

KI-basierte Analyse bestehender kommunaler Wärmepläne aus Baden-Württemberg



Jael Sepúlveda Schweiger¹, Nermina Abdurahmanovic², Maryam Daneshfar³

¹ Fraunhofer-Institut für Solare Energie Systeme ISE, Freiburg, 79110, Deutschland

² Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik IEE, Kassel, 34117, Deutschland

³ Fraunhofer-Einrichtung für Energieinfrastrukturen und Geotechnologien IEG, Cottbus, 03046, Deutschland

Motivation und Ziel

Ein entscheidendes planerisches Instrument für die Erreichung der Klimaneutralität 2045 in Deutschland ist die Verpflichtung der Kommunen einen kommunalen Wärmeplan (KWP) zu erstellen. Große Kommunen (>100.000 EW) müssen bereits am 30. Juni 2026 eine KWP erstellt haben und kleine Kommunen (<100.000 EW) bis zum 30. Juni 2028. [1] Damit wird es in Zukunft sehr viele KWPs geben, die als Planungsgrundlage der Wärmewende dienen. Um die Zielerreichung der Wärmewende zu prüfen, ist eine Möglichkeit die Analyse der KWP. Um diese zu beschleunigen, wird eine auf Künstlicher Intelligenz (KI) basierende, teilautomatisierte Analysemethode entwickelt und anhand der bereits bestehenden KWPs in Baden-Württemberg erprobt.

Methodik

Die Methodik umfasst drei aufeinanderfolgende Schritte.

1. Auswahl des KI-Tools
2. Art der Prompteingabe
3. Validierung der Antworten des ausgewählten KI-Tools

Auswahl des KI-Tools

Es werden 14 KI-Tools in Betracht gezogen. Als Ergebnis wird sich für das KI-Tool ChatGPT 4o entschieden, da die drei ausgewählten Limitierungen nicht zutreffen.

Grenzen der betrachteten KI-Tools

| Limitierungen | KI-Tools |
|---|---|
| Begrenzung der Dokumentengröße, Begrenzung der Fragenanzahl | PDF.ai, aiPDF, ChatPDF, ChatDOC, BrainyPDF, Unriddle.AI |
| Keine kostenlose Version verfügbar | SciSummary, PDFGPT.IO |
| Wiedergabe sehr genereller Aussagen | SCISPACE, Resoomer, AlgoDocs, Summate, Perplexity |

Art der Prompteingabe

Zunächst wird jeweils durch eine Prompteingabe sichergestellt, dass nur das jeweilige KWP-Dokument für die Beantwortung der Fragen genutzt wird. Drei Methoden der Prompteingabe für die Fragenstellung werden untersucht:

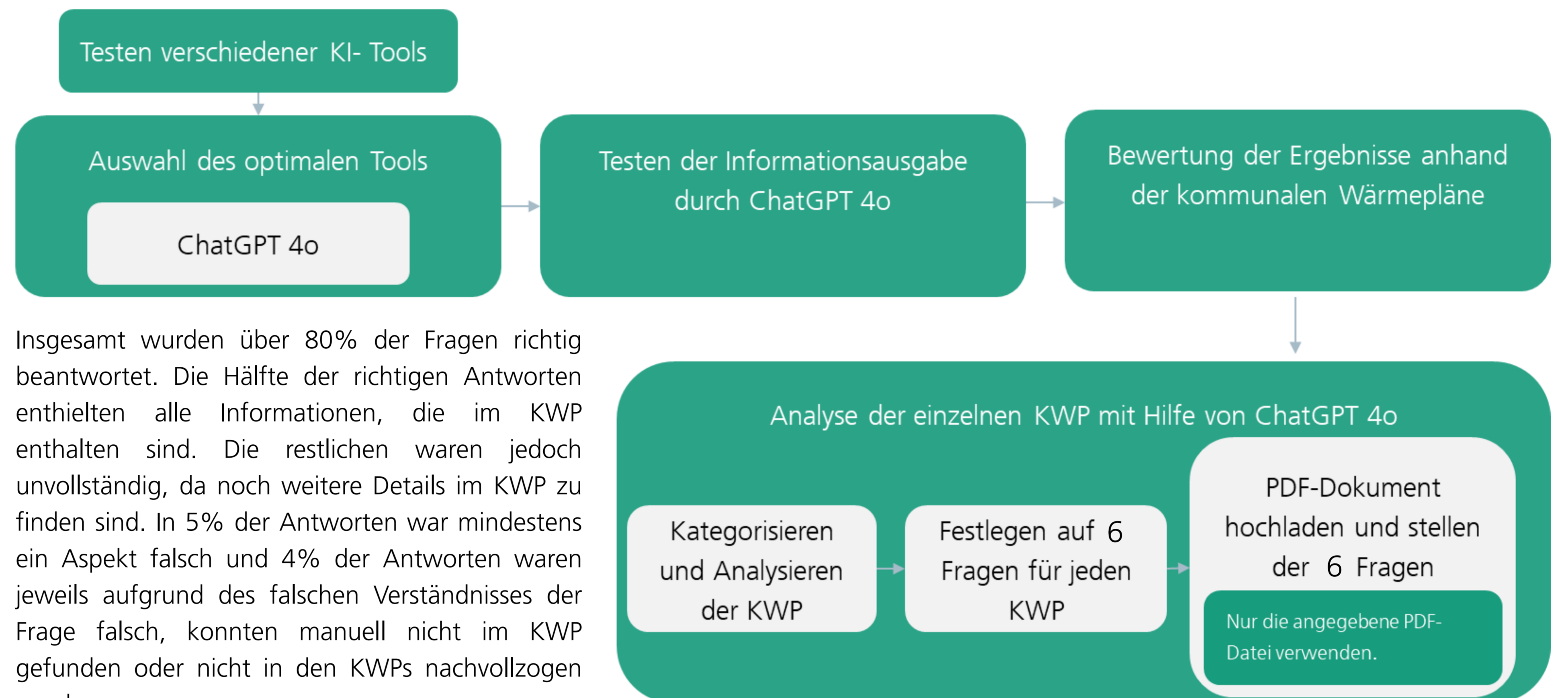
1. Die Prompteingabe enthält alle Fragen auf einmal
2. Die Prompteingabe enthält jeweils eine Frage
3. Die Prompteingaben werden zunächst als Frage formuliert und anschließend auf Basis der Antwort spezifiziert, so dass ein Gesprächsverlauf entsteht

Die Auswertung der Antworten zeigt, dass die Antwort auf die Prompteingabe einzelner Fragen spezifischer ist. Da die 3. Methode zeitintensiv ist, wird für die Analyse die zweite Methode verwendet.

Validierung der Antworten des ausgewählten KI-Tools

Zur Validierung der Methodik wurden 15 KWPs herangezogen zu denen jeweils 7 Fragen als einzelne Prompteingabe gestellt wurden.

1. Welche Energiequellen werden berücksichtigt?
2. Welche Daten werden verwendet?
3. Welche Technologien werden berücksichtigt?
4. Welche Kosten sind mit diesem Plan verbunden?
5. Welche Risiken (Umsetzung/Übergang) werden ermittelt?
6. Wer sind die wichtigsten Beteiligten an den Plänen?
7. Wie werden ihre Interessen vertreten?



Insgesamt wurden über 80% der Fragen richtig beantwortet. Die Hälfte der richtigen Antworten enthielten alle Informationen, die im KWP enthalten sind. Die restlichen waren jedoch unvollständig, da noch weitere Details im KWP zu finden sind. In 5% der Antworten war mindestens ein Aspekt falsch und 4% der Antworten waren jeweils aufgrund des falschen Verständnisses der Frage falsch, konnten manuell nicht im KWP gefunden oder nicht in den KWPs nachvollzogen werden.

Da die Frage nach den Kosten für viele KWPs nicht vollständig und korrekt beantwortet wurde, schließt sich daraus, dass diese Methodik sich in der gewählten Ausführung für die qualitative jedoch nicht für die quantitative Analyse eignet.

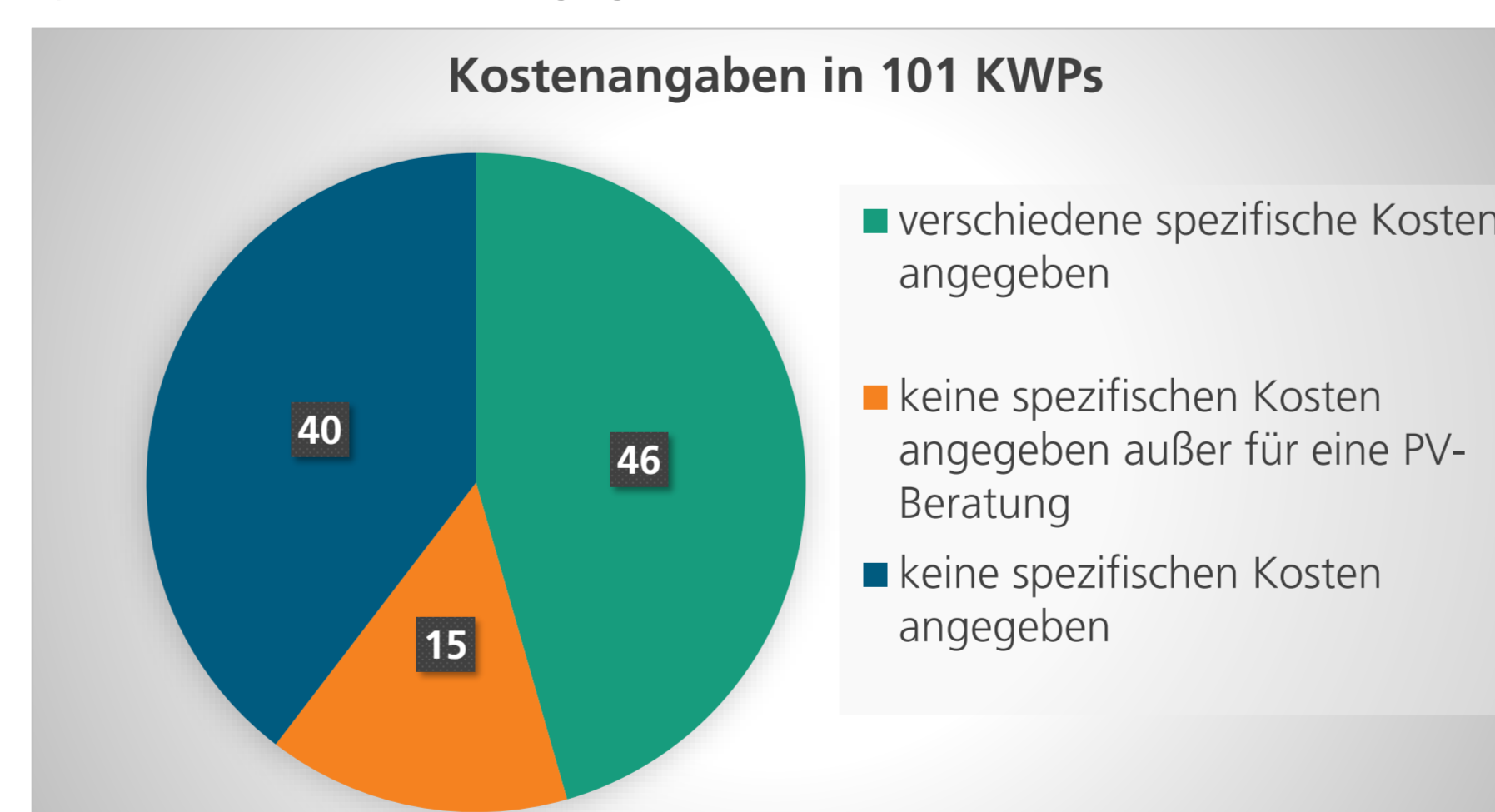
Ergebnisse

In der durchgeführten Analyse der 101 KWPs wurden ChatGPT 4o sechs Fragen zu ausgewählten Themen gestellt.

In den Antworten auf die Frage "Welche **Daten** werden genutzt?" werden folgende Daten genannt:

- Geodaten und Katasterdaten
- Statistische Daten
- Verbrauchsdaten
- Infrastrukturdaten
- Potentiale der Geothermie, Abwärme, Windenergie und PV-Anlagen
- Kommunale Daten
- Daten aus Studien und Berichten

Auf die Frage "Welche **Kosten** sind bei der Umsetzung der Maßnahmen im Plan genannt?" werden in 46 Antworten keine spezifischen Kosten angegeben.

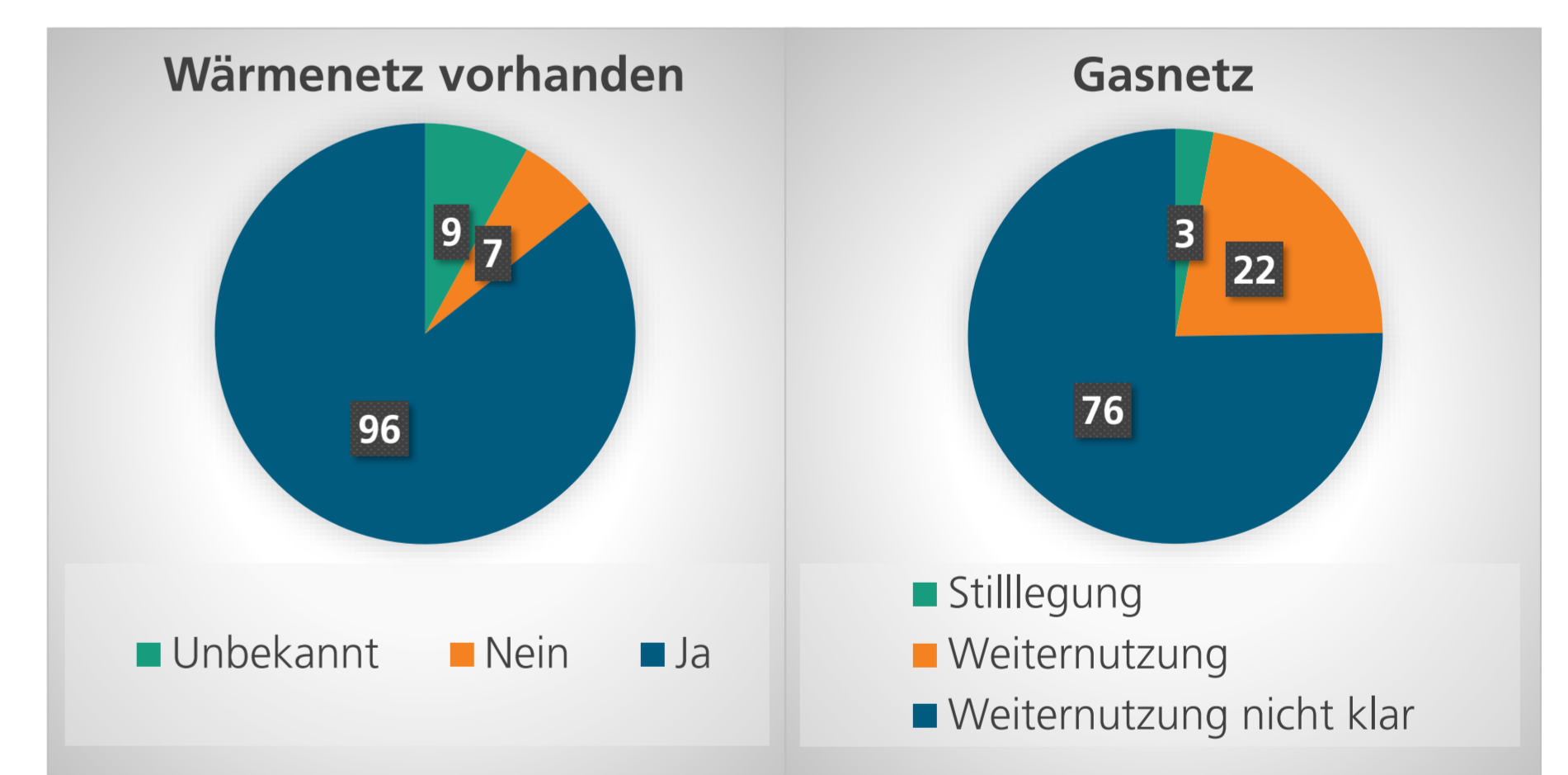


Auf die Frage "Welche **Risiken** werden in dem Plan (bezüglich der Implementierung) identifiziert?" werden insgesamt 26 Risiken genannt, die in mindestens zwei KWPs erwähnt werden. In über 80 Antworten und damit am häufigsten werden fehlende **gesellschaftliche Akzeptanz** sowie **hohe Investitionskosten** genannt. Gefolgt von **Änderungen der rechtlichen, gesetzlichen, regulatorischen Rahmen, fehlende technologische Machbarkeit** (z.B. im Denkmalschutz) und die **Abhängigkeit von Fördermitteln**.

Auf die Frage „Wie werden schon **bestehende Infrastrukturen** in den Plan integriert oder weiter genutzt?“ hat die KI als bestehende Infrastrukturen Wärmenetze sowie Gasnetze genannt.

Die bereits bestehenden **Wärmenetze** sollen mit den Energieträgern **Biomasse und Biogas, Abwärme, Geothermie, Großwärmepumpen, Tiefengeothermie sowie grünen Gasen** betrieben werden.

Bei den **Gasnetzen** ist oft nicht klar, ob und wie sie weitergenutzt werden. Selten sollen sie stillgelegt werden und in 22 Antworten werden die Energieträger **grüner Wasserstoff, Biogas und Biomethan sowie synthetische Gase** für den Betrieb erwähnt.



Für eine effektive Wärmeplanung sind die Ansichten verschiedener Stakeholder relevant. Auf die Frage „Wer sind die wichtigsten **Stakeholder** in dem Plan?“ gibt ChatGPT 4o 14 verschiedene an, die auch in dem Leitfaden der KWW zur Akteursbeteiligung aufgezählt werden [2].

Die Antwort auf die Frage „Wie sind die Interessen der **Stakeholder** vertreten?“ lautet: Bürgerinnen und Bürger werden informativ beteiligt und die anderen Stakeholder aktiv in die Planungen eingebunden.

Diskussion und Zusammenfassung

Die häufig generischen Antworten zeigen, dass eine präzise Fragenstellung wichtig ist, um Unklarheiten zu vermeiden. Zudem muss sichergestellt werden, dass nur die Informationen aus dem KWP-Dokument zur Beantwortung der Fragen verwendet werden. Zur Beurteilung der Antworten ist im Anschluss eine Evaluierung durch Experten notwendig.

Somit ist die teilautomatisierte KI-basierte Analysemethodik für einen ersten Überblick hilfreich, für tieferegehende Analysen jedoch nicht detailliert genug.

[1] Wärmeplanungsgesetz, <https://www.gesetze-im-internet.de/wpg/WPG.pdf>, letzter Zugriff am 24.02.25

[2] KWW, Akteursbeteiligung in der Kommunalen Wärmeplanung, https://api.kww-halle.de/fileadmin/PDFs/20250213_KWW_Leitfaden_Akteursbeteiligung_01.pdf, letzter Zugriff am 24.02.25