es erforderlich, eine Vielzahl von Datenquellen zur Verfügung zu haben. Mit der Digitalisierung haben Planende umfassendere Zugänge zu sämtlichen Daten. In diesem Zusammenhang wichtige Arbeitsschritte sind demnach das „[...] Erstellen, Erheben, Digitalisieren, Georeferenzieren, Bearbeiten, Visualisieren und Teilen von Daten [...]“ (Schinagl 2022, S.145).

Schinagl (2022, S.90) beschreibt des Weiteren, dass sich die Planung mit den neuen Technologien verändert. Er ist zudem der Auffassung, dass sich die Tätigkeiten und Rollen der Planer mit den technischen Systemen wandeln (ebda.).

5 KI in der Planungspraxis

Wegen der breiten Anwendungsmöglichkeiten wird KI vermehrt sowohl im privaten als auch im beruflichen Kontext eingesetzt. Bekannte Einsatzbereiche sind Robotik, Sprach- und Objekterkennung oder auch Text- und Bildverarbeitung. Generell hat die rasante Entwicklung von KI in den letzten Jahrzehnten nahezu alle Lebensbereiche revolutioniert. Häufig nehmen wir die Anwendungen von KI nicht mehr wahr. Die Technologie bietet nicht nur neue Möglichkeiten in der Datenanalyse und der Prognose städtischer Entwicklungen, sondern auch in der Visualisierung und Optimierung von Prozessen (Bielik et al. 2021, S.70).

Aktuelle Studien im Bereich KI zeigen, dass diese Technologie auch in Städten zunehmend eingesetzt wird. Angefangen von der Analyse von Satellitendaten bis hin um die städtische Funktionalität und Dienstleistungseffizienz (bspw. in Prozessen für Abfall-, und Energiemanagement, Sicherheitsprävention oder Umwelt- und Verkehrsplanung) zu optimieren. Besonders im Kontext der Smart City wird KI große Bedeutung beigemessen. Herath & Mittal (2018) vertreten bspw. den Standpunkt, dass *„AI and the IoT are two important technologies that have the potential to turn cities into sustainable smart cities“* (Herath & Mittal, 2022, S. 18). Hierbei werden beispielsweise KI-Technologien eingesetzt, um die Belastung der lokalen Ressourcen zu verringern, Dienstleistungen zu verbessern, aber auch um neue Mobilitätssysteme zu implementieren oder die Sicherheit der Bevölkerung zu steigern (ebda.).

Aber auch abseits einer Smart City haben sich in den letzten Jahren verschiedene KI-Systeme als sehr effektiv bei der Vorhersage von Umweltkatastrophen erwiesen (Hart et al, 2018, S. 16-29). In der Stadt Kastamonu, welche sich im Norden der Türkei befindet, wurden unterschiedliche KIs programmiert und verglichen, um die Ausbreitung eines Waldbrandes vorherzusagen. Dabei wurden sowohl die Ausbreitungsgeschwindigkeit als auch die Feuerintensität prognostiziert. Kucuk & Sevinc (2022) schließen aus ihrer Studie *„this demonstrated that artificial intelligence models can be used quite successfully in predicting fire behavior“* (Kucuk & Sevinc, 2022, S. 8). Ein ähnliches Projekt wurde an der ETH Zürich durchgeführt. Dabei entwickelten die ForscherInnen vom EvoVision Lab Algorithmen, die selbständig Satelliten- und Drohnenaufnahmen auswerten. Dadurch lässt sich feststellen, wo und in welcher Form sich Waldflächen mit der Zeit verändern (Kirstein 2020). Da die Algorithmen lernfähig sind, sollen sie ebenfalls abschätzen, an welchen Stellen der Wald am stärksten gerodet wird (Skrabania 2021).

Ein weiteres Beispiel wie KI dabei helfen kann, den Klimawandel zu bekämpfen, ist der Einsatz in der Energieerzeugung und -nutzung. In einer Studie von Microsoft und PWC wurde dargelegt, dass KI das Potenzial hat, die globalen Treibhausgas-Emissionen bis 2030 um 1,5% bis 4% zu senken (Stark 2020). Das fängt bei der

effizienten Anordnung von Solarpanelen an und endet bei der Vorhersage von Einflussfaktoren wie Wetter, Energiebedarf und Preisbildung (ebda.).

Einige Städte weisen hohe Schadstoffkonzentrationen wie Stickoxide und Feinstaub auf (Abbou 2020, S. 168). Infrastrukturanlagen sind in der Regel groß dimensioniert, weisen eine lange Lebensdauer auf und haben folglich über Generationen hinweg nachhaltige Auswirkungen auf ihre Umgebung, bspw. in Bezug auf Luft- und Wasserverschmutzung oder auch den Ausstoß von Treibhausgasen (Weber & B Capital Partners AG 2020, S.57). Infrastrukturen können somit nicht kurzfristig verändert werden (Abbou 2020, S. 168). Diesem sogenannten „Lock-in-Effekt“ bestehender Infrastrukturen könnte mittels KI entgegengewirkt werden (ebda.). Beispielsweise kann eine KI die erwartbare Schadstoffbelastung für die nächsten fünf Tage im Voraus berechnen und die Stadtverwaltung kann anhand dieser Information Gegenmaßnahmen einleiten, um lokale Emissionen zu kontrollieren (ebda.). Diese KIs wurden unter den Namen „City Air Management Tool“ sowie „City Performance Tool“ von der Siemens AG entwickelt und dienen nicht nur dazu, kurzfristige Maßnahmen umzusetzen, sondern sollen auch Luftverbesserungsstrategien, wie permanente Umweltzonen oder Förderung der E-mobilität, beschleunigen (Siemens AG & Stadt Nürnberg, o.D., S. 1).

Auch für den Verkehr und die städtische Mobilität gibt es einige KI-gestützte Projekte, die entweder bereits in Verwendung sind, oder an denen noch intensiv geforscht werden. Zu letzterem zählt beispielsweise das autonome Fahren, dessen Basis ein KI-System ist (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik o.D.). Forschende des Fraunhofer-Instituts für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO beschreiben in der neuen Studie „AFKOS: Autonomes Fahren im Kontext der Stadt von morgen“, dass *„die Technologie ein neues Planungsparadigma einläutet, das durch Reduzierung der Verkehrsinfrastruktur neue Entwicklungsflächen für alternative Nutzungen öffnen könnte“* (Braun et al., 2019, S. 58). Sie erläutern weiter: *„Die entstehenden Potenziale könnten in einem langfristigen Flächentransformationsplan festgehalten werden. In Kombination mit ausgewählten KPIs ergibt sich die Möglichkeit der stetigen Überwachung und Auswertung der Folgeeffekte.“* (ebda.). Trotz seines potenziellen Einflusses auf den Planungsprozess wird das Thema autonomes Fahren in dieser Diplomarbeit nur peripher betrachtet. Das liegt unter anderem an der noch unzureichenden empirischen Datenlage.

Auch das AIT forscht im Zuge des City Intelligence Lab am Einsatz von KI in der urbanen Planung. Eines von vielen interessanten Projekten die deep learning Algorithmen nutzen, ist das Projekt „Intelligent Framework for resilient Design“. Hier wird maschinelles Lernen genutzt, um Feedback zu durch Stadtdesigns hervorgebrachte Umwelteinflüsse in Echtzeit zu erhalten (Austrian Institute of Technology -AIT 2021).

Zusammengefasst lassen sich zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten von KI in der Stadtplanung finden. Insbesondere im Bereich der Datenerhebung und -analyse wird großes Potenzial beim Verarbeiten riesiger Datenmengen und daraus Erkenntnisse zu gewinnen gesehen (Bielik et al. 2021, S.70). Weitere Einsatzmöglichkeiten wie die Prognose von Gegebenheiten wie Verkehrsflüsse, Waldbrände, Luftqualität, Lärmbelastung uvm. aber auch Demographische Analysen ermöglicht eine zielgerichtete Entwicklung urbaner Qualitäten (ebda.). Mit der Simulation von Planungs- und Entwicklungsszenarien können unterschiedliche Ansätze miteinander verglichen, deren Auswirkungen bewertet, sowie als Plattform für Verhandlungsprozesse zwischen den verschiedenen Akteursgruppen genutzt werden (ebda. S.71).

Der Einsatz von KI in der Stadtplanung bietet ein enormes Potenzial, um städtischen Herausforderungen effizient zu begegnen. KI-Modelle können jedoch bisher nur als Werkzeuge zur Analyse genutzt werden, denn diese entwickeln keine eigenständigen stadtplanerischen Theorien (Huang et al. 2024, S.3). Sie erkennen lediglich statistische Zusammenhänge innerhalb der zugrundeliegenden Daten und reproduzieren diese, ohne eine eigene stadtplanerische Perspektive zu entwickeln (ebda. S.2). Je nach verwendetem Datensatz und Trainingsmethode können jedoch indirekt bestehende Theorien oder Planungsparadigmen Einfluss auf die Ergebnisse nehmen (ebda.).

Ein noch ungelöster Aspekt ist der Umgang mit wichtigen Themen wie Datenschutz, Transparenz und Akzeptanz. KI hat das Potenzial, ein wertvolles Werkzeug für die Gestaltung nachhaltiger und lebenswerter Städte zu sein. Es bedarf jedoch weiterer Strategien für die Umsetzung und Implementierung. Dies umfasst insbesondere den Zugang zu qualitativ hochwertigen (Trainings-)daten, vertiefte Fachkenntnisse zu ML, einen präzise formulierten theoretischen Rahmen, besonders in Bezug auf ethische und rechtliche Fragestellungen, sowie ausreichende finanzielle Ressourcen und die Bereitschaft zur Akzeptanz von Innovationen.

6 ML-Anwendungen im Planungsprozess

Wie in Kapitel 4 beschrieben, kann ein idealtypischer Planungsprozess in verschiedene Phasen unterteilt werden, die von der Analyse der Ausgangssituation bis hin zur Umsetzung und Evaluierung reichen. In dieser Diplomarbeit wird u.a. untersucht, in welchen Phasen des Prozesses häufig angewendete Machine-Learning-Algorithmen, die im Kapitel 2.4.3 bereits erläutert wurden, eingesetzt werden und welche Vorteile sich daraus ergeben könnten.

An dieser Stelle ist hervorzuheben, dass im Zuge der Diplomarbeit nicht alle technischen Details der Programmierung und Anwendung von KI angeeignet werden konnten. Mit dieser Auflistung soll aufgezeigt werden, dass in der Raumplanung unterschiedliche Fragestellung bestehen, die mittels KI beantwortet werden könnten. Wichtig zu erwähnen ist ebenfalls die Erkenntnis, dass es keine alleinstehende universelle KI gibt, die über den ganzen Raumplanungsprozess angewendet werden kann, sondern unterschiedliche Algorithmen eingesetzt werden könnten, um spezifische Fragestellungen zu beantworten.

Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, löst jeder Algorithmus eine bestimmte Art von Problem. Um nun zu identifizieren, welche Algorithmen innerhalb des Planungsprozesses eingesetzt werden können, dienten die in Tabelle 4 dargestellten Fragestellungen. Diese Vielzahl an Faktoren beeinflusst im Großen und Ganzen die Wahl des Algorithmus (Pattam 2022). Um die Hauptfragestellung zu beantworten, nämlich welche Algorithmen innerhalb der einzelnen Planungsphasen eingesetzt werden können, wurden zusätzlich zur Auseinandersetzung mit den Funktionen der in Kapitel 2 erläuterten Algorithmen die folgenden Fragen als Gedankenstütze genutzt:

1.	Wie soll das Problem gelöst werden?	• Klassifikation • Anomalieerkennung • Regression • Clustering
2.	Welche Art von Daten ist vorhanden?	Sind die Daten • Strukturiert • Semi-strukturiert • unstrukturiert
3.	Wie groß ist das gegebene Datenvolumen?	groß (>10.000 Datensätze) klein (<1.000 Datensätze)
4.	Genauigkeit der Ergebnisse und Geschwindigkeit (Sind Annäherungen/Annahmen an ein bestimmtes Ergebnis ausreichend?)	Die Zeit ist wichtiger als die Genauigkeit der Ergebnisse: lineare Regression Die Genauigkeit der Ergebnisse ist wichtiger als die Zeit: Neuronale Netze

Tab. 5: Ablaufschema, Quelle: eigene Darstellung nach Pattam 2022

6.1 Analyse- und Auftaktphase

Bereits in dieser ersten Phase eröffnet der Einsatz von KI eine vielversprechende Perspektive da vielfach Routineaufgaben wie das Erstellen von Karten oder das Verarbeiten von GIS-Daten automatisiert werden können. Derzeit müssen Planende selbständig die Datenerfassung vornehmen, sprich recherchieren und zur weiteren Nutzung aufbereiten und zusammenführen. Häufig bestehen Herausforderungen hinsichtlich der heterogenen und schwer zugänglichen Daten, die zum Teil auch veraltet sind, was wiederum Prognosen und Zielvorstellungen stark beeinflussen kann (Plattform lernende Systeme 2022, S.38). Die vorhandenen Datensätze zu den jeweiligen Themengebieten sind daher meist klein. Diese Tatsache erschwert auch den Einsatz von KI-Modellen. Mit dem zunehmenden Einsatz von IoT-Geräten und der Verbesserung von Sensortechnologien besteht jedoch die Möglichkeit, in Zukunft präzise, tagesaktuelle und eine größere Menge von Datensätzen zu sammeln und für Planende über eine digitale Plattform zugänglich zu machen. Wie bereits in Kapitel 2.4.1 erläutert, kann es sinnvoll sein, KI anstelle von klassischer Statistiksoftware zu nutzen. Insbesondere wenn der Schwerpunkt auf der Vorhersagegenauigkeit neuer Daten, und nicht auf das gezielte Testen von Hypothesen liegt, generell große Datenmengen verarbeitet werden oder auch automatisierte Optimierungsprozesse genutzt werden (Asim oD.).

In diesem ersten Teil der Analysephase besteht bereits Potenzial, KI einzusetzen. Erste Fragen, die sich hier stellen, sind bspw. die aktuellen räumlichen Nutzungen und Flächenverteilungen. Daten, die für die Beantwortung dieser Frage herangezogen werden können, sind komplexe Bilddaten wie Satellitenbilder. Konkret könnte zur Erkennung und Klassifizierung von Objekten (wie Gebäude, Straßen, Grünflächen) aus Satellitenbildern ein CNN-Modell (Convolutional Neural Network) eingesetzt werden aber auch K-Means-Clustering angewandt werden, um Datenpunkte in Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften zu unterteilen. Ein konkretes Beispiel hierfür wäre Stadtgebiete basierend auf der Landnutzung oder sozioökonomischen Faktoren zu segmentieren. Ein weiterer klassischer Algorithmus für die Kategorisierung von Bodenarten wären support vector machines (SVMs).

Eine weitere Einsatzmöglichkeit von KI zeigt sich in der Analyse von unterschiedlichen Dokumenten, wie Berichten oder Bauplänen. Dazu könnte ein NLP-Modell genutzt werden, welches menschliche Sprache in Form von Text- oder Sprachdaten verarbeitet. In einem auf bestärkendem Lernen aufbauenden Modell können mehrere Varianten einer Karte, statistischen Tabelle oder auch eines Berichts ausgearbeitet werden. Die Planenden mit dem ExpertInnenwissen übernehmen hierbei das Kontrollorgan, denn gleichzeitig lernt das Modell durch die Entscheidungen des Planenden. Beispielsweise können Prioritäten für gewisse Situationen festgelegt werden. Die KI könnte ebenfalls als Ergebnis aus der Analyse der statistischen Daten,

die sie zuvor selbst errechnet hat, Maßnahmen ableiten wie bspw.: „In Gemeinden mit hohem Bodenversiegelungsanteil sind vorrangig Ziele mit Fokus auf Begrünungsmaßnahmen vorzuschlagen“. Auch der Text für den Planungsbericht könnte mittels LLM generiert werden.

Der nächste Schritt in der Planung ist die Bestandsanalyse, in welcher die zuvor erhobenen Daten analysiert werden. Dazu können sowohl Clustering-Algorithmen (wie k-means, k-nearest oder auch hierarchisches Clustering) als auch Regressions-Algorithmen (wie lineare Regression, random Forest) eingesetzt werden. Ersteres ist vor allem in Bezug auf die Datengruppierung basierend auf ähnlichen Merkmalen sinnvoll, um bspw. Anomalien zu erkennen. Letzteres setzt Variablen miteinander in Beziehung und errechnet daraus bspw. Bevölkerungsprognosen.

Die Analyse von Daten mittels maschinellen Lernens ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten. Der Leitgedanke ist, dass durch eine große Menge qualitativ hochwertiger Trainingsdaten, die mittels IoT generiert werden, eine KI Muster erkennen und in weiterer Folge Fehlplanungen bereits vorab identifizieren kann. An dieser Stelle sei anzumerken, dass die gesammelten Daten von hoher Qualität sein müssen, sowie gesetzliche Bestimmungen, die unter anderem in Kapitel 2 erläutert wurden, eingehalten werden.

Für die Erarbeitung von Visionen, die häufig gemeinsam mit AkteurInnen ausgearbeitet werden, können mithilfe von generativen KI-Modellen innovative und vielfältige Designvorschläge erarbeitet werden.

Phase	Modelltyp	Algorithmus	Anwendungsmöglichkeit
Bestandsaufnahme	Klassifikation	CNN	Zur Erfassung und Klassifizierung von Objekten wie Gebäude, Straßen, Grünflächen aus Satellitenbildern. Weiterentwicklung des CNN-Algorithmus erstellt aus diesen Daten Karten
		NLP	Analyse und Extraktion von Informationen aus Dokumenten wie bspw. BürgerInnenfeedbacks, Berichten, Bauplänen
	Clustering	Hierarchisches Clustering, k-Means	Gruppierung von Daten basierend auf räumlich ähnlichen Merkmalen wie Bevölkerungsdichte, Infrastrukturqualität, Nutzungsart. Analyse räumlicher Beziehungen
	Regression	Lineare Regression	Berechnung von Bevölkerungsprognosen, Verkehrsaufkommen, Flächenausbreitung
Bestandsanalyse	Klassifikation	SVM	um zu Erkennen, ob ein Gebiet basierend auf Umweltfaktoren als hoch belastet oder wenig belastet eingestuft wird.
	Dimensionsreduktion	PCA	Komplexe Verkehrsdaten werden vereinfacht, um wichtigste Einflussfaktoren auf Staus zu erkennen.
	Klassifikation	k-NN	Vergleicht aktuelle Umweltmesswerte mit historischen Daten, um ungewöhnliche Belastungen zu identifizieren.
Vision	Generative KI	GANs	KI-gestützte Entwurfsplanung bspw. zur automatischen Generierung von Stadtplanungsentwürfen

Tab. 6: Einsatzmöglichkeiten von KI-Algorithmen, Quelle: eigene Darstellung

6.2 Konzept- und Konkretisierungsphase

Der Einsatz von KI eröffnet in dieser Phase neue Perspektiven zur Identifikation und Optimierung gesellschaftlicher Zielindikatoren. Wie in Kapitel 2 beschrieben, kommen beim überwachten Lernen Regressionsanalysen oder Klassifikationsalgorithmen zum Einsatz. Mittels ersterem werden Beziehungen zwischen abhängigen und unabhängigen Variablen modelliert (Statista, o.D.). Das Regressionsmodell im Allgemeinen eignet sich, um Zusammenhänge zwischen Determinanten und Zielgrößen (wie bspw. Gesamtenergieverbrauch in einem Wohngebiet) bestmöglich darzustellen (ebda.). Bei der Regressionsanalyse werden sowohl Eingabedaten wie bspw. die Anzahl der Haushalte, die energieeffiziente Geräte nutzt als auch Ausgabewerte, wie Energieverbrauch Kilowattstunden pro Monat und Haushalt, benötigt. Stehen historische Daten über die Implementierung der genannten Maßnahme und entsprechendem Energieverbrauch zur Verfügung, wird das Modell mit diesen Daten trainiert. Letztendlich kann diese Methode des maschinellen Lernens angewandt werden, um Auswirkungen neuer Maßnahmen oder Richtlinien vorherzusagen, zu quantifizieren und definierte Ziele zu erreichen. Bei Klassifikationsalgorithmen wie Decision Tree oder Random Forest werden, wie beschrieben, Daten in vorab definierte Kategorien zugeordnet. Dies bedeutet, dass KI hier eingesetzt werden kann, um Zusammenhänge in den unterschiedlichen Teilaspekten wie bspw. die Korrelation von Bevölkerungsveränderung und Infrastruktureigenschaften zu erkennen. Dies ist jedoch nicht auf das überwachte Lernen begrenzt. Unüberwachtes Lernen ermöglicht mittels Methoden wie K-Means oder hierarchischem Clustering, Daten, ohne labeling in Gruppen mit ähnlichen Eigenschaften zu segmentieren. Ein konkretes Beispiel könnte ein sozioökonomisches Cluster sein, in dem Stadtteile mit ähnlichen sozioökonomischen Profilen (Einkommen, akademischer Grad, Alter etc.) identifiziert werden und Zielstrategien darauf aufbauend gestaltet sind. Dieses Verfahren könnte in einem weiteren Schritt auch dazu genutzt werden, Ziele auf ihre Kompatibilität zu überprüfen. Zielindikatoren, die historisch in denselben Clustern gruppiert sind, könnten wegen der gleichen Merkmale als kompatibel klassifiziert werden.

Der Entwurf des Zielrahmens dient dazu, eine strukturierte und zielgerichtete Planung zu gewährleisten und ist gleichzeitig eine Art Orientierungshilfe für alle AkteurInnen. Im Zuge des Zielrahmenentwurfs ist ein Arbeitsschritt des Planers das Herausarbeiten von zentralen Themen aus Berichten, Protokollen o.ä. Ein hierbei unterstützendes KI-System ist das NLP-Modell, welches wie bereits erwähnt, menschliche Sprache in Form von Text- oder Sprachdaten verarbeiten kann. Damit kombiniert könnten wiederum Clustering-Algorithmen (k-means, hierarchische) eingesetzt werden, um Feedbacks zu Gruppieren und Muster zu erkennen. Auch hier könnte die Anwendung von Regressions-Algorithmen (multiple Regression, Decision Tree) sinnvoll sein, da diese linearen Beziehungen zwischen Variablen berechnet. Ein konkretes

Anwendungsbeispiel hierfür könnte die Analyse von Planungsmaßnahmen und wie diese Zielkategorien (zB. Klimafitness) beeinflusst, sein. Insgesamt können Modelle, die auf reinforcement learning basieren, Entscheidungsprozesse simulieren, wodurch eine Anpassung des Zielrahmens möglich ist.

Die Abschätzung von Auswirkungen von Maßnahmen ist ein weiterer wichtiger Planungsschritt. Dafür ist ebenfalls der Einsatz von Regressions-Algorithmen denkbar, da bspw. komplexe Beziehungen gleichzeitig miteinander in Bezug gesetzt werden. Ein konkretes Beispiel ist die Analyse von Auswirkungen eines neuen Einkaufszentrums auf den Verkehr oder die Umwelt. Neuronale Netze eignen sich bspw., um Sachverhalte aus Daten abzuleiten wie bspw. Änderungen der Verkehrsinfrastruktur auf die durchschnittliche Pendelzeit.

Für den Entwurf von Lösungskonzepten eignen sich wiederum generative KI-Modelle, um vielfältige Szenarien zu entwerfen.

Planende können zur Erstellung von Handlungsstrategien und Maßnahmen Regressions-Algorithmen anwenden, um bspw. vorherzusagen, welche Auswirkungen gewisse Maßnahmen wie eine Radweginitiative auf verschiedene Zielgrößen wie die Verkehrssicherheit haben könnten.

Phase	Modelltyp	Algorithmus	Anwendungsmöglichkeit
Entwurf des Zielrahmens	Klassifikation	NLP	Um zentrale Themen aus Planungsdokumenten, Berichten, Protokollen etc. herauszufiltern und für den Zielrahmen aufzuzeigen. Bspw. welche Themen in BürgerInnenumfragen am häufigsten genannt wurden (Bspw. Wohnen, Umwelt, Verkehr etc.), um Berichte zusammenzufassen
Planalternativen	Klassifikation	Entscheidungsbaum	Vergleich von Planalternativen basierend auf mehreren Kriterien wie bspw. Kosten, soziale Auswirkungen, Umwelteinflüsse
	Generative KI	GANs	Simulation und Erstellung mehrerer Entwürfe bspw. basierend auf Planungsrichtlinien
Wirkungsanalysen	Klassifikation	logistische Regression	Prognose von bspw. Verkehrsbelastung in X Jahren basierend auf aktuellen Trends
räumlicher Entwurf (Leitbild)	Generative KI	GANs	kreative Entwurfsgestaltung

Tab. 7: Potenzial von Algorithmen in der Konzept- und Konkretisierungsphase, Quelle: eigene Darstellung

6.3 Entscheidungs- und Umsetzungsphase

Auch in dieser Phase kann der Einsatz von KI als hilfreich erachtet werden. Da in dieser Phase jedoch nur in geringem Ausmaß planerische Kompetenz zum Einsatz kommt, wird auf eine Tabelle, die die wichtigsten Ergebnisse zusammenfasst, verzichtet.

Wie bereits erwähnt, gibt es Modelle, die den Planenden bei der wissensbasierten Entscheidung von Lösungsalternativen unterstützen können. Insbesondere eignen sich je nach Fragestellung bzw. Planungsphase mehrere Algorithmen. Darunter NLP-Techniken, Random Forests aber auch Regressionen sowie Clustering-Algorithmen.

Für die Präsentation der Ergebnisse eignen sich insbesondere Generative KI, die auf Textgenerierung spezialisiert ist. Dadurch können Berichte zusammengefasst und Präsentationen oder Pressemitteilungen erstellt werden.

Auch die Bewertung der Lösungsalternativen ist Teil der Entscheidungs- und Umsetzungsphase, da hierdurch überprüft wird, ob finanzielle oder auch materielle Ressourcen effizient eingesetzt werden. Somit wäre der Einsatz eines Regressions-Algorithmus wie Random Forest oder die logistische Regression denkbar, da dadurch bspw. Auswirkungen von Verkehrsplanungsalternativen auf die Luftqualität bewertet werden könnten.

Da Planungen in der Regel nicht innerhalb kürzester Zeit abgeschlossen sind, besteht die Gefahr, dass Maßnahmen nicht mehr zeitgemäß sind. Aus diesem Grund ist die Überprüfung von Ereignissen mittels aktueller Daten und realen Entwicklungen unabdingbar. Das ermöglicht die genauere Abschätzung zu Wirkungen, wodurch Pläne neuen Berechnungen bzw. Erkenntnissen angepasst werden können. Dafür eignet sich sowohl eine Regression als auch eine Hauptkomponentenanalyse sowie Support vector machines.

Sogar beim Monitoring bzw. Evaluierung kann der Einsatz von KI-Modellen, die auf überwachtem oder unüberwachtem Lernen basieren, sinnvoll sein. Dies ist jedoch von den Zielen des Monitorings/Evaluation und den verfügbaren Daten abhängig. Besteht das Ziel darin, Fertigstellungstermine oder Budgets einzuhalten, sind Regressionsmodelle oder Zeitreihenanalysen sinnvoll (=überwachtes Lernen). Soll der Erfolg einer Projektphase gemessen werden, sollten Klassifikationsmodelle eingesetzt werden (=überwachtes Lernen), denen strukturierte Daten wie Kosten, Arbeitsstunden, Statusmeldungen zur Verfügung stehen. Sind unstrukturierte Daten wie Bild-, Audio-, Textdateien vorhanden, könnten diese mittels NLP-Modell oder CNN verarbeitet werden. Dies ermöglicht bspw. die Analyse und Kategorisierung von Beschwerden über Telefonhotlines, oder auch um Baufortschritte zu überwachen.

6.4 Herausforderungen und Grenzen des ML-Einsatzes in der Planung

Der Einsatz von Machine learning in der Raumplanung bietet zahlreiche Vorteile, insbesondere bei der Datenverarbeitung und der Entscheidungsfindung. Machine Learning ermöglicht die Automatisierung zeitaufwändiger und repetitiver Aufgaben, wie die Verarbeitung großer Datensätze oder die Analyse von Geodaten (Batty 2018). Des Weiteren können ML-Modelle komplexe Datenmuster analysieren und daraus fundierte Erkenntnisse ableiten, die als Grundlage für Entscheidungen dienen (ebda.). Dazu zählen ebenfalls Vorhersagemodelle wie bspw. Prognosen zu Bevölkerungsentwicklung, Verkehrsaufkommen oder Umweltbelastung, die Planenden helfen, zukunftsorientierte Entscheidungen zu treffen (ebda.). Darüber hinaus können Planungsalternativen simuliert, bewertet und optimale Lösungen identifiziert werden.

Eine große Herausforderung bei der Zuweisung von Algorithmen zu den jeweiligen Planungsabschnitten war, sich mit den zur Verfügung stehenden Daten auseinanderzusetzen. Dies ist insofern relevant, da die Auswahl und Qualität der Daten einen größeren Einfluss auf die Analyse- und Trainingsergebnisse haben als der Algorithmus selbst (Keim et al. 2020, S.15). Da das Fachwissen der Autorin sich nicht auf den Forschungsbereich Data Science erstreckt, wurden die Daten, die in den einzelnen Planungsphasen möglicherweise zur Anwendung kommen könnten, lediglich in strukturiert, semi-strukturiert und unstrukturiert kategorisiert. Eine wichtige Erkenntnis ist, dass die Auseinandersetzung mit den in der Raumplanung vorhandenen Daten sowie deren Qualität den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen würde und eventuell als eigene wissenschaftliche Arbeit behandelt werden könnte.

Weitere Einsichten, die im Zuge dieser Arbeit gesammelt werden konnten, sind unter anderem, dass PlanerInnen mittels KI-Modellen auf mögliche statistische Anomalien aufmerksam gemacht werden können und gleichzeitig Vorschläge aus den Daten erhalten. Gleichzeitig übernimmt der Planende die Funktion als Experte und überprüft die Ergebnisse. Einige Modelle sind zusätzlich in der Lage, anhand der Entscheidungen des Planenden zu lernen und diese bspw. bei Designvorlagen zu berücksichtigen. Der Vorteil beim Einsatz von KI besteht vor allem darin, sehr viele Szenarien bewerten und mehrere Lösungsvorschläge erarbeiten zu können. Zusammengefasst ist KI in der Lage zu optimieren, zu Visualisieren und innovative Vorschläge zu unterbreiten. Gleichzeitig muss auch anerkannt werden, dass es nicht nur eine KI gibt, die den Planenden unterstützen kann, sondern unterschiedliche Algorithmen angewendet werden können. Hinzu kommt die Gegebenheit, dass die Qualität und Verfügbarkeit von Daten entscheidend für den Einsatz von KI-Modellen sind. In vielen Bereichen der Planung sind aktuelle und umfassende Daten nur begrenzt bzw. in geringer Anzahl verfügbar. Diese Datenlücken können die

Aussagekraft erheblich einschränken und zu fehlerhaften Modellen führen, die ungenaue oder verzerrte Ergebnisse liefern. Bei vielen ML-Algorithmen, insbesondere bei tiefen neuronalen Netzwerken, besteht zudem die Black-Box-Problematik. Aktuell noch ungeklärt sind ebenfalls ethische Fragen und Datenschutzthemen, die beim Einsatz von ML auftreten.

Die Vorteile beim Einsatz von KI in der Planung sind vielfältig. Gleichzeitig bestehen derzeit noch Herausforderungen, die die Notwendigkeit unterstreichen, bewusst und verantwortungsvoll mit dieser Technologie umzugehen.

7 Experiment: „ChatGPT Planning Lab“

In den vorangegangenen Kapiteln wurden Anwendungsmöglichkeiten von KI-Modellen in der Raumplanung mittels Literaturanalyse und ExpertInneninterviews aufgezeigt, die sich auf den aktuellen Stand der Forschung beziehen. In diesem Kapitel steht insbesondere das Produkt „ChatGPT“ im Fokus. Ziel der Modelltestung ist es, anhand von zuvor festgelegten Kriterien eine zielführende Beantwortung der Forschungsfrage „Welche Stärken und Schwächen zeigt die generative KI „ChatGPT“ bei der Beantwortung spezifischer Fragen zur Stadtgestaltung und der Umgestaltung von zwei urbanen Plätzen?“ zu erhalten.

Dieses Experiment gliedert sich wie bereits in Kapitel 1.3.4 angedeutet in zwei Teile. Die Abbildung 12 stellt den Ablauf dar, welcher in den nachfolgenden Kapiteln im Detail beschrieben wird.



Abb. 10: Darstellung des Arbeitsablaufs, eigene Darstellung

7.1 Teil 1 - Befragung

Die rasante Entwicklung der künstlichen Intelligenz hat dazu geführt, dass gewisse KI-Systeme zunehmend in der Lage sind, Texte zu generieren und Fragen zu beantworten. Dadurch stellt sich die Frage, welche Qualität und Eigenschaften diese Antworten haben und inwiefern diese mit menschlichen Einschätzungen verglichen werden können. In diesem Kapitel wird daher untersucht, wie sich menschliche und KI-generierte Antworten auf unterschiedliche Fragen, mit denen PlanerInnen konfrontiert sind, unterscheiden. Insgesamt wurden sowohl der KI als auch den

ExpertInnen fünf identische Fragen gestellt. Eine signifikante Stichprobenerhebung der KI-generierten Antworten wurde angestrebt, jedoch zeigte sich, bereits nach dem vierten Versuch, dass diese inhaltlich kaum Unterschiede aufwiesen. Aus diesem Grund wurde für die Analyse lediglich die erste Antwort von ChatGPT herangezogen.

7.1.1 Ablauf

Zunächst wurden die folgenden fünf Fragen festgelegt:

- Wie würden Sie den Begriff „klimafitte Stadt“ definieren?
- Welche Herausforderungen sehen Sie als besonders relevant für Städte im Kontext des Klimawandels?
- Welche städtebaulichen oder infrastrukturellen Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach am effektivsten, um Städte klimaresilient zu gestalten?
- Welche Rolle spielt die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel? Welche Maßnahmen können getroffen werden, um Städte klimaresilienter zu gestalten?
- Wie können städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren und welche politischen oder sozialen Maßnahmen sind notwendig, um dies zu unterstützen?

Die Auswahl dieser Fragen erfolgte mit dem Ziel, ein breites Spektrum an Aspekten der klimafitten Stadtentwicklung abzudecken. Dabei wurde darauf geachtet, sowohl ökologische als auch infrastrukturelle, soziale und politische Dimensionen zu berücksichtigen. Ein weiterer zentraler Aspekt bei der Fragenauswahl war die Möglichkeit, die Antworten der ExpertInnen mit den von ChatGPT generierten Ergebnissen zu vergleichen. Die Fragen wurden teilweise bewusst mit Fachbegriffen versehen, um herauszufinden, wie die KI auf Fachsprache reagiert. Zudem wurde darauf geachtet, dass die Fragen nicht nur Antworten zu theoretischen Konzepten behandeln, sondern auch praktische Anwendungsbeispiele, bewährte Methoden oder praxisrelevante Schlussfolgerungen ermöglichen.

Die Befragung an ChatGPT erfolgte vor den ExpertInneninterviews, am 24. Oktober 2024. In einem nächsten Schritt wurde das Setup in ChatGPT aufgebaut. Dafür wurde ChatGPT mittels prompt so konfiguriert, dass es eine spezifische Rolle übernimmt, um eine realitätsnahe Simulation einer ExpertInnenantwort zu ermöglichen. Diese Rollenzuweisung sollte sicherstellen, dass die generierten Antworten dem Schwerpunkt Raumplanung entsprechen. Wie in Abbildung 13 ersichtlich, erfolgte die Rollenzuweisung durch eine präzise Instruktion im Eingabeprompt, in der ChatGPT angewiesen wurde, aus der Perspektive eines Raumplanungsexperten zu argumentieren.

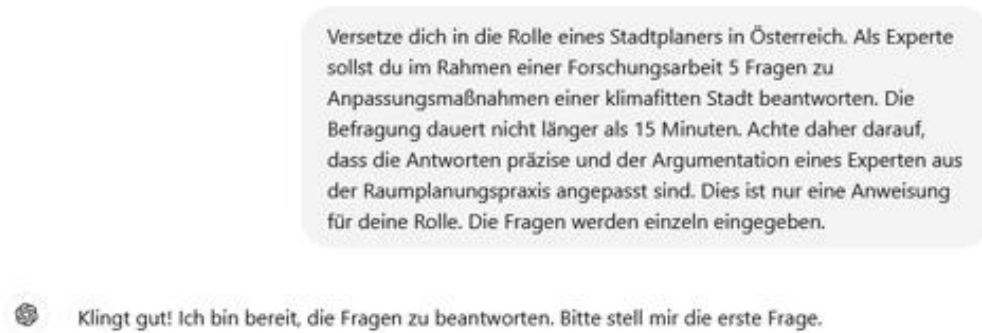


Abb. 11: Eingabeprompt ChatGPT, eigene Darstellung

Nachdem der KI die Rolle zugewiesen wurde, wurden die Fragen nacheinander gestellt, ohne weiteren Input oder Kontext zwischen den Antworten zu geben. Der gesamte Verlauf ist mittels Screenshots im Anhang dokumentiert.

Anschließend wurden die von ChatGPT generierten Antworten protokolliert und in die ExpertInneninterviews integriert. Nachdem die ExpertInnen zunächst ihre eigenen Antworten auf die fünf Fragen gegeben hatten, wurden ihnen die entsprechenden Rückmeldungen der KI präsentiert. Das Ziel war damit eine direkte Reflexion und Diskussion über die Qualität, Relevanz und mögliche Anwendbarkeit der KI-generierten Inhalte zu erhalten. Dieser Ansatz ermöglichte nicht nur einen ersten direkten Vergleich zwischen menschlichen und KI-generierten Perspektiven, sondern bot auch eine erste Einschätzung, ob KI-gestützte Methoden potenziell unterstützend in der Stadtplanung eingesetzt werden könnten.

Im abschließenden Schritt wurden die Antworten systematisch miteinander verglichen und anhand spezifischer Kriterien bewertet (siehe Kap. 7.1.2 und 7.1.3). Um letztendlich Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu erfassen, wurden sowohl die ExpertInnenmeinungen als auch die KI-generierten Antworten mittels festgelegter Kriterien, die im nachfolgenden Kapitel erläutert werden, in Beziehung gesetzt.

7.1.2 Kriterien

Um eine fundierte Analyse der beiden Perspektiven zu erhalten, wurden für den Vergleich die folgenden Kriterien gewählt. Bei der Auswahl der Kriterien wurde auf vier zentrale Aspekte geachtet. Das sind der Inhalt der Antworten, die Perspektive, aus der sie formuliert wurden, die Struktur sowie die kognitiven Prozesse, die hinter den Antworten hervorgehen:

- Relevanz
 - Sind die Antworten direkt auf die Frage bezogen, oder weichen sie ab?
- zeitliche Dimension
 - Bezieht sich die Antwort auf aktuelle Entwicklungen, historische Perspektiven oder Zukunftsvisionen?
- Kompaktheit
 - Ist die Antwort prägnant oder enthält sie redundante Informationen?
- Problemlösung
 - Werden Lösungsansätze oder Handlungsempfehlungen gegeben?
- kritisches Denken
 - Werden Vor- und Nachteile oder potenzielle Risiken diskutiert?
- Anwendbarkeit
 - Ist die Antwort praxisorientiert oder eher theoretisch?
- Länge der Antworten

Zusätzlich werden die Antworten der KI nach technischen Aspekten analysiert. KI-Systeme wie ChatGPT basieren auf großen Sprachmodellen, die darauf trainiert sind, Muster in Textdaten zu erkennen und darauf basierend kohärente und sinnvolle Antworten zu generieren. Dabei wird jedoch nicht wie bei einem Menschen aktiv überlegt, sondern auf Wahrscheinlichkeiten von Wortfolgen zurückgegriffen. Mithilfe der technischen Bewertungsmerkmale sollen demnach die Qualität und das Antwortverhalten, konkret die Leistungsfähigkeit der KI im Umgang mit verschiedenen Szenarien, geprüft werden.

Diese Aspekte zur Bewertung sind:

- Konsistenz
 - Bleibt die KI-Antwort innerhalb einer Frage konsistent, oder gibt es Widersprüche?
- Bias
 - Zeigt die Antwort mögliche Vorurteile oder Tendenzen?
- Generalisierung
 - Enthält die Antwort spezifische Lösungsansätze, oder nur allgemeine und wenig konkrete Szenarien?

Damit soll evaluiert werden, inwieweit die KI eine zuverlässige und vielseitige Unterstützung bieten kann. Gleichzeitig erlaubt diese Analyse, Einschränkungen der KI, die eventuell bereits von den ExpertInnen genannt wurden, zu identifizieren, etwa die Neigung zu übermäßig allgemeinen Aussagen oder die fehlende Fähigkeit, tiefergehendes kritisches Denken zu simulieren.

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sollen Aufschluss darüber geben, in welchen Bereichen die KI menschliche Perspektiven ergänzen, nachbilden oder möglicherweise ersetzen kann. An dieser Stelle ist jedoch zu erwähnen, dass den ExpertInnen im Interview nur ein begrenzter zeitlicher Rahmen zur Verfügung stand, wodurch ihre Ausführungen naturgemäß kompakter, jedoch spezifischer ausfielen.

7.1.3 Ergebnis: Vergleichsmatrix

Frage 1: Wie würden Sie eine klimafitte Stadt definieren?

Aspekt	Expertin 1	Expertin 3	Expertin 4	Expertin 5	ChatGPT	Fazit
Relevanz	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Alle Antworten sind thematisch passend
zeitliche Dimension	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Expertinnen 4, 5 und KI berücksichtigen die Zukunft, Expertinnen 1 und 3 bleiben in der Gegenwart
Kompaktheit	Mittel	Mittel	Mittel	Mittel	Lang	Antworten der Expertinnen sind prägnant
Problemlösung	Ja (grüne und blaue Infrastruktur)	Ja (Wassermanagement, Verkehr, Grünräume)	Ja (Klimaanpassung und Klimaschutz)	Ja (Gestaltung öffentlicher Raum, Gebäudeplanung)	Ja (detaillierte Strategien)	KI beschreibt umfassendere und spezifischere Lösungsansätze
kritisches Denken	Nein	Ja (Erweiterung auf Verhaltensformen)	Ja (kritische Reflexion über Begriffe)	Ja (Planungsebenen und Klimaschutz)	Ja (Breite der Themen und Herausforderungen)	KI und Expertinnen 3–5 hinterfragen Begrifflichkeiten
Anwendbarkeit	Ja (allgemeine Ansätze)	Ja (konkretere Maßnahmen, z. B. Verkehr)	Ja (breite Themenbereiche)	Ja (praktische Gestaltungsvorschläge)	Ja (klare Strategien)	Antworten der KI sind sehr detailliert, Expertinnen erwähnen jedoch praxisnahe Ansätze
Länge der Antworten	~100 Wörter	~150 Wörter	~200 Wörter	~150 Wörter	~250 Wörter	Antwort der KI weist die meiste Wortanzahl auf

Tab. 8: Vergleichsmatrix Frage 1, Quelle: eigene Darstellung

Frage 2: Welche klimatischen Herausforderungen sehen Sie als besonders relevant für Städte im Kontext des Klimawandels?

Aspekt	Expertin 1	Expertin 3	Expertin 4	Expertin 5	ChatGPT	Fazit
Relevanz	Ja (Hitze, Starkregen)	Ja (Hitze, Versickerung, Mikroklima)	Ja (Hitze, Stadt-Umland-Beziehungen)	Ja (klassische Witterungseinflüsse)	Ja (breites Spektrum an Herausforderungen)	Alle Antworten benennen relevante Herausforderungen, KI ist am umfassendsten
zeitliche Dimension	Nein	Nein	Ja (kurz- und langfristig)	Ja (lokale und strategische Maßnahmen)	Ja (langfristige Auswirkungen und Anpassungen)	Expertinnen 4, 5 und KI berücksichtigen sowohl kurzfristige als auch langfristige Aspekte
Kompaktheit	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel	Niedrig	Expertin 1 ist am prägnantesten, KI antwortet am ausführlichsten
Problemlösung	Nein	Ja (konkrete Maßnahmen wie Beschattung)	Ja (Stadtplanung, Durchlüftung)	Ja (Anpassungsmaßnahmen)	Ja (detaillierte Strategien)	KI gibt die umfassendsten Lösungsansätze, Expertinnen 3–5 erläutern praxisnahe Ansätze
kritisches Denken	Nein	Ja (lokale Anpassungen)	Ja (Reflexion über Stadt-Umland)	Ja (strategische Maßnahmen)	Ja (umfassende Betrachtung sozialer und ökologischer Aspekte)	Expertinnen 3–5 und KI hinterfragen Begrifflichkeiten; Expertin 1 bleibt deskriptiv
Anwendbarkeit	Mittel	Hoch (praxisnahe Beispiele)	Hoch (Stadtplanung und Luftqualität)	Hoch (lokale Maßnahmen)	Hoch (breite Anwendbarkeit)	KI und Expertinnen 3–5 liefern praxisnahe und umsetzbare Ansätze
Länge der Antworten	~50 Wörter	~150 Wörter	~200 Wörter	~150 Wörter	~300 Wörter	Antwort der KI weist die meiste Wortanzahl auf

Tab. 9: Vergleichsmatrix Frage 2, Quelle: eigene Darstellung

Frage 3: Welche städtebaulichen oder infrastrukturellen Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach am effektivsten, um Städte klimaresilient zu gestalten?

Aspekt	Expertin 1	Expertin 3	Expertin 4	Expertin 5	ChatGPT	Fazit
Relevanz	Ja (grüne und blaue Infrastruktur)	Ja (ÖV, Radwege, kompakte Stadt)	Ja (grüne und blaue Infrastruktur)	Ja (Superblocks, 15-Minuten-Stadt)	Ja (breites Spektrum an Maßnahmen)	Alle Antworten nennen relevante Maßnahmen, KI ist am umfassendsten
zeitliche Dimension	Nein	Nein	Ja (kurz-, mittel-, langfristig)	Ja (lokale und strategische Ansätze)	Ja (langfristige und nachhaltige Lösungen)	Expertinnen 4, 5 und KI berücksichtigen verschiedene zeitliche Ebenen
Kompaktheit	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel	Niedrig	Expertin 1 ist am prägnantesten, KI-Antwort am ausführlichsten
Problemlösung	Ja (kurz und prägnant)	Ja (konkrete Maßnahmen, z.B. Fußwege)	Ja (breites Spektrum)	Ja (Konzepte wie Superblocks)	Ja (vielfältige Strategien)	KI gibt die umfassendsten Lösungen, Expertinnen 3–5 liefern praxisnahe Vorschläge
kritisches Denken	Nein	Ja (funktionale Durchmischung)	Ja (breite Perspektive)	Ja (Unterschiede Stadt/Land)	Ja (ganzheitliche Betrachtung)	Expertinnen 3–5 und KI zeigen kritisches Denken; Expertin 1 bleibt rein deskriptiv
Anwendbarkeit	Mittel	Hoch (praxisnahe Beispiele)	Hoch (breites Spektrum)	Hoch (innovative Konzepte)	Hoch (breite Anwendbarkeit)	KI und Expertinnen 3–5 liefern praxisnahe und innovative Ansätze
Länge der Antworten	~20 Wörter	~100 Wörter	~150 Wörter	~150 Wörter	~300 Wörter	Antwort der KI weist die meiste Wortanzahl auf

Tab. 10: Vergleichsmatrix Frage 3, Quelle: eigene Darstellung

Frage 4: Welche Rolle spielt die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel? Welche Maßnahmen können getroffen werden, um Städte klimaresilienter zu gestalten?

Aspekt	Expertin 1	Expertin 3	Expertin 4	Expertin 5	ChatGPT	Fazit
Relevanz	Ja (grüne und blaue Infrastruktur)	Ja (grüne, blaue Infrastruktur, ÖV)	Ja (breite Wiederholung)	Ja (Schwammstadt, Entsiegelung)	Ja (breites Spektrum an Maßnahmen)	Alle Antworten nennen relevante Maßnahmen
zeitliche Dimension	Nein	Nein	Nein	Ja (langfristige Bauplanung)	Ja (langfristige Lösungen)	Expertin 5 und KI berücksichtigen langfristige Perspektiven
Kompaktheit	Hoch	Mittel	Hoch	Mittel	Niedrig	Expertin 1 und 4 sind am prägnantesten, KI ist am ausführlichsten
Problemlösung	Ja (kurz und prägnant)	Ja (Freiraumanpassung, Bauordnung)	Nein (keine neuen Ansätze)	Ja (Schwammstadt, Versickerung)	Ja (vielfältige Strategien)	KI bietet umfassendere Lösungen, Expertin 5 liefert innovative Ansätze
kritisches Denken	Nein	Ja (Bauordnung als Schlüssel)	Nein	Ja (Schwammstadt, Entsiegelung)	Ja (ganzheitliche Betrachtung)	Expertin 3, 5 und KI zeigen kritisches Denken, Expertin 1 und 4 bleiben rein deskriptiv
Anwendbarkeit	Mittel	Hoch (konkrete Beispiele)	Niedrig (keine neuen Ansätze)	Hoch (innovative Konzepte)	Hoch (breite Anwendbarkeit)	KI und Expertin 5 liefern praxisnahe und innovative Ansätze
Länge der Antworten	~30 Wörter	~100 Wörter	~20 Wörter	~150 Wörter	~300 Wörter	Antwort der KI weist die meiste Wortanzahl auf

Tab. 11: Vergleichsmatrix Frage 4, Quelle: eigene Darstellung

Frage 5: Wie können städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren und welche politischen oder sozialen Maßnahmen sind notwendig, um dies zu unterstützen?

Aspekt	Expertin 1	Expertin 3	Expertin 4	Expertin 5	ChatGPT	Fazit
Relevanz	Ja (Innenentwicklung, soziale Inklusion)	Ja (Politische und soziale Bildung als Grundlage)	Ja (Mainstreaming, Klimaschutz im Mindset verankern)	Ja (Instrumente der Raumplanung zur Klimaanpassung)	Ja (Integrierte Planung, politische und soziale Maßnahmen)	Fokus auf Innenentwicklung und soziale Inklusion, keine zeitliche Perspektive, wenig kritisches Denken
zeitliche Dimension	Nein	Nein	Ja (Paradigmenwechsel, langfristige Perspektive)	Ja (Anpassung der Instrumente, regionale Perspektive)	Ja (Zukunftsorientierte Szenarien, langfristige Perspektiven)	Keine zeitliche Perspektive bei Expertinnen 1 und 3, zeitliche Dimension wird bei KI umfassend behandelt
Kompaktheit	Gering	Gering	Mittel	Mittel	Hoch	Expertinnen 1 und 3 sind ausführlicher und weniger strukturiert. Expertinnen 4 und 5 sind auch nicht kompakt.
Problemlösung	Ja (Fokus auf Innenentwicklung und soziale Inklusion)	Ja (Politische und Umweltbildung als Grundlage)	Ja (BürgerInnenbeteiligung, politisches Zivilengagement)	Ja (Erweiterung des Instrumentenrepertoires)	Ja (Flexibilität, Forschung, politische Maßnahmen, BürgerInnenbeteiligung)	Alle Expertinnen bieten Lösungen, aber KI integriert mehr politische und soziale Maßnahmen
kritisches Denken	Nein	Nein	Ja (Diskussion von Bottom-up und Top-down Prozessen)	Ja (Diskussion von praktischen Herausforderungen und Risiken)	Ja (Diskussion von Risiken und Vorteilen, interkommunale Zusammenarbeit)	KI, Expertinnen 4 und 5 diskutieren Risiken und Herausforderungen
Anwendbarkeit	Ja (Praktische Ansätze zur Inklusion)	Nein (Keine konkreten praktischen Lösungen)	Ja (Praxisorientierte Ansätze wie BürgerInnenbeteiligung und Zivilgesellschaft)	Ja (Praxisorientierte Ansätze zu Raumplanung und Instrumenten)	Ja (Praktische Maßnahmen wie BürgerInnenbeteiligung, finanzielle Anreize)	Expertinnen 1, 4, 5 und KI bieten praxisorientierte Lösungen
Länge der Antworten	~100 Wörter	~100 Wörter	~200 Wörter	~150 Wörter	~400 Wörter	Antwort der KI weist die meiste Wortanzahl auf

Tab. 12: Vergleichsmatrix Frage 5, Quelle: eigene Darstellung

7.1.3.1 Prüfen der KI-Antwort hinsichtlich Konsistenz, Bias, Generalisierung

Frage 1: Wie würden Sie eine klimafitte Stadt definieren?

Konsistenz	Bias	Generalisierung
Die Antwort ist in sich konsistent. Sie beschreibt eine klimafitte Stadt als eine, die den Herausforderungen des Klimawandels begegnen kann, indem sie Maßnahmen zur Anpassung an klimatische Veränderungen setzt, nachhaltige Mobilitätslösungen fördert, BürgerInnen bei der Planung miteinbezieht und Resilienzstrategien entwickelt. Diese Merkmale widersprechen sich nicht.	Es ist keine offensichtliche Voreingenommenheit (Bias) in der Antwort erkennbar. Die Antwort stellt verschiedene Merkmale einer klimafitten Stadt objektiv dar, ohne Vorurteile oder einseitige Perspektiven zu vermitteln. Die Merkmale deuten auf allgemeine Konzepte hin, die in der urbanen Planung vermehrt Anwendung finden.	Die Antwort ist in gewissem Maße generalisiert, was jedoch bei der Beschreibung eines breiten Konzepts wie einer "klimafitten Stadt" zu erwarten ist. Die Merkmale wie "Nachhaltige Infrastruktur", "Energieeffizienz" und "BürgerInnenbeteiligung" sind allgemein und können auf viele Städte angewendet werden, ohne spezifische Beispiele oder Einschränkungen zu nennen. Diese Merkmale könnten in verschiedenen Kontexten oder geografischen Regionen unterschiedliche Ausprägungen und Prioritäten haben. Die Antwort geht davon aus, dass alle klimafitten Städte ähnliche Merkmale aufweisen sollten, was in der Praxis aufgrund unterschiedlicher lokaler Gegebenheiten und Ressourcen variiert.

Tab. 13: Sind Verzerrungen bei Antwort 1 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung

Frage 2: Welche klimatischen Herausforderungen sehen Sie als besonders relevant für Städte im Kontext des Klimawandels?

Konsistenz	Bias	Generalisierung
Die Antwort ist konsistent und logisch aufgebaut. Sie listet verschiedene klimatische Herausforderungen auf, mit denen Städte im Kontext des Klimawandels konfrontiert sind, und erläutert diese in einem klaren Zusammenhang. Es gibt keine Widersprüche zwischen den aufgezählten Punkten, und die Antwort bleibt in sich kohärent. Die genannten Herausforderungen – Hitzeinseln, Extremwetterereignisse, Ressourcenknappheit, Infrastrukturbelastung, soziale Ungleichheit und gesundheitliche Risiken sind relevante Herausforderungen, mit den Städte zunehmend konfrontiert sind.	Die Antwort enthält keine offensichtlichen Vorurteile oder einseitige Tendenzen. Sie beleuchtet verschiedene Herausforderungen, die durch den Klimawandel entstehen, und erwähnt ökologische als auch soziale Dimensionen.	Die Antwort ist größtenteils allgemein gehalten, und es wird auf eine Vielzahl von Herausforderungen eingegangen, die grundsätzlich auf viele Städte weltweit zutreffen. Es wird sie nicht explizit auf die Unterschiede zwischen Städten in verschiedenen geografischen Regionen oder sozioökonomischen Kontexten eingegangen.

Tab. 14: Sind Verzerrungen bei Antwort 2 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung

Frage 3: Welche städtebaulichen oder infrastrukturellen Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach am effektivsten, um Städte klimaresilient zu gestalten?

Konsistenz	Bias	Generalisierung
Die Antwort ist in sich konsistent. Es werden verschiedene Maßnahmen genannt, die teilweise miteinander verknüpft sind. Es bestehen keine Widersprüche.	Es gibt keinen offensichtlichen Bias in der Antwort. Es wird eine Vielfalt von Maßnahmen erläutert, die sowohl technologische als auch gesellschaftliche Komponenten enthalten.	Die Antwort ist größtenteils allgemein gehalten. Die genannten Maßnahmen können auf viele Städte übertragen werden. Jedoch könnte die Antwort noch differenzierter sein, wenn sie regionsspezifische Beispiele einbezieht. Beispielsweise könnten Städte in tropischen Regionen andere Prioritäten im Wassermanagement haben als Städte in gemäßigten Klimazonen. Ebenso könnte die Anpassung von Gebäudestandards in unterschiedlichen Ländern variieren, je nach lokalen Vorschriften und Technologien. Die Antwort ist auch relativ allgemein in Bezug auf die Umsetzung der genannten Maßnahmen. Eine detailliertere Ausführung, wie diese Maßnahmen umgesetzt werden könnten, und welche spezifischen Herausforderungen dabei auftreten können, wäre hilfreich, um die Antwort noch praxisnäher zu gestalten.

Tab. 15: Sind Verzerrungen bei Antwort 3 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung

Frage 4: Welche Rolle spielt die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel? Welche Maßnahmen können getroffen werden, um Städte klimaresilienter zu gestalten?

Konsistenz	Bias	Generalisierung
Die Antwort ist konsistent und trotz des Umfangs gut strukturiert. Sie beschreibt die Rolle von grüner und blauer Infrastruktur in der Anpassung von Städten an den Klimawandel und erklärt, wie diese Infrastrukturen sowohl ökologische als auch soziale und ökonomische Vorteile bieten. Es bestehen keine Widersprüche.	Die Antwort enthält keinen offensichtlichen Bias. Sie stellt die Vorteile von grüner und blauer Infrastruktur objektiv dar und betrachtet diese aus einer ganzheitlichen Perspektive, die sowohl ökologische als auch soziale Komponenten umfasst. Es gibt keinen Hinweis auf eine bevorzugte politische oder ideologische Ausrichtung, und es sind keine spezifischen Lösungen enthalten, die eine bestimmte Bevölkerungsgruppe begünstigen würde. Die Inhalte konzentrieren sich auf Maßnahmen, die zur klimaresilienz von Städten beitragen können.	Die Antwort ist in einigen Aspekten generalisiert, was bei einem so umfassenden und komplexen Thema wie der Anpassung von Städten an den Klimawandel zu erwarten war. Die genannten Maßnahmen können in vielen Städten umgesetzt werden und es wird nicht auf spezifische regionale oder städtische Unterschiede eingegangen. Eine detailliertere Betrachtung, wie diese Infrastrukturen in verschiedenen städtischen Kontexten implementiert werden können, würde dazu beitragen, die Relevanz der Maßnahmen hervorzuheben.

Tab. 16: Sind Verzerrungen bei Antwort 4 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung

Frage 5: Wie können städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren und welche politischen oder sozialen Maßnahmen sind notwendig, um dies zu unterstützen?

Konsistenz	Bias	Generalisierung
Die Antwort ist zwar konsistent, beschreibt jedoch nicht nur politische und soziale Maßnahmen, sondern erläutert auch Prinzipien, die innerhalb der Planung angewendet werden sollen. Es bestehen keine Widersprüche innerhalb der Antwort.	Die Antwort enthält keinen offensichtlichen Bias. Es wird ein breites Bild von notwendigen Maßnahmen gezeichnet, ohne eine bestimmte politische oder ideologische Richtung zu bevorzugen. Die Antwort betont die Bedeutung von Forschung, Innovation und BürgerInnenbeteiligung, ohne auf eine spezifische politische Agenda hinzuweisen.	Die Antwort ist in einigen Aspekten generalisiert. Die genannten Maßnahmen (z. B. integrierte Planung, finanzielle Anreize, partizipative Planung) sind grundsätzlich auf viele Städte weltweit anwendbar. Jedoch könnte die Qualität der Antwort von einer differenzierteren Betrachtung regionaler Unterschiede profitieren, insbesondere bei der Berücksichtigung von Städten mit unterschiedlichen klimatischen Herausforderungen.

Tab. 17: Sind Verzerrungen bei Antwort 5 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung

7.2 Teil 2 - Bildgenerierung

Im empirischen Teil dieser Masterarbeit wird des Weiteren untersucht, inwieweit die durch ChatGPT generierten Umgestaltungsvarianten für den Enkplatz und die Argentinierstraße in Wien umsetzbar sind. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Praxis-tauglichkeit der KI-generierten Entwürfe zu evaluieren, indem diese mit ExpertInnen aus der Stadtplanung diskutiert werden.

Die Auswahl der beiden Plätze für diese Analyse fußt auf ihrer Bedeutung im urbanen Kontext und der Potenziale für kreative Raumgestaltungen. Hinzu kommt, dass sie typische Herausforderungen der Stadtplanung widerspiegeln. Beide Orte stellen aufgrund ihrer Nutzungsmischung und verkehrstechnischen Bedeutung ideale Untersuchungsobjekte für die Analyse von Nachhaltigkeit, Funktionalität und städtebaulicher Optimierung dar.

7.2.1 Ablauf

Zusätzlich zur Beantwortung der Fragen erhielt ChatGPT jeweils ein Bild der beiden Plätze, die es analysieren und anschließend umgestalten sollte. Vor der Analyse wurde der KI erneut die Rolle des Stadtplaners zugewiesen. Die Eingabeprompts waren dabei bis auf das Bild identisch.



Versetze dich in die Rolle eines Stadtplaners in Österreich. Als Experte sollst du im Rahmen einer Forschungsarbeit Plätze in Wien klimafit umgestalten. Du erhältst nun ein Foto der Argentinierstraße. Analysiere dieses Bild und mache als Raumplaner vorschläge, wie diese klimafit gestaltet werden könnte. Begründe deine Entscheidungen.

Abb. 12: Zuweisen der Rolle, eigene Darstellung

Nach der Rollenzuweisung wurde die KI beauftragt, zunächst eine raumplanerische Analyse des Bildes durchzuführen. Basierend auf dieser Analyse sollte die KI im Anschluss konkrete Maßnahmen vorschlagen und die Plätze entsprechend umgestalten. Der gesamte Ablauf sowie die generierten Beschreibungen und Maßnahmenvorschläge sind im Anhang dokumentiert.

Die generierten Ergebnisse wurden anschließend in die ExpertInneninterviews integriert. Dadurch sollte ermittelt werden, inwieweit die vorgeschlagenen Entwürfe den Anforderungen an eine nachhaltige und sinnstiftende Platzgestaltung gerecht werden. Die ExpertInnen wurden gebeten, ihre Einschätzungen hinsichtlich der praktischen Umsetzung und ihre allgemeinen Eindrücke zu den KI-generierten Entwürfen zu schildern.

Diese empirische Untersuchung trägt dazu bei, die Lücke zwischen kreativen, theoretischen Entwürfen und der tatsächlichen Umsetzung von städtischen Umgestaltungen zu schließen und die Rolle von ExpertInnen in der Bewertung und Planung von urbanen Projekten zu verdeutlichen.

7.2.2 Kriterien

Wie bereits im vorigen Kapitel (7.2.1) beschrieben, wurden die ExpertInnen gebeten, ein freies Feedback zu den von ChatGPT generierten Umgestaltungsvorschläge zu geben. Um eine strukturierte Analyse der ExpertInnenmeinungen zu ermöglichen, wurden die Rückmeldungen anhand der folgenden vier Kriterien betrachtet:

- Klimafitness und Nachhaltigkeit
 - Fördern die Maßnahmen die Anpassung an den Klimawandel?
- Funktionalität und Nutzbarkeit
 - Sind die Vorschläge praktikabel und NutzerInnenfreundlich?
- Kreativität und Innovation
 - Gibt es neue oder unkonventionelle Ansätze?
- Realisierbarkeit
 - Wie realistisch sind die Vorschläge?

Die Auswahl der Bewertungskriterien basiert auf ihrer besonderen Relevanz für die Gestaltung klimafitter und zukunftsfähiger Stadträume. Damit soll nicht nur hinterfragt werden, ob KI-generierte Lösungen langfristige Lösungen anbieten, sondern auch in der Praxis umsetzbar sind oder sogar darüber hinaus, kreative, neue Ideen hervorbringen. Diese Kriterien decken dennoch sowohl ökologische als auch praktische und gestalterische Aspekte ab, ohne den Rahmen der Arbeit zu sprengen. Durch die bewusste Beschränkung auf diese vier Aspekte wurde sichergestellt, dass die ExpertInnenbewertung gezielt erfolgt und die zentralen Herausforderungen sowie Potenziale der KI-Entwürfe in den Mittelpunkt rückt. In einer erweiterten Untersuchung könnten noch zusätzliche Kriterien wie die ästhetische Gestaltung, technologische Innovationen oder Wirtschaftlichkeit näher betrachtet werden.

7.2.3 Ergebnis: Untersuchung

In diesem Kapitel werden die ursprünglichen und die von ChatGPT umgestalteten Versionen nebeneinander dargestellt. Auf der linken Seite ist das Eingabebild sichtbar, während rechts die umgestaltete Version (Output) gezeigt wird.



Abb. 13: Enkplatz, Wien, Quelle links: Petra Sturma 2023 von www.meinbezirk.at



Abb. 14: Argentinierstraße, Wien, Quelle links: Google Street View 2024

Die Bewertung der ExpertInnen zu den generierten Umgestaltungsvarianten hat gezeigt, dass diese Entwürfe aufgrund ihres fehlenden Realitätsbezugs in der praktischen Umsetzung als problematisch angesehen werden. Die ExpertInnen bemängelten insbesondere, dass die Entwürfe nicht ausreichend auf die spezifischen Gegebenheiten der Orte, wie bestehende Infrastruktur, Nutzungskontexte und städtebauliche Anforderungen, eingehen. Auch die Machbarkeit der vorgeschlagenen Änderungen wurde als schwierig eingeschätzt, da sie nicht immer mit den realen Möglichkeiten und Einschränkungen in Einklang standen. Insgesamt wurde deutlich, dass die Entwürfe in ihrer aktuellen Form nur bedingt als Grundlage für eine tatsächliche Umgestaltung dienen können. Eine stärkere Berücksichtigung der praktischen Umsetzbarkeit und der spezifischen Rahmenbedingungen vor Ort wäre notwendig, um die Entwürfe für eine Realisierung weiterzuentwickeln. Trotz der Kritik an der fehlenden Realitätsnähe der generierten Entwürfe ergaben sich auch positive Erkenntnisse aus der ExpertInnenbewertung. Die ExpertInnen lobten die Kreativität und die innovativen Ideen, die in den Umgestaltungsvarianten stecken, insbesondere im Hinblick auf die Verbesserung der Aufenthaltsqualität und der Schaffung von mehr

Grünflächen und Beschattungsmaßnahmen Diese Elemente wurden als grundsätzlich sinnvoll erachtet, um den öffentlichen Raum lebenswerter zu gestalten. Auch die ästhetische Aufwertung der Plätze durch die Entwürfe fand Zustimmung, da sie Potenzial für eine ansprechende und funktionale Stadtgestaltung aufwiesen. Die ExpertInnen hoben hervor, dass die Entwürfe als Ausgangspunkt für weiterführende Planungen dienen könnten, wenn sie stärker an die spezifischen Gegebenheiten und die praktischen Anforderungen vor Ort angepasst werden. Insgesamt lässt sich sagen, dass die generierten Bilder wertvolle Impulse für zukünftige städtebauliche Überlegungen liefern, auch wenn sie in ihrer jetzigen Form noch einer detaillierteren Anpassung bedürfen.

8 Schlussfolgerungen

Beantwortung FF 1: Was versteht man unter Künstlicher Intelligenz und inwieweit wird diese Technologie in der Planungspraxis eingesetzt?

Künstliche Intelligenz bezeichnet einen Teilbereich der Informatik, der sich mit der Entwicklung von Systemen beschäftigt, die menschenähnliche kognitive Fähigkeiten nachahmen können. Diese Technologien ermöglichen es Maschinen zu lernen und Aufgaben zu lösen, ähnlich wie ein Mensch. Die Grundlage moderner KI-Technologien bilden eine Vielzahl von Algorithmen und Modellen, die dazu in der Lage sind, Muster in Daten zu erkennen und daraus Entscheidungen abzuleiten. Dies wird durch maschinelle Lernmethoden wie Deep Learning ermöglicht, bei dem künstliche neuronale Netze komplexe Datenstrukturen verarbeiten.

KI kommt bereits heute in der Stadtplanung zum Einsatz. Beispielsweise wird sie genutzt, um Verkehrsflüsse in städtischen Gebieten zu analysieren oder urbane Entwicklungen zu simulieren.

RaumplanerInnen nutzen jedoch derzeit noch kein KI-System, um Projekte zu entwerfen. So wird die KI in der Planungspraxis aktuell vor allem für die Ideenfindung und Textüberarbeitung eingesetzt.

Trotz ihrer Potenziale bringt die KI auch Herausforderungen mit sich. Ein zentrales Problem stellt die Datenqualität dar. Um zuverlässige Ergebnisse zu liefern, sind KI-Systeme auf die Verfügbarkeit und die Qualität von Daten angewiesen. Verzerrungen (Bias) in den Datensätzen können zu ungerechten Entscheidungen führen, was besonders in der Raumplanung problematisch sein kann. Weitere Herausforderungen betreffen die Transparenz und Nachvollziehbarkeit von KI-Entscheidungen. Schließlich ist auch der Akzeptanzgrad von KI-Technologien innerhalb der Planungspraxis ein Thema. Nicht nur aufgrund des fehlenden Fachwissens, sondern auch aufgrund der Sorge vor Verlust von Kontrolle und Kreativität innerhalb des Prozesses.

Künstliche Intelligenz ist eine transformative Technologie, die das Potenzial hat, die Planungspraxis erheblich zu verändern. Sie kann nicht nur zu einer effizienteren Nutzung von Ressourcen beitragen, sondern ermöglicht auch die Entwicklung innovativer Lösungen und unterstützt eine fundierte Entscheidungsfindung. Um KI in Planungsprozesse zu integrieren, benötigt es eine Verbesserung der Datenqualität, Datenmenge und Datenzugänglichkeit sowie einen konkreten theoretischen Rahmen, der ethischen und rechtlichen Aspekte definiert. Es wird erwartet, dass die Bedeutung von KI in der Planung in Zukunft weiter zunimmt, während gleichzeitig eine verstärkte Regulierung der Technologie erfolgt, um einen verantwortungsvollen Einsatz zu gewährleisten.

Beantwortung FF 2: In welchen Phasen eines idealtypischen Raumplanungsprozesses könnten gängige Machine-Learning-Modelle eingesetzt werden, und welche konkreten Vorteile würden sich daraus ergeben?

Der Raumplanungsprozess ist ein komplexer, mehrstufiger Vorgang, der verschiedene Phasen umfasst, die unterschiedliche Arbeitsschwerpunkte und Herausforderungen mit sich bringen. Gängige Machine-Learning-Algorithmen können in verschiedenen Phasen dieses Prozesses eingesetzt werden, um die Qualität und Effizienz der Planung zu steigern. Diese wurden in den Tabellen 6 und 7 im Kapitel 6 dargestellt.

Zu Beginn des Raumplanungsprozesses wird oftmals eine umfassende Datenerhebung vorgenommen, um die Gegebenheiten des zu planenden Gebiets zu erfassen. Hierbei können ML-Modelle zur Analyse großer Datenmengen oder auch um Informationen aus Dokumenten zu extrahieren eingesetzt werden. In der Konzept- und Konkretisierungsphase können ML-Modelle eingesetzt werden, um verschiedene Planungsvarianten zu simulieren und zu optimieren. Dabei können ebenfalls relevante Komponenten wie Flächenbedarf, Mobilitätslösungen oder Umweltfaktoren berücksichtigt werden. Eine automatisierte Erstellung und Optimierung der Planungsszenarien tragen dazu bei, die Planenden bei der Auswahl des Entwurfs zu unterstützen. Auch in der letzten Phase des Prozesses, der Entscheidungs- und Umsetzungsphase können ML-Modelle Prognosen von zukünftigen Entwicklungen erstellen oder Auswirkungen von bestimmten Planungsentscheidungen auf beispielsweise die Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft bewerten. Damit ist gegeben, dass Stakeholder auf objektive, datengestützte Informationen zurückgreifen können.

Zusammengefasst tragen sie dazu bei, Daten effizient zu analysieren, Planungsalternativen zu erstellen und zu optimieren, fundierte Entscheidungen zu treffen sowie einzelne Arbeitsschritte der Evaluation und des Monitorings zu unterstützen. Die Vorteile reichen von einer höheren Planungsqualität über Kosteneinsparungen bis hin zu einer besseren Integration von Stakeholdern. Gleichzeitig sind jedoch Herausforderungen wie die Qualität der Daten und ethische Fragen zu berücksichtigen, um das volle Potenzial von ML in der Raumplanung auszuschöpfen.

Beantwortung FF 3: Welche Stärken und Schwächen zeigt die generative KI „ChatGPT“ bei der Beantwortung spezifischer Fragen zur Stadtgestaltung und der Umgestaltung von zwei urbanen Plätzen?

Die generative KI ChatGPT ist ein leistungsstarkes Werkzeug, das auf der Verarbeitung und Generierung von Text basiert. Ihre Fähigkeit, auf spezifische Fragen zu antworten, hängt stark von der Qualität der Eingabedaten, der gestellten Fragen und der Komplexität des Themas ab.

Das Experiment „ChatGPT Planning Lab“ hat gezeigt, dass ChatGPT in kurzer Zeit und mit geringem Aufwand allgemeine Prinzipien der Stadtgestaltung wie Zugänglichkeit, Nachhaltigkeit und soziale Integration erläutern und auch textliche Empfehlungen für die Gestaltung von urbanen Plätzen geben kann. Ohne die KI explizit anzuweisen, ist diese in der Lage, allgemeine Vorschläge zur Förderung von Aufenthaltsqualität oder zur Integration von Grünflächen zu geben. Interessant war zudem, dass auf die Verwendung von nachhaltigen Materialien hingewiesen wurde. ChatGPT kann bei der Formulierung von Texten helfen oder dazu beitragen, sich Ideen für eigene Planungen zu holen.

Obwohl ChatGPT auf eine hohe Anzahl von Daten zurückgreift, berücksichtigt die KI in ihren Antworten keine lokalen Gegebenheiten. Dazu zählen detaillierte topografische, soziale oder rechtliche Rahmenbedingungen sowie historische und kulturelle Besonderheiten der beiden Plätze. Ohne diese Informationen blieben die Vorschläge oft allgemein und waren wenig auf den spezifischen Kontext abgestimmt.

Die Untersuchung hat gezeigt, dass ChatGPT nicht in der Lage ist, räumliche Gegebenheiten visuell wahrzunehmen oder zu bewerten bzw. in den Antworten zu berücksichtigen. Das hat sich insbesondere bei der Einschätzung von Maßstäben, Proportionen, Sichtachsen und der Integration von Vorschlägen in das bestehende Stadtbild gezeigt.

Es lässt sich ebenfalls erkennen, dass die KI weder bei der Beantwortung der Fragen noch bei der Bildgenerierung eigenständig Prioritäten setzen oder Abwägungen treffen kann, die in der Stadtgestaltung oft notwendig sind, wie bspw. zwischen wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Aspekten. Die Antworten sind rein beratend und nicht entscheidungsorientiert aufgebaut. Da die KI auf bestehenden Daten trainiert ist, können veraltete Informationen oder nicht mehr aktuelle Trends in den Vorschlägen auftauchen, Verzerrungen (Bias) die Qualität der Empfehlungen beeinflussen und letztendlich Empfehlungen auf Annahmen basieren, die nicht überprüfbar oder irrelevant für den konkreten Fall sind. Das Experiment hat gezeigt, dass in einem Fall falsche Informationen ausgegeben wurden.

Die Analyse hat ergeben, dass ChatGPT bei der Beantwortung spezifischer Fragen zur Stadtgestaltung und der Umgestaltung urbaner Plätze auch Stärken aufweist. Besonders hervorzuheben ist die Fähigkeit der KI, kreative Ansätze zu generieren und allgemeine raumplanerische Prinzipien zu erläutern. In diesem Zusammenhang stellt ChatGPT ein nützliches Werkzeug für Inspirationen dar. Dabei zeigt sich, dass die KI eine Vielzahl von Konzepten und Ansätzen präsentieren kann, die bspw. als Ausgangspunkt für kreative Prozesse dienen können. Gleichzeitig werden etwa Prinzipien wie Nachhaltigkeit oder soziale Integration berücksichtigt.

Trotz der genannten Stärken zeigte die Untersuchung im „ChatGPT Planning Lab“ Einschränkungen. Die KI greift auf einen großen Datensatz allgemeiner Informationen und theoretischer Konzepte zurück und generiert auf dieser Basis neue Antworten. In Bezug auf kontextabhängige oder sehr detaillierte Aspekte der Stadtplanung, wie etwa lokale Besonderheiten, spezifische historische Kontexte oder projektbezogene Anforderungen konnte die KI keine präzisen Lösungen nennen. Des Weiteren war die KI nicht in der Lage, aktuelle Entwicklungen oder lokale Gegebenheiten zu berücksichtigen, die für die Planung jedoch relevant sind. Dies hat sich bei den KI-generierten Entwürfen gezeigt. Spezielle Bedürfnisse der NutzerInnen oder aktuelle städtebauliche Trends wurden nicht ausreichend berücksichtigt.

In Anbetracht der genannten Einschränkungen ist es von großer Bedeutung, dass die KI als unterstützendes Werkzeug eingesetzt wird, das die Expertise von StadtplanerInnen ergänzt, jedoch nicht ersetzt.

9 Reflexion und Ausblick

Die Entwicklung von KI hat in den vergangenen Jahren einen enormen Fortschritt erlebt. KI wird zunehmend in verschiedensten Bereichen eingesetzt. Besonders in der Raumplanung, einer Disziplin, die traditionell von menschlicher Expertise und Kreativität geprägt ist, verspricht KI eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten. Die vorliegende Arbeit untersuchte potenzielle Anwendungen von KI in der Raumplanung, insbesondere bei der Automatisierung repetitiver Aufgaben. Dabei wurden nicht nur die theoretischen Grundlagen erläutert, sondern auch eine kritische Auseinandersetzung mit den praktischen Herausforderungen und den Grenzen dieser Technologie vorgenommen.

Eine wichtige Erkenntnis im Rahmen dieser Arbeit ist, dass KI-Systeme durch ihre Fähigkeit, große Datenmengen zu analysieren und Muster zu erkennen, eine große Unterstützung im Planungsprozess darstellen können. In der Praxis zeigt sich dies bspw. bei der Analyse von Verkehrsströmen, der Modellierung von Stadtentwicklungsplanungen oder der Optimierung des Ressourceneinsatzes. Solche Anwendungen erlauben es, komplexe Szenarien zu simulieren und fundierte Entscheidungen zu treffen, die auf präzisen Datenanalysen basieren. Dies führt zu einer Effizienzsteigerung und entlastet PlanerInnen von zeitraubenden Routineaufgaben, wodurch mehr Raum für kreative und strategische Überlegungen bleibt. Dennoch ist die Integration von KI in der Raumplanung mit Herausforderungen verbunden. Wichtig zu beachten ist die Qualität und Relevanz der Daten, auf denen KI-Modelle basieren. Raumplanungsdaten sind oft heterogen, unvollständig oder veraltet, was die Genauigkeit der Vorhersagen und Empfehlungen der KI beeinflussen kann. Daher bleibt die menschliche Expertise unverzichtbar, insbesondere bei der Auswahl, Prüfung und Interpretation der Daten. PlanerInnen müssen sicherstellen, dass die eingesetzten Daten die Realität angemessen widerspiegeln und frei von Verzerrungen oder Fehlern sind. Für das Tätigkeitsfeld von RaumplanerInnen könnte dies bedeuten, dass diese vermehrt die Rolle von EntscheidungsträgerInnen einnehmen werden, die KI-generierte Vorschläge kritisch hinterfragen, in einen gesellschaftlichen Kontext einordnen und mit verschiedenen Stakeholdern abstimmen. Zudem könnte die Fähigkeit, KI-Modelle zu interpretieren und deren Ergebnisse zu validieren, eine zunehmend wichtige Kompetenz im Planungsberuf werden. Hier könnte ein zukünftiges Forschungsinteresse darauf liegen, spezifische Kompetenzen und Qualifikationen, die für PlanerInnen im Umgang mit KI erforderlich sind zu beleuchten. Schließlich könnte auch die Akzeptanz von KI-gestützten Planungsprozessen bei PlanerInnen oder der Bevölkerung näher untersucht werden.

Ein weiterer wesentlicher Aspekt, der beim Einsatz von KI zu berücksichtigen ist, ist die ethische Verantwortung. Die Qualität der Ergebnisse hängt maßgeblich von den Daten ab, mit denen die Systeme trainiert werden. Verzerrte oder unvollständige Daten

können zu diskriminierenden oder falschen Ergebnissen führen. In der Raumplanung kann dies bedeuten, dass bestimmte Bevölkerungsgruppen benachteiligt oder wichtige kulturelle und soziale Aspekte eines Gebiets übersehen werden. Daher ist es wichtig, dass KI-Anwendungen transparent und verantwortungsvoll entwickelt werden. Um sicherzustellen, dass die Technologie den gesellschaftlichen Anforderungen entspricht und keine unbeabsichtigten negativen Folgen hat, sind regelmäßige Überprüfungen auf Fairness und Verzerrungen unerlässlich.

Ein weiteres Thema, das in der Arbeit peripher hinterfragt wurde, ist, ob die Automatisierung durch KI zu einer Entmenschlichung der Planung führen könnte. Während KI dazu in der Lage ist, Muster zu erkennen und Vorschläge zu machen, fehlt ihr das Verständnis für die sozialen, politischen und kulturellen Dimensionen eines Planungsgebiets. Diese Aspekte sind jedoch – wie bereits angemerkt – entscheidend für die Gestaltung lebenswerter und nachhaltiger Städte. Daher wird KI wahrscheinlich eher als unterstützendes Werkzeug, denn als alleinige Entscheidungsinstanz eingesetzt werden. Die zukünftig umsichtigste Planung entsteht aus der Zusammenarbeit zwischen menschlicher Expertise und KI-gestützten Analysen.

Die Arbeit zeigt auch auf, dass die Entwicklung einer eigenen, raumplanungsspezifischen KI mit erheblichen Herausforderungen verbunden ist. Die Erstellung einer solchen KI erfordert nicht nur finanzielle und zeitliche Ressourcen, sondern auch eine große Menge an hochwertigen Trainingsdaten. Diese Daten müssen sorgfältig geprüft und vorbereitet werden, um sicherzustellen, dass die KI relevante und präzise Ergebnisse liefert. Angesichts der Vielzahl von Algorithmen, die bereits für allgemeine Anwendungen verfügbar sind, stellt sich die Frage, ob eine spezialisierte KI für die Raumplanung wirtschaftlich sinnvoll ist. Diese Frage könnte Gegenstand einer eigenen Forschungsarbeit sein.

Im Rahmen der empirischen Untersuchung wurde auch die Verfügbarkeit von Renderings der Stadt Wien berücksichtigt. Obwohl kein direkter Vergleich zwischen den generierten Outputs und den offiziellen Visualisierungen vorgenommen wurde, bieten diese Darstellungen dennoch Perspektiven für zukünftige Forschungsansätze. Insbesondere könnte untersucht werden, inwieweit KI-generierte Entwürfe bestehende Visualisierungen reflektieren.

Ein besonders interessantes Potenzial der KI besteht darin, Prozesse der BürgerInnenbeteiligung zu unterstützen. Mithilfe von bestimmten KI-Modellen könnten Meinungen und Wünsche der Bevölkerung effizienter gesammelt und analysiert werden. Dies kann die Planung transparenter und inklusiver machen, da die Bedürfnisse der BürgerInnen besser berücksichtigt werden können. Gleichzeitig wirft dies jedoch Fragen zum Datenschutz und zur Sicherheit auf. Die sensiblen Daten, die in solchen Prozessen gesammelt werden, müssen vor Missbrauch geschützt werden, um das Vertrauen der Öffentlichkeit in die Technologie zu gewährleisten.

Die Interdisziplinarität der KI-Nutzung ist ein weiterer Punkt, der an dieser Stelle hervorzuheben ist. KI wird nicht nur in der Raumplanung, sondern auch in angrenzenden Disziplinen wie Architektur, Umweltwissenschaften und Soziologie eingesetzt. Diese breite Anwendbarkeit eröffnet Möglichkeiten für eine enge Zusammenarbeit zwischen verschiedenen Fachrichtungen. IngenieurInnen, StadtplanerInnen, ArchitektInnen und andere ExpertInnen können gemeinsam an ganzheitlichen Lösungen arbeiten, die technologisches Know-how und tiefes Verständnis der jeweiligen Fachgebiete vereinen.

Trotz der vielversprechenden Möglichkeiten bleibt die menschliche Expertise zentral. Die KI ersetzt nicht die Intuition, Kreativität und Empathie, die für die Planung lebenswerter Städte notwendig sind. Vielmehr ermöglicht es den PlanerInnen, sich auf die wirklich wichtigen Aufgaben zu konzentrieren, während Routineaufgaben automatisiert werden. Dabei ist es nicht notwendig, dass PlanerInnen selbst zu ProgrammiererInnen werden. Viel wichtiger ist ein grundlegendes Verständnis der Datenanalyse und die Fähigkeit, KI-gestützte Ergebnisse kritisch zu bewerten.

Die Arbeit verdeutlicht, dass die Einführung von KI-Systemen in der Raumplanung eine kritische Auseinandersetzung mit den technologischen, sozialen und ethischen Aspekten erfordert. Nur durch eine verantwortungsvolle und transparente Nutzung kann sichergestellt werden, dass die Technologie einen positiven Beitrag leistet, ohne die Bedürfnisse der Gesellschaft zu vernachlässigen. Die Entwicklung generativer KI, wie sie beispielsweise bei ChatGPT zum Einsatz kommt, hat das Potenzial, die Interaktion zwischen Menschen und Maschine zu revolutionieren und neue Möglichkeiten für wirtschaftliches Wachstum und Innovation zu schaffen. Dennoch ist es wichtig, die Grenzen dieser Technologie zu erkennen und sie als Ergänzung zur menschlichen Expertise zu betrachten.

10 Literaturverzeichnis

Abbou, K. A. S. (2020). Keine Panik, ist nur Technik: Warum man auf Algorithmen super tanzen kann und wie wir ihnen den Takt vorgeben (1. Aufl.). Gräfe und Unzer Verlag GmbH.

Abdelkafi, N., Döbel, I., Drzewiecki, J. D., Meironke, A., Niekler, A. & Ries, S. (2019). Künstliche Intelligenz (KI) im Unternehmenskontext: Literaturanalyse und Thesenpapier. In <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/ce4d6c03-0e63-4709-9dcf-0ea25058442e>. Fraunhofer IMW.
<https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/ce4d6c03-0e63-4709-9dcf-0ea25058442e>

Albers, Gerd (1996). Stadtplanung. Eine praxisorientierte Einführung. (2. Aufl.). Primus Verlag, Darmstadt.

Albers, Gerd; Wékel, Julian (2021): Stadtplanung. Eine illustrierte Einführung. (4. Aufl.). Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt.

André, E., Bauer W. et al. (2021). Kompetenzentwicklung für Künstliche Intelligenz – Veränderungen, Bedarfe und Handlungsoptionen. Whitepaper aus der Plattform Lernende Systeme, München. [Report]. https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG2_WP_Kompetenzentwicklung_KI.pdf

Arbeiterkammer Europa. (2023, 2. Juni). EU-Gesetz zur Künstlichen Intelligenz: Ausreichender Schutz für Arbeitnehmer:innen und Konsument:innen gesichert? AKEUROPA. <https://www.akeuropa.eu/de/eu-gesetz-zur-kuenstlichen-intelligenz-ausreichender-schutz-fuer-arbeitnehmerinnen-und>

Aruna Pattam. (2022, 26. Februar). AI/ML introduction: Episode #11: Which machine learning algorithm should you use ? [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=gJnlxNUKibE>

Asim, U. (o.D.). How does AI's linear regression differ from traditional statistics? [LinkedIn-Post]. LinkedIn. <https://de.linkedin.com/advice/3/how-does-ais-linear-regression-differ-from-6u77e?lang=en>

AssemblyAI. (2022, 17. Juni). Diffusion models explained in 4-difficulty levels [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=yTAMrHVG1ew>

Austrian Institute of Technology - AIT. (2021, 24. Juli). InFrARED 0.1 Launch. City Intelligence Lab. <https://cities.ait.ac.at/site/index.php/2021/07/24/infrared/>

Batty, M. (2018). Artificial intelligence and smart cities. *Environment And Planning B Urban Analytics And City Science*, 45(1), 3–6.
<https://doi.org/10.1177/2399808317751169>

Bechmann, Arnim (1981). Grundlagen der Planungstheorie und Planungsmethodik. Verlag Paul Haupt Bern und Stuttgart.

Bielik, M., Dennemark, M., König, R., Schmidt, P. & Schneider, S. (2021). Digitale adaptive Masterpläne mittels Künstlicher Intelligenz: Vorausschauende Planung mithilfe parametrischer Modelle und computergestützter räumlicher Analysemethoden. <https://publications.ait.ac.at/de/publications/digitale-adaptive-masterpl%C3%A4ne-mittels-k%C3%BCnstlicher-intelligenz>

Bitkom e. V., Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V., DFKI, Weber, M., Burchardt, A., Buschbacher, F. & Flemming, S. (2017). Künstliche Intelligenz. In Künstliche Intelligenz. Bitkom.
<https://www.bitkom.org/sites/main/files/file/import/171012-KI-Gipfelpapier-online.pdf>

Bogner, A., Littig, B., Menz, W. (2014). Interviews mit Experten. Eine praxisorientierte Einführung. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. DOI 10.1007/978-3-531-19416-5

Braam, W. (1999). Stadtplanung: Aufgabenbereiche – Planungsmethodik - Rechtsgrundlagen. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage 1999. Düsseldorf: Werner, 1999

Braun, S., Schatzinger, S., Schaufler, C., Rutka, C.-M. & Fanderl, N. (2019). Autonomes Fahren im Kontext der Stadt von Morgen [AFKOS]. In <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/33452c45-85fc-4407-9b41-55d5154a1536/details>. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO.

Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (o. D.). Künstliche Intelligenz – das unheimlich autonome Fahrzeug: Welche Risiken bringt autonomes Fahren mit sich? <https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Verbraucherinnen-und-Verbraucher/Informationen-und-Empfehlungen/Wie-geht-Internet/KI-Autonomes-Fahren/ki-autonomes-fahren.html>

Bundesministerium der Justiz. (2024, 2. Februar). Rahmen für Künstliche Intelligenz in der EU steht: KI-Verordnung einstimmig gebilligt [Pressemeldung]. https://www.bmj.de/SharedDocs/Pressemitteilungen/DE/2024/0202_KI-VO.html?cms_mtm_campaign=linksFromNewsletter

Bundesministerium Finanzen. (2024, 2. Februar). Tursky: „EU-Mitgliedsstaaten beenden ihre Blockadehaltung zum AI-Act“ [Pressemeldung]. <https://www.bmf.gv.at/presse/pressemitteilungen/2024/februar/eu-einigung-ai-act.html>

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (2021). Strategie der Bundesregierung für Künstliche Intelligenz: Artificial Intelligence Mission Austria 2030 (AIM AT 2030). In Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK).

<https://www.bmk.gv.at/themen/innovation/publikationen/ikt/ai/aimat.html>

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK). (o. D.). Der AI Act (2024). Nachhaltig Wirtschaften.

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/publikationen/strategien/der-ai-act-2024.php>

Carstensen, K., Ebert, C., Ebert, C., Jekat, S., Langer, H. & Klabunde, R. (2009). Computerlinguistik und Sprachtechnologie: Eine Einführung. Spektrum Akademischer Verlag.

Castro, D. & New, J. (2016). The Promise of Artificial Intelligence. In Center For Data Innovation. <https://www2.datainnovation.org/2016-promise-of-ai.pdf>

Council Of The European Union. (2024). Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts. In Council Of The European Union. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-5662-2024-INIT/en/pdf>

Czeschik, J. C. (2022). Allgemeinbildung Digitalisierung für Dummies. VCH.

Delventhal, K. M., Kissner, A. & Kulick, M. (2002). Grosser Ratgeber: Mathematik. Compact Verlag.

Dhamani, N. & Engler, M. (2024). Introduction to Generative AI. Simon and Schuster.

Dhirajkumar. (2022, 15. November). Kaggle Survey 2022. <https://www.kaggle.com/code/dhirajkumar612/kaggle-survey-2022>

Döbel, I., Leis, M., Vogelsang, M., Neustroev, D., Petzka, H., Riemer, A., Rüping, S., Voss, A., Wegele, M. & Welz, J. (2018). Maschinelles Lernen: Eine Analyse zu Kompetenzen, Forschung und Anwendung. In Fraunhofer-Allianz Big Data und Künstliche Intelligenz. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. <https://www.bigdata-ai.fraunhofer.de/de/publikationen/ml-studie.html>

Duden.de. (2023, 14. April). Algorithmus. Duden. <https://www.duden.de/node/4411/revision/1403069>

Etscheid, J., Von Lucke, J., Stroh, F. & Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO. (2020). Künstliche Intelligenz in der öffentlichen Verwaltung: Anwendungsfelder und Szenarien. <https://public-rest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/d3d9f520-1fd4-4516-98d6-a3370c134155/content>

Europäische Kommission. (o. D.-a). AI Pact. Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-pact>

Europäische Kommission. (o. D.-b). KI-Gesetz. Gestaltung der Digitalen Zukunft Europas. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/regulatory-framework-ai>

Europäische Kommission. (o. D.-c). Koordinierter Plan für künstliche Intelligenz. Gestaltung der Digitalen Zukunft Europas. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/de/policies/plan-ai>

Europäische Kommission. (o. D.-d). Liability Rules for Artificial Intelligence. European Commission. https://commission.europa.eu/business-economy-euro/doing-business-eu/contract-rules/digital-contracts/liability-rules-artificial-intelligence_en

Europäische Kommission. (2018a). Künstliche Intelligenz für Europa. In Europäische Kommission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/?uri=COM%3A2018%3A237%3AFIN>

Europäische Kommission. (2018b). Künstliche Intelligenz für Europa. In Europäische Kommission. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0237&from=EN>

Europäische Kommission. (2018c). Koordinierter Plan für die Entwicklung und Nutzung künstlicher Intelligenz „Made in Europe“ – 2018. <https://www.kowi.de/de/Portaldata/2/Resources/fp/2018-COM-CP-Artificial-Intelligence-Annex-DE.pdf>

Europäische Kommission. (2020). Weissbuch: Zur Künstlichen Intelligenz – ein europäisches Konzept für Exzellenz und Vertrauen. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0065&from=EN>

Europäische Kommission. (2021, 21. April). Coordinated Plan on Artificial Intelligence 2021 Review. Shaping Europe's Digital Future. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/coordinated-plan-artificial-intelligence-2021-review>

Europäische Kommission. (2022, 28. September). Fragen und Antworten: Richtlinie über KI-Haftung [Pressemeldung]. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/qanda_22_5793

Europäische Kommission. (2023a). European approach to artificial intelligence.
<https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-approach-artificial-intelligence>

Europäische Kommission. (2023b, Dezember 9). Commission welcomes political agreement on Artificial Intelligence Act [Pressemeldung].
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_6473

Fraunhofer IKS (o.D.). Künstliche Intelligenz (KI) und maschinelles Lernen.
Fraunhofer-Institut für Kognitive Systeme IKS.
<https://www.iks.fraunhofer.de/de/themen/kuenstliche-intelligenz.html>

Flick, U. (2011). Triangulation. Eine Einführung. (3., aktualisierte Auflage).
Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Foster, D. (2019). Generative Deep learning: Teaching Machines to Paint, Write, Compose and Play. O'Reilly Media.

Freksa, C., KI und Kognition. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

Frohmman, E., Lička, L., Neuninger, P., Schwaba, M. & Tusch, R. (2012).
Bestandsaufnahme Bestandsanalyse: Skriptum zur praktischen Anwendung in den Entwurfslehrveranstaltungen. In ILA - Institut für Landschaftsarchitektur (S. 1–18).
https://boku.ac.at/fileadmin/data/H03000/H85000/H85200/Publikationen/Online_Publikationen/Skript_Bestandsaufnahme_Analyse/Skript_Bestandsaufnahme_Analyse.pdf

Gasparotti, A., Harta, L., Hoffmann, A. & cep. (2020). EU Weißbuch. In cepAnalyse Nr. 4/2020.
https://www.cep.eu/fileadmin/user_upload/cep.eu/Analysen/COM_2020_65_Weissbuch_KI/Weissbuch_zur_Kuenstlichen_Intelligenz__Weissbuch_zu_COM_2020__65_.pdf

Gaum, B. (2024). Assistenz 4.0: Effizienzsteigerung und Zeitoptimierung durch KI Support [E-Book].

Gilgen, K (2006). Planungsmethodik in der kommunalen Raumplanung. Vom Praxisbeispiel zur Theorie. Hochschulverlag AG an der ETH Zürich

Gonsalves, T. (2018). The Summers and Winters of Artificial Intelligence. In Advances in computer and electrical engineering book series (S. 168–179).
<https://doi.org/10.4018/978-1-5225-7368-5.ch014>

Google (2024). Google Street View-Bild von Argentinierstraße, Wien. Abgerufen am 24. Oktober 2024, von <https://www.google.at/maps>

Gudimella, A., Story, R., Shaker, M., Kong, R., Brown, M., Shnayder, V. & Campos, M. (2017). Deep Reinforcement Learning for Dexterous: Manipulation with Concept Networks. <https://arxiv.org/pdf/1709.06977>

Hauswald, R., Digitale Orakel? Wie künstliche Intelligenz unser System epistemischer Arbeitsteilung verändert. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

Hart, E., Sim, K., Kamimura, K., Meredieu, C., Guyon, D. & Gardiner, B. (2018). Use of machine learning techniques to model wind damage to forests. In www.elsevier.com/locate/agrformet. Elsevier B.V. Abgerufen am 12. April 2023, von <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.10.022>

Hartl-Nesic, C., Kugi, A., TU Wien, Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik & Gruppe für komplexe dynamische Systeme. (2022). Automatisierungs- und Regelungstechnik. https://www.acin.tuwien.ac.at/file/teaching/bachelor/fachvertiefung/Vorlesung/VU_Fachvertiefung_2022W_Skriptum.pdf

Herath, H. M. K. K. M. B. & Mittal, M. (2022). Adoption of artificial intelligence in smart cities: A comprehensive review. Elsevier Ltd. Abgerufen am 12. April 2023, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667096822000192?via%3Dihub>

Huang, J., Bibri, S., Keel, P. (2024, 18. September). Generative spatial artificial intelligence for sustainable smart cities: A pioneering large flow model for urban digital twin. Elsevier Ltd. Abgerufen am 08.02.2025, von https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666498425000043?ref=pdf_download&fr=RR-2&rr=90eac1342cc4c24a

Industrie- und Handelskammer Kassel-Marburg. (o. D.). Weißbuch der Europäischen Kommission für Künstliche Intelligenz. IHK Kassel-Marburg. <https://www.ihk.de/kassel-marburg/digitalisierung/weissbuch-der-europaeischen-kommission-kuenstliche-intelligenz-4709446>

Kaiser, R. (2014). Qualitative Experteninterviews. Konzeptionelle Grundlagen und praktische Durchführung, Wiesbaden: Springer VS.

Kaplan, Jerry (2017). Künstliche Intelligenz. Eine Einführung. Mitp Verlags GmbH & Co.KG, Frechen.

Kassens-Noor, E. & Hintze, A. (2020). Cities of the Future? The Potential Impact of Artificial Intelligence. AI, 1(2), 192–197. <https://doi.org/10.3390/ai1020012>

Katzlberger, M. (2019, 13. Dezember). Biologische und künstliche Neuronen im Vergleich. Artificial Creativity. <https://katzlberger.ai/2019/12/13/biologische-und-kuenstliche-neuronen-im-vergleich/>

Keim, D., Sattler, K.-U. & AG Technologische Wegbereiter und Data Science. (2020). Von Daten zu KI: Intelligentes Datenmanagement als Basis für Data Science und den Einsatz Lernender Systeme. In Whitepaper. https://www.plattform-lernende-systeme.de/files/Downloads/Publikationen/AG1_Whitepaper_Von_Daten_zu_KI.pdf

Kelly, K. (2014, 27. Oktober). The Three Breakthroughs That Have Finally Unleashed AI on the World. WIRED. <https://www.wired.com/2014/10/future-of-artificial-intelligence/>

Kirstein, T. (2020, 17. Mai). Ein globales Tool gegen Abholzung. ETH Zürich. <https://ethz.ch/de/wirtschaft/industry/news/data/2020/05/ein-globales-tool-gegen-abholzung.html>

Knapp, B. (2022). Der rechtliche Rahmen für Künstliche Intelligenz in der EU [Diplomarbeit, Johannes Kepler Universität Linz]. <https://epub.jku.at/obvulihs/download/pdf/7823664?originalFilename=true>

Kreowski, H., Krieger, W. Künstliche Intelligenz – „künstlich“ ja, „Intelligenz“ wohl kaum. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

Krohn, J., Beyleveld, G. & Bassens, A. (2020). Deep Learning illustriert. O'Reilly Online Learning. <https://learning.oreilly.com/library/view/deep-learning-illustriert/9781098125776/>

Kucuk, O. & Sevinc, V. (2022). Fire behavior prediction with artificial intelligence in thinned black pine (Pinus nigra Arnold) stand. In ScienceDirect. Elsevier B.V. Abgerufen am 12. April 2023, von <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378112722007010?via%3Dihub>

Kulkarni, A., Shivananda, A., Kulkarni, A. & Gudivada, D. (2023). Applied Generative AI for Beginners: Practical Knowledge on Diffusion Models, ChatGPT, and Other LLMs. O'Reilly Online Learning. https://learning.oreilly.com/library/view/applied-generative-ai/9781484299944/html/608860_1_En_1_Chapter.xhtml

Lauzi, M. (2018). Smart city: Technische Fundamente und erfolgreiche Anwendungen. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Lighthill, J. (1973). Artificial Intelligence: A General Survey, Artificial Intelligence: a Paper Symposium, Science Research Council. http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/p001.htm

Mahesh, B. (2020). Machine Learning Algorithms - a review. International Journal Of Science And Research (IJSR), 9(1), 381–386. <https://doi.org/10.21275/art20203995>

Mayring, P. (2015). Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Technik (12., überarbeitete Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Verlag

Mayring, P. (2016). Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. (6., überarbeitete Auflage). Weinheim/Basel: Beltz

McCarthy, J., Minsky, M. L. & Rochester, N. (1955). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>

McCulloch, W. S., Pitts, W. & University of Illinois, College of Medicine, Department of Psychiatry at the Illinois Neuropsychiatric Institute, and the University of Chicago. (1943). A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity. In Bulletin Of Mathematical Biophysics (Bd. 5).

Meise, J. & Volwahren, A. (1980). Stadt- und Regionalplanung. Ein Methodenhandbuch. Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft MbH, Braunschweig, Wiesbaden: Vieweg, 1980.

Merdes, C., Können Maschinen moralisch handeln? In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

Mitteregger, M., Bruck, E. M., Soteropoulos, A., Stickler, A., Berger, M., Dangschat, J. S., Scheuvsen, R. & Banerjee, I. (2020). AVENUE21. Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa. In Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61283-5>

Müller-Ibold, K. (1997). Einführung in die Stadtplanung. Band 3: Methoden, Instrumente und Vollzug. Verlag W.Kohlhammer GmbH, Stuttgart.

Stadt Augsburg (o.J.). Planungsphasen – wie entsteht das Stadtentwicklungskonzept? <https://www.augsburg.de/buergerservice-rathaus/stadtplanung/stadtentwicklung/stadtentwicklungskonzept/planungsphasen>

Österreichische Akademie der Wissenschaften. (2023, 14. Juni). Was das neue KI-Gesetz für Europa bedeutet. ÖAW. <https://www.oeaw.ac.at/news/was-das-neue-ki-gesetz-fuer-europa-bedeutet>

Österreichische Bundesarbeitskammer. (2023, 21. Dezember). Einigung auf weltweit erstes Regelwerk zu Künstlicher Intelligenz. AKEUROPA. <https://www.akeuropa.eu/de/einigung-auf-weltweit-erstes-regelwerk-zu-kuenstlicher-intelligenz>

Österreichischer Rat für Robotik und Künstliche Intelligenz. (2018). Die Zukunft Österreichs mit Robotik und Künstlicher Intelligenz positiv gestalten: White Paper des Österreichischen Rats für Robotik und Künstliche Intelligenz.

https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.bmk.gv.at/dam/jcr:f2f7a973-8aa4-4be8-9a6b-0c7c44e73ce4/white_paper_robotikrat.pdf&ved=2ahUKEwiEiaXzt-eKAXNSfEDHeCmDDUQFnoECBsQAQ&usg=AOvVaw2lszBndhKwA9oUprHST_tu

Osztynowicz, A. (2023, 25. April). Diffusionsmodelle: Eindrucksvolle Bilder mit Generative KI erstellen. TheBlue.ai. <https://theblue.ai/blog-de/trends/diffusionsmodelle-generative-ki/>

Patel, A. (2018, 23. Juli). Machine Learning Algorithm Overview - ML Research Lab - Medium. Medium. <https://medium.com/ml-research-lab/machine-learning-algorithm-overview-5816a2e6303>

Pflüger, F. (2000). EDV in der städtebaulichen Planung (Von Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, G. FehI & V. Kreibich) [Thesis]. https://publications.rwth-aachen.de/record/52880/files/Pflueger_Frank.pdf

Plattform Lernende Systeme (2022). Mit KI den nachhaltigen Wandel gestalten – Zur strategischen Verknüpfung von Künstlicher Intelligenz und Nachhaltigkeitszielen. https://doi.org/10.48669/pls_2022-5

Publications Office of the European Union. (2019). Ethik-leitlinien für eine vertrauenswürdige KI. Publications Office Of The EU. <https://op.europa.eu/de/publication-detail/-/publication/d3988569-0434-11ea-8c1f-01aa75ed71a1>

Rashid, T. (2017). Neuronale Netze selbst programmieren.

Rechenberg, P. & Pomberger, G. (2002). Informatik-Handbuch (3. Aufl.). Hanser Fachbuch. <https://services.informatik.hsmannheim.de/~schramm/ads/files/Kapitel02.pdf>

Rocca, J. (2019). Understanding Generative Adversarial Networks (GANs): Building, step by step, the reasoning that leads to GANs. https://comp.art.uni-bremen.de/content/4-teaching/0-sommer-20/1-neural-networks-aesthetics/3-material/paper-2019-rocca_understandinggans.pdf

Roggendorf, W., Scholl, B., Scholles, F., Schönwandt, W. & Signer, R. (2011). Methoden der Raumplanung. In ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung, Grundriss der Raumordnung und Raumentwicklung (S. 279–377). https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/Grundriss%20RO/gr_ro_Kap4.pdf

Röser, A. M. (2021). Charakterisierung von schwacher und starker Künstlicher Intelligenz. In FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH, Arbeitspapiere der FOM (Nr. 79). MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/234520/1/1759172820.pdf>

Samuel, A. L. (1959). Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers. In IBM Journal.
<https://www.cs.virginia.edu/~evans/greatworks/samuel1959.pdf>

Schaub, H. (2024, 22. April). Die Beziehung zwischen klassischer Statistik und Künstlicher Intelligenz (KI). Mensch und Digitalisierung.
<https://www.menschunddigitalisierung.de/2024/04/die-beziehung-zwischen-klassischer.html>

Schinagl, Martin (2022). Digitale Stadtplanung. Alltag und Räume technisierten Planens. Transcript Verlag, Bielefeld

Sebe, N., Cohen, I., Huang, T. S. & Garg, A. (2005). Machine learning in computer vision. In Google Books. Springer.
https://books.google.at/books?hl=de&lr=&id=lemw2Rhr_PEC&oi=fnd&pg=PR11&dq=computer+vision+machine+learning&ots=X66HW_TvrC&sig=tvECpGjWtNNnTp_ZH0lotFcDRsl#v=onepage&q=computer%20vision%20machine%20learning&f=false

Seeberg, P. (2020). Wie KI unser Leben verändert: 100 Fragen – 100 Antworten. Carl Hanser Verlag GmbH Co KG.

Seising, R. (2021). Es denk nicht! Die vergessenen Geschichten der KI (1. Aufl.). Büchergilde Gutenberg Verlagsgesellschaft mbH.

Sherk, J., Pöchhacker-Tröscher, G. & Wagner, K. (2017). Künstliche Intelligenz - Artificial Intelligence. Pöchhacker Innovation Consulting GmbH.

Siemens AG & Stadt Nürnberg. (o. D.). Nürnberg nachhaltig mobil / CyPT-Air Pilotstudie [Vorlesungsfolien; Online]. Nuernberg.de.
https://www.nuernberg.de/imperia/md/csr_nuernberg/dokumente/10_nuernberg_nachhaltig_mobil.pdf

Skrabania, L. (2021, 3. November). Künstliche Intelligenz und Drohnen zum Schutz des Regenwaldes. Digital For Good | RESET.ORG. <https://reset.org/kuenstliche-intelligenz-und-drohnen-zum-schutz-des-regenwaldes-02072020/>

Spitzer, Hartwig (1995). Einführung in die räumliche Planung. Stuttgart Hohenheim: Ulmer, 1995.

Stapelfeldt, R., Einleitung Teil 2: Grenzen und Folgen Künstlicher Intelligenz. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). *Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung*. BoD – Books on Demand.

Stark, F. (2020, 13. November). Mit Künstlicher Intelligenz gegen den Klimawandel. Magazin Des Fraunhofer-Instituts für Kognitive Systeme IKS. <https://safe-intelligence.fraunhofer.de/artikel/ki-gegen-klimawandel>

Statista. (o. D.). Regression - Statista Definition. Statista Lexikon. <https://de.statista.com/statistik/lexikon/definition/112/regression/>

Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

Stepec, K., Einleitung Teil 1: Der Begriff der Intelligenz. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). *Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung*. BoD – Books on Demand.

Sturma, P. (2023). Enkplatz, Wien. Mein Bezirk, 2023. https://www.meinbezirk.at/simmering/c-lokales/beteilige-dich-an-der-neugestaltung-vom-enkplatz_a6310532

Turing, A. M. (1950). I.—COMPUTING MACHINERY AND INTELLIGENCE. *Mind*, LIX(236), 433–460. <https://doi.org/10.1093/mind/lix.236.433>

Vogl, S. (2014). Gruppendiskussion. In: Baur, N.; Blasius, J. (Hrsg.): *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS, S. 581-586. DOI 10.1007/978-3-531-18939-0

Web Summit. (2018, 4. September). Stephen Hawking at Web Summit 2017 [Video]. Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=H41Zk1Grd>

Weber, B. & B Capital Partners AG. (2020). Infrastrukturentscheide haben langfristige Konsequenzen. In *Sustainable Investments* [Article]. <https://assets.b-capitalpartners.com/media/documents/2021/09/17/08-20-01-sustainableinvestments.pdf>

Weizenbaum, J. (1966). ELIZA—a computer program for the study of natural language communication between man and machine. *Communications Of The ACM*, 9(1), 36–45. <https://doi.org/10.1145/365153.365168>

Wiederhold, G. & McCarthy, J. (1992). Arthur Samuel: Pioneer in machine learning. *IBM Journal Of Research And Development*, 36(3), 329–331. <https://doi.org/10.1147/rd.363.0329>

Wirtschaftsagentur Wien. (2021). Visual Computing Technologie Report.

https://wirtschaftsagentur.at/fileadmin/user_upload/wirtschaftsagentur-at/Downloads/Technologie-Reports/Deutsch/Visual_Computing_Technologiereport_DE.pdf

Wirtschaftskammer Österreich. (2024, 20. Februar). Spielregeln für Künstliche Intelligenz. wko.at. <https://www.wko.at/wien/news/spielregeln-fuer-kuenstliche-intelligenz>

Wollmersdorfer, H. (1986). Expertensysteme als Rationalisierungsinstrument: Eine Strategie zur Effizienzsteigerung von Entscheidungsprozessen. Der Wirtschaftsingenieur, 18, 52.

<https://diglib.tugraz.at/download.php?id=4eae6cb798877&location=browse>

Zillmann, H., Künstliche Subjektivität? – Eine Analyse anhand der neurowissenschaftlichen Subjektbeschreibung Antonio Damasio. In: Strasser, A., Sohst, W., Stapelfeldt, R. & Stepec, K. (2021). Künstliche Intelligenz - Die große Verheißung. BoD – Books on Demand.

11 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Befragung an ChatGPT, Quelle: eigene Darstellung	18
Abb. 2: Verwendete Algorithmen laut Kaggle Umfrage, Quelle: eigene Darstellung, Daten von Dhirajkumar 2022	23
Abb. 3: Zeichnung eines menschlichen Neurons, Quelle: Rashid 2017, S.30	24
Abb. 4: Aufbau von biologischen und künstlichen Neuronen im Vergleich, Quelle: Katzlberger, 2019	25
Abb. 5: Abgrenzung von LLMs, Quelle: eigene Darstellung nach Dhamani & Engler 2024	25
Abb. 6: Diffusionsmodelle, Quelle: AssemblyAI 2022	26
Abb. 7: Ablaufdiagramm, Quelle: Gilgen 2006, S.25	32
Abb. 8: Idealtypischer Planungsprozess, Quelle: eigene Darstellung nach Bechmann 1981, Gilgen 2006, Spitzer 1995	34
Abb. 9: Entscheidungsbaum, Quelle: Gilgen 2006, S.133	40
Abb. 10: Darstellung des Arbeitsablaufs, eigene Darstellung	59
Abb. 11: Eingabeprompt ChatGPT, eigene Darstellung	61
Abb. 12: Zuweisen der Rolle, eigene Darstellung	74
Abb. 13: Enkplatz, Wien, Quelle links: Petra Sturma 2023 von www.meinbezirk.at ..	76
Abb. 14: Argentinierstraße, Wien, Quelle links: Google Street View 2024	76

12 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Interviews, eigene Darstellung	7
Tab. 2: gängige ML-Algorithmen nach Lernstil, Quelle: eigene Darstellung nach Döbel et al. 2018, S.10 und Dhirajkumar 2022	24
Tab. 3: Arten von Informationsgrundlagen, eigene Darstellung nach Gilgen 2006, S.38	44
Tab. 4: Werkzeuge in der Planung, Quelle: eigene Darstellung nach Schinagl 2022, S.145	44
Tab. 5: Ablaufschema, Quelle: eigene Darstellung nach Pattam 2022.....	49
Tab. 6: Einsatzmöglichkeiten von KI-Algorithmen, Quelle: eigene Darstellung	52
Tab. 7: Potenzial von Algorithmen in der Konzept- und Konkretisierungsphase, Quelle: eigene Darstellung.....	55
Tab. 8: Vergleichsmatrix Frage 1, Quelle: eigene Darstellung.....	64
Tab. 9: Vergleichsmatrix Frage 2, Quelle: eigene Darstellung.....	65
Tab. 10: Vergleichsmatrix Frage 3, Quelle: eigene Darstellung.....	66
Tab. 11: Vergleichsmatrix Frage 4, Quelle: eigene Darstellung.....	67
Tab. 12: Vergleichsmatrix Frage 5, Quelle: eigene Darstellung.....	68
Tab. 13: Sind Verzerrungen bei Antwort 1 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung	69
Tab. 14: Sind Verzerrungen bei Antwort 2 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung	70
Tab. 15: Sind Verzerrungen bei Antwort 3 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung	71
Tab. 16: Sind Verzerrungen bei Antwort 4 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung	72
Tab. 17: Sind Verzerrungen bei Antwort 5 wahrnehmbar? Quelle: eigene Darstellung	73

13 Abkürzungsverzeichnis

bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
etc.	et cetera
z.B.	zum Beispiel
KI	Künstliche Intelligenz
u.a.	Unter anderem
Bspw.	Beispielsweise
Uvm.	Und viele mehr
Usw.	Und so weiter
o.ä.	Oder ähnliches
ML	Machine Learning

Anhang A

Fragebögen ExpertInnen

Interviewleitfaden

(Fokus Raumplanung)

Wie sieht Ihr Tätigkeitsfeld aus?
Wie würden Sie die einzelnen Schritte eines idealtypisierten Planungsprozesses beschreiben?
Bitte beschreiben Sie, ob und wofür sie Softwaretools im Arbeitsalltag einsetzen
Welche Art von Daten ist in der Raumplanung vorhanden? Welche Daten verarbeiten/nutzen/generieren Sie in Ihrem Arbeitsalltag häufig? Wann sind Daten für Sie qualitativ hochwertig?
Was ist für Sie KI? Und wo würden Sie die Vorteile darin sehen?
Haben Sie eine Vorstellung davon, was generative KI sein könnte? Haben Sie das schon ausprobiert? Welche Modelle/Möglichkeiten (Anbieter) kennen oder benutzen Sie und wofür?
Kennen Sie bereits Beispiele aus der Praxis, wo KI eingesetzt wurde? Würden Ihnen spontan Einsatzmöglichkeiten einfallen?
Bei welchen Arbeitsschritten könnten Sie sich vorstellen, eine KI einzusetzen? Welchen Vorteil hätte dies Ihrer Meinung nach und für wen? Sehen Sie dabei auch Nachteile/Grenzen oder Herausforderungen? Welche?
Haben Sie bereits vom Begriff „Prompting“ gehört? Was stellen Sie sich darunter vor?
Welche Fähigkeiten und Kompetenzen werden Ihrer Meinung nach in der Planung immer relevanter?
Welche Risiken bestehen, wenn sich Personen (Planer) zu stark auf KI-generierte Entwürfe verlassen? Wie könnten diese Risiken minimiert werden?
Können Sie sich vorstellen, dass KI die aktuell genutzten technischen Werkzeuge zur Erstellung von Karten, Prognosen etc. zur Gänze ersetzen wird? Wie stehen Sie zu der Vorstellung, dass es nur noch ein einziges Programm geben könnte?

Interviewleitfaden

(Fokus Künstliche Intelligenz)

Wie definieren Sie KI in einfachen Worten?
Können Sie näher erläutern, wie KI-Systeme „lernen“? Gibt es Unterschiede? Wie groß ist der Trainingsaufwand?
Welche Rolle spielen dabei Daten und welche Formate sowie Datenvolumen muss vorhanden sein, um eine KI trainieren zu können? (Gibt es eine Mindest- und Maximalanzahl?) Wann sind Daten qualitativ hochwertig bzw. „verwertbar“?
Welche Rolle spielen Algorithmen beim ML oder DL? Algorithmen werden sehr häufig in der Praxis angewendet und in welchem Kontext?
In welchen Bereichen (Tätigkeiten) kann eine KI Ihrer Meinung nach besonders gute Ergebnisse erzielen? Wo liegen die „Stärken“ einer KI?
Kennen Sie Beispiele aus der Praxis, wo KI in der Raumplanung eingesetzt wurde? Würden Ihnen spontan Einsatzmöglichkeiten einfallen?
Angenommen ich möchte für einzelne Arbeitsschritte innerhalb eines Prozesses ML-Algorithmen bzw. KI einsetzen. Wie gehe ich am besten bei der Auswahl vor und womit sollte ich mich auseinandersetzen? Welche Überlegungen vorab? (Sinnhaftigkeit der Abfolge: Wie soll das Problem gelöst werden? Welche Art von Daten ist vorhanden? Wie groß ist das Datenvolumen? Genauigkeit der Ergebnisse und Geschwindigkeit?)
Was ist unter dem Begriff „Generative KI“ zu verstehen?
Für welche Anwendungsfälle ist generative KI besonders geeignet bzw. nicht geeignet?
Wie muss ein „Prompt“ (Befehl) aufgebaut sein? Welche Informationen benötigt die KI? Spielt die Formulierung eine wesentliche Rolle?
Wie könnten sich die Fähigkeiten der Planenden in Zukunft verändern? Gibt es neue Kompetenzen, wie prompting, die erlernt werden müssen?
Welche Herausforderung und Grenzen sehen Sie aktuell bei der Entwicklung von KI-Systemen?
Ist es Ihrer Ansicht nach utopisch anzunehmen, dass in naher Zukunft (<5y) ein einziges KI-Modell (evtl. von mehreren Anbietern mit unterschiedlich stark ausgeprägten Funktionen) implementiert wird, welches sämtliche, derzeit in der Planungspraxis verwendete Tools (GIS, CAD-Software, Statistiksoftware, Text-, Tabellen- und Layoutprogramme) ersetzen wird?

Anhang B

Dokumentation ChatGPT

5 FRAGEN ZU ANPASSUNGSMAßNAHMEN EINER KLIMAFITTEN STADT:

1. Wie würden Sie den Begriff "klimafitte Stadt" definieren?
2. Welche (klimatischen) Herausforderungen sehen Sie als besonders relevant für Städte im Kontext des Klimawandels?
3. Welche städtebaulichen oder infrastrukturellen Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach am effektivsten, um Städte klimaresilient zu gestalten?
4. Welche Rolle spielt die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel? Welche Maßnahmen können getroffen werden, um Städte klimaresilienter zu gestalten?
5. Wie können städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren, und welche politischen oder sozialen Maßnahmen sind notwendig, um dies zu unterstützen?

Teil 1: Befragung an ChatGPT

1. Rolle zuweisen:

Versetze dich in die Rolle eines Stadtplaners in Österreich. Als Experte sollst du im Rahmen einer Forschungsarbeit 5 Fragen zu Anpassungsmaßnahmen einer klimafitten Stadt beantworten. Die Befragung dauert nicht länger als 15 Minuten. Achte daher darauf, dass die Antworten präzise und der Argumentation eines Experten aus der Raumplanungspraxis angepasst sind. Dies ist nur eine Anweisung für deine Rolle. Die Fragen werden einzeln eingegeben.



Klingt gut! Ich bin bereit, die Fragen zu beantworten. Bitte stell mir die erste Frage.

2. Frage stellen:

Wie würden Sie den Begriff "klimafitte Stadt" definieren?



Der Begriff "klimafitte Stadt" beschreibt eine urbane Umgebung, die in der Lage ist, den Herausforderungen des Klimawandels resilient zu begegnen. Eine klimafitte Stadt zeichnet sich durch folgende Merkmale aus:

1. **Anpassungsfähigkeit:** Die Stadt hat Maßnahmen implementiert, die es ihr ermöglichen, sich an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen, wie etwa häufigere und intensivere Wetterereignisse (z.B. Hitzewellen, Überschwemmungen).
2. **Nachhaltige Infrastruktur:** Es gibt eine starke Integration von grüner Infrastruktur, wie Parks, Gründächer und urbaner Wald, die nicht nur zur Verbesserung der Luftqualität beitragen, sondern auch die Temperatur regulieren und als Wasserspeicher fungieren.
3. **Energieeffizienz:** Klimafitte Städte setzen auf energieeffiziente Gebäude und erneuerbare Energien, um den CO₂-Ausstoß zu reduzieren und die Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen zu verringern.
4. **Partizipation der Bürger:** Die Einbeziehung der Bevölkerung in Planungs- und Entscheidungsprozesse ist entscheidend. Bürgerbeteiligung fördert ein gemeinsames Verständnis und eine stärkere Akzeptanz für klimafreundliche Maßnahmen.
5. **Resilienzstrategien:** Es werden Strategien entwickelt, um die Stadt auf klimatische Extremereignisse vorzubereiten, wie Notfallpläne und Infrastrukturen, die schnell wiederhergestellt werden können.

Insgesamt ist die klimafitte Stadt ein dynamisches System, das sowohl ökologische als auch soziale Aspekte berücksichtigt, um die Lebensqualität für alle Bewohner auch unter veränderten klimatischen Bedingungen zu sichern.



3. Frage stellen:

Welche Herausforderungen sehen Sie als besonders relevant für Städte im Kontext des Klimawandels?



Im Kontext des Klimawandels stehen Städte vor mehreren relevanten Herausforderungen:

1. **Hitzestress:** Durch den Anstieg der globalen Temperaturen sind Städte besonders betroffen von Hitzewellen. Die Versiegelung von Flächen und der Urban Heat Island-Effekt führen zu höheren Temperaturen in städtischen Gebieten, was die Gesundheit der Bevölkerung gefährdet und die Energienachfrage erhöht.
2. **Extremwetterereignisse:** Die Häufigkeit und Intensität von extremen Wetterereignissen wie Überschwemmungen, Stürmen und Dürren nimmt zu. Städte müssen in der Lage sein, sich schnell von solchen Ereignissen zu erholen und ihre Infrastruktur entsprechend anzupassen.
3. **Wasserverfügbarkeit und -management:** Der Klimawandel beeinflusst die Wasserressourcen durch veränderte Niederschlagsmuster und schmelzende Gletscher. Städte müssen Strategien entwickeln, um die Wasserversorgung zu sichern und gleichzeitig Überschwemmungen zu vermeiden.
4. **Infrastrukturbelastung:** Die bestehende Infrastruktur, wie Verkehrssysteme, Abwassernetze und Stromversorgung, ist oft nicht für die neuen klimatischen Bedingungen ausgelegt. Eine Überprüfung und Anpassung dieser Infrastrukturen ist notwendig, um sie resilienter zu gestalten.
5. **Soziale Ungleichheit:** Klimatische Herausforderungen treffen oft die vulnerabelsten Bevölkerungsgruppen besonders hart. Armut, schlechte Wohnverhältnisse und unzureichender Zugang zu Ressourcen verstärken die Auswirkungen des Klimawandels, was soziale Spannungen und Ungleichheiten verschärfen kann.
6. **Biodiversitätsverlust:** Der Klimawandel beeinträchtigt auch die städtische Biodiversität. Der Verlust von Lebensräumen und die Zunahme invasiver Arten können die ökologischen Gleichgewichte stören und die ökosystemaren Dienstleistungen verringern.
7. **Mobilität und Verkehr:** Die Notwendigkeit, den Verkehr in Städten nachhaltiger zu gestalten, wird angesichts der erhöhten CO₂-Emissionen und der Luftverschmutzung dringlicher. Umstieg auf öffentliche Verkehrsmittel, Fahrradinfrastruktur und Fußgängerfreundlichkeit sind entscheidend.

Diese Herausforderungen erfordern umfassende und integrierte Ansätze in der Stadtplanung, um nachhaltige und resiliente Lösungen zu entwickeln, die den unterschiedlichen Bedürfnissen der städtischen Bevölkerung gerecht werden.



4. Frage stellen:

Welche städtebaulichen oder infrastrukturellen Maßnahmen sind Ihrer Meinung nach am effektivsten, um Städte klimaresilient zu gestalten?



Um Städte klimaresilient zu gestalten, sind verschiedene städtebauliche und infrastrukturelle Maßnahmen besonders effektiv:

1. **Grüne Infrastruktur:** Die Integration von Parks, Grünflächen, Dachgärten und vertikalen Gärten trägt zur Temperaturregulierung, Verbesserung der Luftqualität und Wasserretention bei. Grüne Infrastruktur kann auch den Urban Heat Island-Effekt mindern und die Biodiversität fördern.
2. **Wassermanagement-Systeme:** Die Entwicklung von Regenwasserbewirtschaftungssystemen, wie z.B. Versickerungsanlagen, Zisternen und Regenwassernutzungsanlagen, hilft, Überflutungen zu reduzieren und die Wasserverfügbarkeit in Trockenzeiten zu sichern. Auch natürliche Rückhaltebecken können effektiv zur Steuerung von Starkregenereignissen eingesetzt werden.
3. **Energieeffiziente Gebäude:** Die Förderung von energieeffizienten Bauweisen und die Nutzung erneuerbarer Energien sind entscheidend. Dies umfasst die Renovierung bestehender Gebäude und den Bau neuer, nachhaltiger Wohn- und Gewerbeeinheiten, die wenig Energie verbrauchen und klimafreundliche Technologien nutzen.
4. **Mobilitätskonzepte:** Der Ausbau von öffentlichen Verkehrssystemen, Radwegen und Fußgängerinfrastruktur reduziert die Abhängigkeit von Autos, verringert Emissionen und fördert nachhaltige Mobilität. Car-Sharing und E-Mobilität sollten ebenfalls gefördert werden.
5. **Klimaanpassungsstrategien:** Städte sollten umfassende Anpassungsstrategien entwickeln, die auf den spezifischen Risiken und Herausforderungen basieren. Dies beinhaltet Notfallmanagement-Pläne für Extremwetterereignisse und die Schaffung von Informationssystemen, die der Bevölkerung helfen, sich auf solche Ereignisse vorzubereiten.
6. **Nachhaltige Stadtplanung:** Die Förderung einer kompakten Stadtentwicklung, die Mischung von Wohn-, Arbeits- und Freizeitnutzungen sowie die Schaffung von mehr Lebensqualität durch Aufenthaltsräume fördern soziale Interaktionen und reduzieren den Verkehr.
7. **Bildung und Bewusstseinsbildung:** Die Sensibilisierung der Bevölkerung für die Bedeutung des Klimaschutzes und der nachhaltigen Stadtentwicklung ist essentiell. Informationskampagnen und Bildungsprojekte können helfen, umweltbewusste Verhaltensweisen zu fördern.
8. **Partizipative Planung:** Die Einbeziehung der Bürger in den Planungsprozess stellt sicher, dass die Bedürfnisse und Ideen der Gemeinschaft berücksichtigt werden. Dies stärkt die Akzeptanz und das Engagement für klimafreundliche Maßnahmen.

Durch die Kombination dieser Maßnahmen können Städte nicht nur ihre Resilienz gegenüber klimatischen Herausforderungen erhöhen, sondern auch die Lebensqualität für ihre Bewohner verbessern und eine nachhaltige Entwicklung fördern.



5. Frage stellen:

Welche Rolle spielt die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel?
Welche Maßnahmen können getroffen werden, um Städte klimaresilienter zu gestalten?



Die Integration von grünen und blauen Infrastrukturen spielt eine zentrale Rolle bei der Anpassung von Städten an den Klimawandel. Diese Infrastrukturen bieten vielfältige ökologische, soziale und ökonomische Vorteile:

Rolle von grüner und blauer Infrastruktur:

1. **Klimaregulierung:** Grüne Infrastruktur wie Parks, Bäume und Grünflächen hilft, die Temperatur in städtischen Gebieten zu regulieren, indem sie Schatten spenden und Verdunstungskälte erzeugen. Dies mindert den Urban Heat Island-Effekt, der in dicht besiedelten Städten häufig zu höheren Temperaturen führt.
2. **Wassermanagement:** Blaue Infrastruktur, einschließlich Gewässer, Feuchtgebiete und Regenwassersysteme, ist entscheidend für das Management von Regenwasser und Hochwasser. Diese Infrastrukturen können Überschwemmungen verhindern, indem sie Wasser speichern und langsam abgeben.
3. **Biodiversität:** Die Integration von grünen und blauen Flächen fördert die Biodiversität, indem Lebensräume für Pflanzen und Tiere geschaffen werden. Dies trägt zur Stabilität der Ökosysteme und zur Verbesserung der Lebensqualität in städtischen Räumen bei.
4. **Luftqualität:** Vegetation filtert Schadstoffe aus der Luft und verbessert die Luftqualität in Städten, was positive Auswirkungen auf die Gesundheit der Bevölkerung hat.
5. **Soziale Interaktion:** Grüne Räume bieten Aufenthaltsqualität und fördern soziale Interaktionen. Sie können als Gemeinschaftszentren fungieren und das Wohlbefinden der Bewohner steigern.

Maßnahmen zur Förderung der klimaresilienten Städte:

1. **Grünflächenplanung:** Städte sollten gezielt Parks, Gärten und Grünanlagen in die Stadtplanung integrieren. Die Schaffung von grünen Korridoren kann auch die Vernetzung von Grünflächen verbessern und die Biodiversität fördern.
2. **Regenwassermanagement:** Die Installation von Regenwasserversickerungssystemen, durchlässigen Belägen und Zisternen zur Speicherung und Nutzung von Regenwasser kann helfen, Überflutungen zu vermeiden und die Wasserressourcen effizienter zu nutzen.
3. **Gründächer und vertikale Gärten:** Die Nutzung von Gründächern und vertikalen Gärten an Gebäuden kann nicht nur zusätzlichen Raum für Pflanzen schaffen, sondern auch die Wärmedämmung und Energieeffizienz von Gebäuden erhöhen.
4. **Wiederherstellung von Feuchtgebieten:** Die Renaturierung von Feuchtgebieten und Uferzonen trägt zur Wasserfilterung und Hochwasserrückhaltung bei, während sie gleichzeitig Lebensräume für verschiedene Arten schaffen.
5. **Bildung und Bürgerbeteiligung:** Die Sensibilisierung der Bevölkerung für die Bedeutung von grüner und blauer Infrastruktur sowie die Einbindung der Bürger in Planungsprozesse fördern Akzeptanz und Engagement.
6. **Kombination von Infrastruktur:** Eine integrative Planung, die grüne und blaue Infrastrukturen miteinander verbindet, ist entscheidend. Dies kann durch die Schaffung von multifunktionalen Flächen geschehen, die sowohl zur Freizeitnutzung als auch zum Wasser- und Klimaschutz dienen.

7. **Monitoring und Evaluation:** Die kontinuierliche Überwachung und Bewertung der Wirksamkeit von grünen und blauen Infrastrukturen ist wichtig, um Anpassungsstrategien anzupassen und zu optimieren.

Durch die gezielte Integration von grüner und blauer Infrastruktur können Städte ihre Resilienz gegenüber den Herausforderungen des Klimawandels signifikant erhöhen und gleichzeitig die Lebensqualität ihrer Bewohner verbessern.



6. Frage stellen:

Wie können städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren, und welche politischen oder sozialen Maßnahmen sind notwendig, um dies zu unterstützen?



Um städtische Planungsprozesse langfristig auf den Klimawandel reagieren zu können, sind sowohl strategische Ansätze als auch politische und soziale Maßnahmen erforderlich. Hier sind einige zentrale Punkte:

Langfristige Reaktionen in der Stadtplanung:

1. **Integrierte Planung:** Eine ganzheitliche, integrierte Stadtplanung, die ökologische, soziale und ökonomische Aspekte berücksichtigt, ist entscheidend. Dazu gehört die Berücksichtigung von Klimarisiken in allen Planungsphasen und -bereichen, um nachhaltige Lösungen zu entwickeln.
2. **Zukunftsorientierte Szenarien:** Die Erstellung von Szenarien zur Entwicklung des Klimawandels und seiner Auswirkungen auf die Stadt ermöglicht es Planern, präventive Maßnahmen zu entwickeln. Szenarioanalysen helfen, verschiedene Strategien zu bewerten und resiliente Infrastrukturen zu gestalten.
3. **Flexibilität und Anpassungsfähigkeit:** Planungsprozesse sollten flexibel gestaltet werden, um auf neue wissenschaftliche Erkenntnisse und sich verändernde klimatische Bedingungen reagieren zu können. Dies kann durch regelmäßige Überprüfungen und Anpassungen der bestehenden Pläne erreicht werden.
4. **Forschung und Innovation:** Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich klimafreundlicher Technologien und nachhaltiger Stadtentwicklung. Innovative Ansätze, wie Smart Cities oder digitale Planungstools, können die Effizienz von Planungsprozessen erhöhen.



Politische Maßnahmen:

1. **Regulatorische Rahmenbedingungen:** Die Einführung und Durchsetzung von Richtlinien und Gesetzen, die umweltfreundliche Baupraktiken, Energieeffizienz und die Nutzung erneuerbarer Energien fördern, ist unerlässlich. Dazu gehören auch strenge Standards für Neubauten und Sanierungen.
2. **Finanzielle Anreize:** Bereitstellung von Förderprogrammen und finanziellen Anreizen für umweltfreundliche Projekte, wie die Implementierung grüner Infrastrukturen oder energieeffizienter Gebäudetechnologien. Dies kann auch steuerliche Erleichterungen für nachhaltige Investitionen umfassen.
3. **Klimaschutzstrategien:** Die Entwicklung und Umsetzung von städtischen Klimaschutzstrategien, die spezifische Ziele zur Reduktion von Treibhausgasemissionen festlegen, ist notwendig. Diese Strategien sollten auch Anpassungsmaßnahmen umfassen.

Soziale Maßnahmen:

1. **Bürgerbeteiligung:** Die Einbeziehung der Bevölkerung in Planungsprozesse ist entscheidend, um Akzeptanz und Unterstützung für klimafreundliche Maßnahmen zu fördern. Bürgerforen, Workshops und Online-Plattformen können als Instrumente dienen, um die Meinungen und Ideen der Bürger zu integrieren.
2. **Bildung und Sensibilisierung:** Programme zur Bildung und Sensibilisierung der Bevölkerung über die Auswirkungen des Klimawandels und die Bedeutung nachhaltiger Praktiken. Dies stärkt das Bewusstsein und die Verantwortung der Bürger für ihre Umwelt.
3. **Soziale Gerechtigkeit:** Berücksichtigung sozialer Gerechtigkeit bei der Planung von Klimaanpassungsmaßnahmen. Die Bedürfnisse von vulnerable Gruppen sollten besonders beachtet werden, um sicherzustellen, dass alle Teile der Bevölkerung von den Maßnahmen profitieren.
4. **Förderung von Gemeinschaftsprojekten:** Unterstützung von lokalen Initiativen und Projekten, die die Resilienz der Gemeinden stärken, wie Gemeinschaftsgärten, Nachbarschaftsnetzwerke oder lokale Klimaschutzprojekte.

Durch die Kombination dieser Ansätze und Maßnahmen können städtische Planungsprozesse langfristig und effektiv auf die Herausforderungen des Klimawandels reagieren und gleichzeitig die Lebensqualität für die Bewohner sichern.



Teil 2: Bildgenerierung

Argentinierstraße



Versetze dich in die Rolle eines Stadtplaners in Österreich. Als Experte sollst du im Rahmen einer Forschungsarbeit Plätze in Wien klimafit umgestalten. Du erhältst nun ein Foto der Argentinierstraße. Analysiere dieses Bild und mache als Raumplaner vorschläge, wie diese klimafit gestaltet werden könnte. Begründe deine Entscheidungen.

- Die Argentinierstraße auf dem Bild zeigt eine typische städtische Straßenstruktur mit parkenden Autos auf beiden Seiten, einer Fahrbahn in der Mitte und Bäumen sowie Graffiti auf der rechten Seite entlang einer Mauer. Der Blick reicht bis zu einer Kirche oder einem markanten Gebäude am Ende der Straße. Die Straße wirkt relativ schmal und städtisch geprägt, mit einem klassischen Fokus auf den Autoverkehr.

Als Stadtplaner, der die Straße klimafit gestalten möchte, würde ich folgende Vorschläge machen:

1. Reduktion des Autoverkehrs und Schaffung von Platz für alternative Verkehrsmittel

- **Verkehrsberuhigung:** Die Anzahl der Parkplätze entlang der Straße könnte reduziert werden, um den Straßenraum effizienter zu nutzen. Eine Umwandlung in eine Begegnungszone oder Fußgängerzone für den Großteil der Straße könnte den CO₂-Ausstoß durch den Autoverkehr erheblich reduzieren.
- **Fahrradwege:** Aktuell ist kein Fahrradweg sichtbar. Eine Umgestaltung könnte den Bau von separaten Fahrradwegen entlang der Straße beinhalten, um umweltfreundlichere Mobilität zu fördern und die Luftqualität zu verbessern.
- **Öffentliche Verkehrsmittel:** Falls die Straße nicht schon Teil eines ÖPNV-Netzwerks ist, könnte sie mit Bus- oder Straßenbahnlinien verbunden werden. Dies würde den Individualverkehr weiter reduzieren.

2. Begrünung und Erhöhung der Biodiversität

- **Mehr Bäume und Grünflächen:** Die Bäume auf der linken Seite der Straße tragen bereits zu einem angenehmen Straßenbild bei. Es könnten jedoch mehr Bäume gepflanzt werden, insbesondere auf der rechten Seite, um Schatten zu spenden, das Mikroklima zu verbessern und die Hitze im Sommer zu reduzieren.
- **Entsiegelung von Flächen:** Die Parkflächen könnten entsiegelt und durch Grünflächen ersetzt werden, um Regenwasser besser zu speichern und Hitzeinseln zu reduzieren.
- **Begrünung von Wänden und Dächern:** Die Mauer auf der rechten Seite mit dem Graffiti könnte begrünt werden (z.B. mit Efeu oder anderen Kletterpflanzen), um das Straßenbild zu verbessern und gleichzeitig den städtischen Wärmeisoleffekt zu mildern. Auch eine Förderung der Dachbegrünung in den anliegenden Gebäuden könnte ins Konzept einfließen.

3. Verbesserung der Aufenthaltsqualität

- **Schaffung von Begegnungszonen:** Bänke und andere Sitzgelegenheiten könnten in die Planung integriert werden, um die Straße zu einem Ort der Begegnung zu machen, der von den Bewohnern der Stadt als Erholungsort genutzt wird.
- **Wasserelemente:** Kleine Brunnen oder Wasserflächen könnten das Mikroklima verbessern und den Erholungswert erhöhen, besonders an heißen Sommertagen. Dies könnte in Kombination mit der Begrünung erfolgen.
- **Stärkung des sozialen Lebens:** Durch die Schaffung von Plätzen zum Verweilen, zum Beispiel durch erweiterte Gehwege, könnte die Straße als Treffpunkt für die Anwohner dienen, was auch den Gemeinschaftssinn stärkt.

4. Klimatechnische Verbesserungen durch intelligente Infrastruktur

- **Smart City Technologien:** Die Integration von Sensoren zur Messung der Luftqualität und der Temperatur könnte zur Steuerung von Maßnahmen wie Bewässerungssystemen für Pflanzen genutzt werden. Smarte Beleuchtung könnte den Energieverbrauch reduzieren.
- **Versickerungsflächen und Wassermanagement:** Versickerungselemente entlang der Straße könnten bei Starkregenereignissen helfen, das Wasser effizient abzuleiten und die Kanalisation zu entlasten.

Zusammenfassung:

Die Umgestaltung der Argentinierstraße könnte durch eine Reduktion des Autoverkehrs, die Integration von Fahrradwegen und öffentlichem Verkehr, mehr Begrünung, die Schaffung von Aufenthaltszonen und klimaschonender Infrastruktur erfolgen. Diese Maßnahmen verbessern nicht nur die Klimaanpassung der Straße, sondern tragen auch zu einer höheren Lebensqualität und einem besseren ökologischen Gleichgewicht bei.

Diese Vorschläge sollen die Nachhaltigkeit und Resilienz gegenüber den Folgen des Klimawandels erhöhen, wie z.B. der sommerlichen Überhitzung in städtischen Gebieten und dem vermehrten Auftreten von Starkregenereignissen.

Generiere ein neues Bild der Argentinierstraße und baue deine Vorschläge ein.



Hier siehst du die klimafreundlich umgestaltete Argentinierstraße, basierend auf meinen Vorschlägen. Die Straße verfügt jetzt über mehr Grünflächen, Fahrradwege und eine reduzierte Anzahl an Autos. Es wurden auch vertikale Gärten, solarbetriebene Smart-Bänke und neue Aufenthaltszonen integriert, um die Straße klimafit und einladend zu gestalten.



Enkplatz



Versetze dich in die Rolle eines Stadtplaners in Österreich. Als Experte sollst du im Rahmen einer Forschungsarbeit Plätze in Wien klimafit umgestalten. Du erhältst nun ein Foto des Enkplatz. Analysiere dieses Bild und mache als Raumplaner vorschläge, wie diese klimafit gestaltet werden könnte. Begründe deine Entscheidungen.



Das Bild zeigt den Enkplatz in Wien, auf dem eine Kirche und ein Amtsgebäude („Amtshaus für den 11. Bezirk“) prominent sichtbar sind. Einige Palmen in Pflanzkübeln, Bäume sowie eine großzügige, gepflasterte Fläche sind ebenfalls zu sehen. Nun analysiere ich als Stadtplaner die aktuellen Merkmale des Platzes und mache Vorschläge, wie er klimafit umgestaltet werden kann.

Analyse des Status Quo:

1. **Materialien und Flächengestaltung:**
 - Der Platz ist überwiegend mit Stein- oder Betonpflaster belegt, das die Sonnenwärme stark absorbiert und wenig zur Kühlung beiträgt.
 - Es gibt wenig durchgehende Begrünung, abgesehen von den Palmen und einigen Bäumen.
2. **Vegetation:**
 - Die Palmen in Kübeln sind exotisch und ästhetisch, tragen aber wenig zur ökologischen Kühlung bei, da sie in mobilen Pflanzkübeln stehen und das Blattwerk nicht ausreichend Schatten bietet.
3. **Beschattung:**
 - Es fehlen größere, durchgehende Schattenflächen. Aktuell bietet nur das Gebäude selbst oder die wenigen Bäume etwas Schatten.
4. **Nutzung des Platzes:**
 - Der Platz scheint eine repräsentative Funktion zu erfüllen, mit wenig direkter Nutzung für die Bevölkerung als Erholungsraum.

Vorschläge zur Klimaanpassung:

1. **Mehr Begrünung mit heimischen Pflanzen:**
 - Anstatt Palmen sollten einheimische, klimaresistente Bäume gepflanzt werden, die größere Kronen entwickeln und mehr natürlichen Schatten spenden. Bäume wie Linden, Ahorn oder Ginkgos könnten gepflanzt werden, da sie gut an urbane Bedingungen und steigende Temperaturen angepasst sind.
 - Bodendeckende Begrünung oder kleine Blumenbeete um die Baumscheiben könnten das Mikroklima weiter verbessern.
2. **Versickerungsfähige Bodenbeläge:**
 - Der aktuelle Pflasterbelag könnte durch wasserdurchlässige Materialien ersetzt werden, die Regenwasser besser aufnehmen und Verdunstungskühlung fördern. Permeable Pflaster oder begrünte Flächen, die Regenwasser versickern lassen, sind sinnvoll. Dies reduziert zudem die Gefahr von Überhitzung und Entwässerungsproblemen bei Starkregen.
3. **Mehr Sitzmöglichkeiten im Schatten:**
 - Sitzbänke unter Bäumen oder in begrünten Bereichen schaffen Aufenthaltsqualität und bieten Menschen Schutz vor der Sonne. Um den Platz auch für die Bevölkerung attraktiver zu machen, könnten weitere schattige Sitzgelegenheiten installiert werden.
4. **Kühlende Elemente wie Wasserflächen oder -installationen:**
 - Kleine Brunnen oder Wasserspiele könnten die Lufttemperatur durch Verdunstung senken und auch eine ästhetische Funktion übernehmen. Diese sollten möglichst mit recyceltem Wasser oder durch Regenwasserbewirtschaftung betrieben werden.

5. Vertikale Begrünung am Amtsgebäude:

- Die Fassade des Amtsgebäudes könnte durch vertikale Begrünung (z. B. mit Kletterpflanzen) begrünt werden. Das würde nicht nur das Mikroklima verbessern, sondern auch zur optischen Verschönerung und Dämmung des Gebäudes beitragen.

6. Schattenspendende Strukturen:

- Neben der Begrünung könnten textile Sonnensegel oder Pergolen als temporäre Lösungen installiert werden, um an heißen Tagen den Platz besser nutzbar zu machen. Besonders im Sommer könnten solche Strukturen, die über den Platz gespannt sind, deutliche Verbesserungen in der Aufenthaltsqualität schaffen.

Fazit:

Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen wird der Enkplatz nicht nur klimafit gestaltet, sondern erhält auch eine stärkere Aufenthaltsqualität. Bäume und Wasserelemente verbessern das Mikroklima erheblich, während durchlässige Böden und begrünte Fassaden Hitzestaus und Überflutungen verringern. Es entsteht ein Raum, der sowohl ökologisch als auch ästhetisch ansprechend ist und den Bedürfnissen der Bevölkerung in einer sich verändernden städtischen Umgebung gerecht wird.

🔊 📄 👍 🗑️ ↺

Generiere ein neues Bild des Enkplatz und baue deine Vorschläge ein.



Hier ist das neu gestaltete Bild des Enkplatzes, das auf den Vorschlägen zur Klimaanpassung basiert. Es zeigt größere, schattenspendende Bäume, wasserdurchlässige Pflastersteine, begrünte Flächen sowie eine vertikale Begrünung an den Gebäuden. Zusätzlich wurden Sitzmöglichkeiten und eine kleine Wasserinstallation integriert, um die Aufenthaltsqualität zu verbessern.

🔊 📄 👍 🗑️