

PAEGIE – Partizipative Energietransformation: Innovative Tools für die gesellschaftliche Dimension der Energiewende

Teilvorhaben: 3D-Anwendung zur partizipativen Planung von Mobilitätskonzepten

Förderkennzeichen 03EI5216B

– Schlussbericht –
01/11/2020 bis 30/04/2023

Projektteam:

	Prof. Dr. Michèle Knodt (Projektleitung) Christine Quittkat (Projektkoordinatorin)	Politikwissenschaft (POL)
	Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Linke Jana Stahl Luisa Ritter	Landmanagement (LM)
	Dr. Eva Klien Benjamin Abb Veneta Ivanova	Fraunhofer IGD

Wissenschaftsstadt
Darmstadt

DIGITALSTADT
DARMSTADT

DIGITALES
STADTLABOR
DARMSTADT

Schader Stiftung

Autoren des Schlussberichts von Fraunhofer IGD:

Benjamin Abb

Dr. Eva Klien

Veneta Ivanova

Darmstadt, Dezember 2023

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03EI5216B2 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Autor.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	1
1. Einleitung.....	2
1.1 Aufgabenstellung	3
1.2 Voraussetzungen.....	4
2. Planung und Ablauf des Vorhabens.....	5
2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand	6
2.2 Zusammenarbeit mit anderen Stellen	7
3. Verwendung der Zuwendung	8
3.1 Vorgegebene Ziele und Ergebnisse.....	8
3.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	22
3.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	22
3.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse	23
3.5 Fortschritt von anderen Stellen auf dem Gebiet	27
3.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses.....	28
4. Literatur	28
5. Anlage Erfolgskontrollbericht	29
5.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen	29
5.2 Ergebnisse und Erfahrungen	30
5.3 Verwertungsplan.....	32
5.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben.....	32
5.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer	32
5.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung.....	33

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: PAEGIE Projektaktivitäten	6
Abbildung 2: Infrastruktur der Geovisualisierungs-Plattform.....	10
Abbildung 3: Architektur einer Geovisualisierung-Applikation.....	11
Abbildung 4: High Fidelity Mock-Up eines PAEGIE-Szenarios	11
Abbildung 5: 3D-Visualisierung von Darmstadt und den Grenzen der Stadtteile Heimstättensiedlung und Mollerstadt.....	12
Abbildung 6: Benutzeroberfläche Szenario 1	14
Abbildung 7: Benutzeroberfläche Szenario 2	15
Abbildung 8: Benutzeroberfläche und Geodaten	16
Abbildung 9: Technische Begleitung für Bürgerworkshop Lincolnsiedlung: Einführung in die digitalen Werkzeuge; © Gerd Keim	17
Abbildung 10: Weiterentwickelte Benutzeroberfläche Szenario 1 in der Heimstättensiedlung	18
Abbildung 11: Weiterentwickelte Benutzeroberfläche Szenario 2 Heimstättensiedlung	19
Abbildung 12: Fahrradstation und E-Ladesäule in der Anwendung.....	19
Abbildung 13: Darstellung der wissenschaftlichen und technologischen Verwertung	27
Abbildung 14: Frage: Was würde Sie dazu motivieren, dass Sie sich eher oder mehr beteiligen würden?	31

1. Einleitung

Die Transformation der Energie im Bereich Mobilität auf lokaler Ebene ist ein wichtiger Schritt in Richtung nachhaltiger und umweltfreundlicher Mobilität.

Durch die Integration von Bürgerbeteiligung in diesem Vorhaben wird nicht nur die Akzeptanz für nachhaltige Mobilität erhöht, sondern es entsteht auch ein partizipativer Prozess, der die Bedürfnisse der lokalen Gemeinschaft berücksichtigt.

In Bezug auf den Personenverkehr fokussieren die politischen Maßnahmen bislang auf die Entwicklung technischer Innovationen sowie auf Kaufanreize für Elektroautos (Bundesregierung 2019). Maßnahmen zur partizipativen Problemlösungsfindung, welche die Präferenzen der Bürger_innen in den Mittelpunkt stellen und Voraussetzungen für Verhaltensänderungen schaffen, wie sie in diesem Forschungsprojekt erprobt wurden, wurden bislang kaum adressiert. Gleiches gilt für sektorübergreifende Lösungen. Mit diesen Herausforderungen adressierte das Projekt PAEGIE die Energietransformation im Bereich Mobilität auf lokaler Ebene und erarbeitete als Anwendungsfall partizipative Tools für ein besseres Gelingen der Energietransformation. Die lokale Ebene stellt eine aussichtsreiche Betrachtungs- und Maßnahmenebene dar, da dort die Lebenswelten der Bürger_innen direkt berührt werden. Die Mitwirkung der Bewohner_innen an Partizipationsprozessen wurde durch die direkte Betroffenheit motiviert und verstärkt.

PAEGIE ist ein inter- und transdisziplinäres Verbundprojekt bestehend aus Projektpartner_innen der TU Darmstadt, Prof. Dr. Michèle Knodt (Institut für Politikwissenschaft; Fachbereich 2) und Prof. Dr.-Ing. Hans Joachim Linke (Institut für Geodäsie; Fachbereich 13), dem Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, Dr. Eva Klien. Ziel des Projektes war es, einen gemeinsamen digitalen Planungsprozess zu entwickeln, der eine interaktive Beteiligung der Bürger_innen an einer nachhaltigen Mobilitätsplanung ermöglicht. Das Projekt stellte nicht nur ein weiteres Werkzeug der Beteiligung dar, sondern hat das Potential, integraler Bestandteil von Beteiligungsprozessen in der Zukunft zu werden und einen Mehrwert im Hinblick auf Partizipation zu erzeugen.

1.1 Aufgabenstellung

Im Fokus des Projektes PAEGIE war die Konzipierung und Umsetzung von Bottom-Up-Beteiligungsprozessen mit innovativen Instrumenten zur visuellen Darstellung von verkehrs- und mobilitätspolitischen sowie planerischen Sachverhalten. Ein gemeinsamer interaktiver Planungsprozess wurde erarbeitet, um die Akzeptanz Lösungen im Bereich Verkehr/ Mobilität zu erhöhen und eine nachhaltige Verhaltensänderung zu erreichen. Innovative Visualisierungskomponenten spielen eine zentrale Rolle im Projekt, da die bildhafte Wahrnehmung und die Erzeugung von Verantwortlichkeiten bei den handelnden Akteuren eine entscheidende Bedeutung haben. Dabei wurden übertragbarer Ergebnisse produziert, welche mit interaktiven Visualisierungskomponenten die Mobilitätsplanung und die Beteiligungsprozesse bereichern. Dadurch wurden neue effektive und integrative Modelle der Bürgerbeteiligung ermöglicht.

Die Vorbereitung der Dialoge mit den Bürger_innen umfasste eine Erarbeitung der Grundlagen, wie die notwendige Datenbasis, verkehrspolitische Grundlagen und Gestaltungsspielräume, als auch Methoden der räumlichen Analyse von Verkehrs- und Fußgängerströmen. Es entstand ein iterativer Prozess der Wissensgenerierung und Diskussion mit den Bürger_innen. Das Fraunhofer IGD hat den Beteiligungsprozesses der Mobilitäts- und Quartiersplanung technisch umgesetzt und die entsprechenden visuell wirkende Instrumente gestaltet. Zusätzlich wurde die Nutzung der interaktiven Visualisierungen durch eine Web-Anwendung ermöglicht. Damit konnte die Anwendung plattform-unabhängig von jedem modernen Browser getestet und auf unterschiedlichen Ausgabegeräten verwendet werden.

Im Rahmen von Bürgerworkshops und dem Citizen Decision Theater in Präsenz wurde ein Multitouch-Tisch eingesetzt. Für das Projektteam hat sich dieses Medium als die optimale Präsentations- und Interaktionsfläche für den gemeinsamen Dialog, auch in anderen Bürgerveranstaltungen bewährt. Das Webtool für die partizipative Planung von Mobilitätskonzepten ermöglichte die Erprobung der frühzeitigen Einbindung der Bürger_innen in virtuellen Bürgerworkshops.

Grundlage für die entwickelten Webtools war die durchgeführte repräsentative Befragung von Einwohner_innen in ausgewählten Quartieren in Darmstadt (*mehr Informationen folgen im Schlussbericht der Technischen Universität Darmstadt*).

1.2 Voraussetzungen

Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung (IGD)

Das Fraunhofer IGD verfügt über jahrelange Erfahrung im Umgang mit und in der Anwendung von dreidimensionalen Stadt- und Geoinformationen. Seit über 20 Jahren forscht die Abteilung Geoinformationsmanagement an Lösungen für die Visualisierung von 3D-Stadtmodellen, Verarbeitung von großen Geodaten und entwickelt unter anderem Technologien für eine effiziente und aktive Bürgerbeteiligung.

Frau Dr. Eva Klien leitet die Abteilung Geoinformationsmanagement am Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD in Darmstadt. Schwerpunkte der angewandten Forschung sind neben der Interaktiven Visualisierung für Planung und Kommunikation in 3D, IT-Themen zur effizienten Speicherung und Indexierung von großen Datenmengen, als auch skalierbare IT- Infrastrukturen. Die Anwendungsbereiche liegen dabei vor allem in den Bereichen Smart Cities und Umweltmonitoring. Das Fraunhofer IGD war im Projekt AktVis (finanziert von BMBF) als Technologiepartner beteiligt. Außerdem hat das Fraunhofer IGD die EU-Projekte „urbanAPI“ und „smarticipate“ koordiniert und war Hauptentwicklungspartner. Diese Projekte haben sich mit der Partizipation der Betroffenen in der frühen Phase der Stadtplanung beschäftigt. Neben der interaktiven 3D-Visualisierung wurde auch ein automatisches Feedback System entwickelt.

Weiterhin sind die Mitarbeiter_innen der Abteilung Geoinformationsmanagement aktiv in nationalen und internationalen Forschungs- und Entwicklungsprojekten beteiligt. Zahlreiche Gründungsaktivitäten des Instituts belegen den angewandten Charakter der Forschung und die Bedeutung der direkten Verbindung zum Markt.

Die Voraussetzungen der weiteren Verbundpartner / Koordinators werden im Schlussbericht der Technischen Universität Darmstadt dargestellt.

2. Planung und Ablauf des Vorhabens

PAEGIE setzte auf eine aktive Bottom-Up-Partizipation und adressierte die Themen Mobilität und Energiewende an den Schnittstellen Stadtplanung und IT-Lösungen.

Im Projekt hat das Fraunhofer IGD, gemeinsam mit den Projektpartnern ein Visualisierungstool für die Auswirkungen des persönlichen Verkehrsverhaltens und alternativer Möglichkeiten konzipiert und implementiert. Die IT-Lösung wurde in einem Bottom-Up-Beteiligungsprozess eingebettet, der wie folgt strukturiert wurde:

- Das Ziel war es, die Bürger_innen frühzeitig in ein Stadtplanungsszenario zu involvieren
- Die Zielgruppe wurde zuerst festgelegt – die Bürger_innen der drei Quartiere: Heimstättensiedlung (ca. 7.000 Einwohner_innen), die Lincolnsiedlung (ca. 5.000 Einwohner_innen), Moller-Stadt (ca. 3.500 Einwohner_innen).
- Es folgte eine Umfrage über die für PAEGIE-relevante Thematik in der festgelegten Zielgruppe. Die Ergebnisse flossen in die Entwicklung von Beteiligungsszenarien mit ein.
- Optionen wurden in den nächsten Schritt erarbeitet. Diese wurden in Bürger_innen Workshops mit den Teilnehmenden diskutiert und weiterentwickelt.
- Zwei Workshops wurden durchgeführt:
 - Zur Pilotierung des Beteiligungsprozesses mit dem 3D-Visualisierungstool und zur Erarbeitung von relevanten Problemen hinsichtlich nachhaltiger Mobilitätskonzepten in den Quartieren.
 - Der zweite Workshop erfolgte anhand eines konkreten Szenarios und ein realer Planungsprozess wurde integriert (Integration in die politische Entscheidung).

Die zentralen PAEGIE - Projektaktivitäten können wie folgt dargestellt werden:



Abbildung 1: PAEGIE Projektaktivitäten

2.1 Wissenschaftlicher und technischer Stand

Im Rahmen der Digitalisierung und Online-Partizipation können IT-Lösungen die Planungs- und Beteiligungsprozesse unterstützen. Dies hat sich beispielsweise im abgeschlossenen Forschungsprojekt AktVis (www.aktvis.de, 2017 – 2019, BMBF, Förderkennzeichen 033L188) vom Fachgebiet Landmanagement (TU Darmstadt) und dem Fraunhofer IGD erfolgreich belegen lassen (Diepes et al. 2018). Mit Hilfe von Informationsbereitstellungen (Geodaten, Fachdaten, Simulationsergebnisse) und durch die Visualisierung der Information in 2D- oder 3D-Darstellungen bzw. durch automatisiertes Feedback, basierend auf technischen oder gesetzlichen Regeln, konnten Eigentümer_innen von innerörtlich gelegenen Immobilien davon überzeugt werden, dass Nachverdichtungen bzw. Umbaumaßnahmen für sie technisch und wirtschaftlich tragfähig sind. So gelang es, interaktiv die Darstellung einer möglichen neuen Situation zu erarbeiten und so die Kommunikation zwischen den Beteiligten und den Betroffenen zu verbessern. Durch große interaktive Präsentationsflächen (Multitouch-Tisch) wurden Gruppendiskussionen unterstützt. Die zusätzlich zur Verfügung gestellte Web-Technologie erlaubte darüber hinaus, den Bürger_innen die Informationen und Dialogmöglichkeiten auch zu Hause bereitzustellen.

Aus den hierbei gewonnenen Erkenntnissen, sowohl im Bereich der Bürgerbeteiligung als auch aus dem Einsatz für IT-Lösungen wurde im PAEGIE-Projekt aufgebaut. Allerdings fokussieren sich die im AktVis entwickelten IT-Tools auf die Innenentwicklung.

Der im PAEGIE-Projekt verfolgte Ansatz basiert auf die Entwicklung von passenden Lösungen für den Bereich der Mobilität. Solche waren bis zum Projektstart nicht am Markt verfügbar.

Auf dem Gebiet des Vorhabens sind folgende Fortschritte bekannt geworden, die die gewonnenen Erkenntnisse ergänzen:

- Aktuell wird in vielen Städten und Gemeinden mit Visualisierung und 3D-Stadtmodellen gearbeitet (Hamburg, Köln, Dortmund, Frankfurt etc.) und zahlreiche Kommunen bauen 3D-Stadtmodelle auf. Diese bilden einerseits eine Voraussetzung, um unsere Tools einzusetzen, andererseits ergibt sich die Möglichkeit, die Tools in die IT-Infrastruktur anderer Kommunen zu integrieren.
- Die Bundesländer bzw. Kommunen erweitern ständig den Umfang und die Qualität der Daten als Basis für eine bessere Visualisierung (z.B. stellen die meisten Länder heute flächendeckend LoD2 Daten von den Gebäuden bereit (ggfls. kostenpflichtig).

Alle während der Laufzeit des Vorhabens den Zuwendungsempfängern bekannt gewordenen Fortschritte wurden in die Bearbeitung des Vorhabens aufgenommen.

2.2 Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Um die Praxisnähe des PAEGIE-Vorhabens sicherzustellen, fand während der Projektlaufzeit aktiver Austausch mit strategischen- und Kooperationspartnern statt. Vertreter von HEAG und dem Mobilitätsamt der Wissenschaftsstadt Darmstadt gaben wertvolle Impulse und Empfehlungen zur Gestaltung der Themen für die Konzipierung der Beteiligungstools. Weiterhin haben diese Kooperationspartner die Workshops begleitet und ihre Expertise in die Diskussionen mit den Bürger_innen einfließen lassen.

Interesse an einer Zusammenarbeit auch nach Projektende wurde von HEAG geäußert. Auch von der Schader Stiftung wurde das Projekt unterstützt. Diese hat den Abschlussworkshop gehostet und die Öffentlichkeitsarbeit vor und nach der Veranstaltung mitbegleitet.

Mehrere Möglichkeiten für den Austausch mit der Wissenschaftsstadt Darmstadt und der Digitalstadt Darmstadt GmbH ergaben sich im Kontext des „Digitalen Stadtlabor“. Frau Ivanova (Fraunhofer IGD) ist Teil des dafür etablierten „Architektenkreises“ der Digitalstadt Darmstadt GmbH. Dieser Beraterkreis entstand im Rahmen der Digitalisierungsstrategie im Jahr 2020 und begleitet seitdem beratend die Gestaltung des „Digitalen Stadtlabors“.

Die PAEGIE-Projektaktivitäten wurden in den organisierten Workshops des Stadtlabors vorgestellt. Die Mitglieder des Beraterkreises sind hier aufgeführt: https://www.digitalstadtdarmstadt.de/wp-content/uploads/StadtlaborDarmstadt_ArchitektInnen_20211222.pdf

Im Rahmen eines Hackathons des Stadtlabors vom 05. bis 06.11.2021 wurden die Bürger_innen eingeladen, Ideen zu neuen Applikationen und Lösungen rund um die Herausforderungen von Wasser und Umwelt in Darmstadt zu entwickeln.

Weiterhin wurde im Rahmen des Projektes „Schlaues Wasser Darmstadt - Smart City Projekte für eine integrierte Stadtentwicklung und Klimaresilienz“ der Digitalstadt Darmstadt GmbH ein Projektvorschlag in 2022 eingereicht, gemeinsam mit der TU Darmstadt und in Kooperation mit dem Amt für Klimaschutz und Klimaanpassung. Die Projektinitiative beinhaltet unter anderem eine Weiterverwertungsmöglichkeit für die PAEGIE-Projektergebnisse.

Ein weiterer Kooperationspartner ist die Geschäftsstelle Smart Region der Hessischen Staatskanzlei/ Bereich der Ministerin für Digitale Strategie und Entwicklung. In enger Zusammenarbeit mit der Geschäftsstelle und dem House of Digital Transformation (HoDT) wurde ein Workshop mit dem Titel „Kommunale Datenplattformen“ am 14. November 2022 organisiert. Teilnehmende des Workshops waren Technologieanbieter aus Hessen und den Kommunen. Die Vorstellung und die Demo der PAEGIE-Projektergebnisse sind auf großes Interesse gestoßen.

Weitere Projektkooperationen, initiiert von der TU Darmstadt werden im Schlussbericht des Projektkoordinators erläutert.

3. Verwendung der Zuwendung

3.1 Vorgegebene Ziele und Ergebnisse

Ziel des Projektes PAEGIE ist die Erarbeitung allgemeiner, übertragbarer Erkenntnisse im Hinblick auf die Einbettung innovativer Visualisierungskomponenten der Mobilitätsplanung in Beteiligungsprozesse, welche neue effektive und integrative Modelle der politischen Beteiligung ermöglichen und somit einen integralen Bestandteil von Beteiligungsprozessen darstellen.

Das Fraunhofer IGD hat die technische und inhaltliche Gestaltung innovativer Visualisierungskomponenten der Mobilitätsplanung konzipiert und implementiert. Die Projektarbeit

und -entwicklung wurde entsprechend der technischen Zielsetzung in den folgenden Arbeitspaketen strukturiert und durchgeführt:

AP 1.3: Konzeption für ein Visualisierungstool und Design der Nutzerschnittstelle	AP 1.3.1: Technische Konzeption des Visualisierungstools entlang der Anforderungen einer partizipativen Mobilitätsplanung	IGD
	AP 1.3.2 Oberflächen- und Interaktionsdesign für die Nutzerschnittstelle	IGD
	AP 1.3.3: Datenbeschaffung für die 3D-Darstellung der urbanen Infrastruktur sowie mobilitätsrelevanter Strukturen	IGD

AP 1.3.1: Technische Konzeption des Visualisierungstools entlang der Anforderungen einer partizipativen Mobilitätsplanung

- Zur Erstellung des Visualisierungstools wurde eine am Fraunhofer IGD entwickelte Geovisualisierungs-Plattform verwendet. Diese ermöglicht die Entwicklung von geobasierten Web-Applikationen. Das im PAEGIE-Projekt verwendete Visualisierungstool wurde als eine Web-Anwendung konzipiert, die über die Plattform generiert wird. Das Fraunhofer IGD war für die Erstellung und Pflege der Applikation zuständig.
- Wie aus Abb. 1 ersichtlich ist, stellt die Geovisualisierung-Plattform eine technische Infrastruktur zur Verfügung, um geobasierte Anwendungen zu erzeugen und zu verwenden. Die Plattform besteht aus einem Backend und einer Frontend-Seite. Auf der Backend-Seite werden sowohl die Daten der registrierten Benutzer_innen auf der Plattform, als auch die Informationen und Daten der über die Plattform generierten geobasierten Applikationen gespeichert. Auf der Frontend-Seite können sich Benutzer_innen registrieren, um eine Anwendung zu erstellen oder bestehende Anwendungen zu verwenden. Nur Benutzer_innen mit Admin-Rechten (in diesem Fall Fraunhofer IGD) dürfen Applikationen erstellen. Diese haben die Möglichkeit, über die Funktion "App Wizard" Applikationen zu erstellen, indem sie die gewünschten Geodaten (z.B. 3D-Gebäudemodelle oder Geländemodelle) und Geodienste (z.B. WMS-Dienste) festlegen, sowie die interaktiven und partizipativen Werkzeuge, die dem Endanwender zur Verfügung gestellt werden sollen.
- Wie in Abb. 2 dargestellt, besteht eine Geovisualisierung-Applikation aus einem Visualisierungstool und einem Moderationstool. Das Visualisierungstool ist ein kartenbasiertes System, das geografische 2D- und 3D-Visualisierungen bereitstellt. Mit diesem Tool ist es möglich, geografische Daten (z.B. geografische Schichten aus WMS-Diensten, Geländemodelle und 3D-Gebäudemodelle) zu visualisieren und mit den bereitgestellten interaktiven Werkzeugen Objekte und Informationen in solche Karten einzufügen. Mit der Funktion "Beteiligungstools" können Endbenutzer_innen Ideen, Vorschläge und Informationen, die von anderen Anwender_innen eingefügt wurden, kommentieren und bewerten. Das Moderationstool ist der Admin-Bereich, in dem Informationen (z. B. Verwalten von Benutzerrollen, Anzeigen von Registrierungsinformationen, Löschen oder Hinzufügen von Benutzer_innen) von registrierten Benutzer_innen sowie die über das Visualisierungstool eingegebenen

Informationen und Vorschläge verwaltet werden können. Nur Benutzer_innen mit Admin-Rechten (in diesem Fall Fraunhofer IGD) haben Zugriff auf das Moderationstool.

- Die technische und konzeptionelle Entwicklung der Plattform wurde vom Fraunhofer IGD durchgeführt.
- Die PAEGIE- Plattform (in der ersten Entwicklungsphase) wurde erstellt, als eine funktionsfähige Version, die aber nur zu Test- und Proof of Concept-Zwecken verwendet werden kann.
- Die Typescript-Bibliothek, die die 2D- und 3D-Visualisierungsmodule (siehe Abb. 3) des Visualisierungstools implementiert, befand sich zum Zeitpunkt in der Entwicklungsphase beim Fraunhofer IGD.

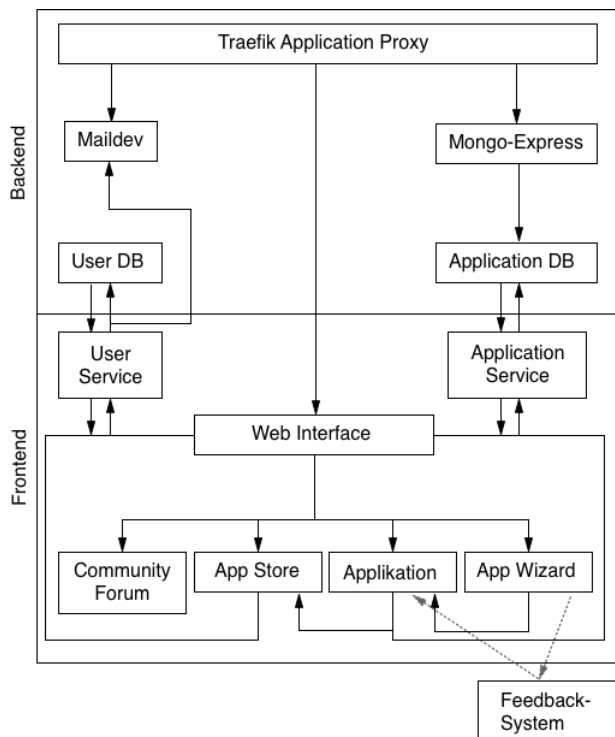


Abbildung 2: Infrastruktur der Geovisualisierungs-Plattform

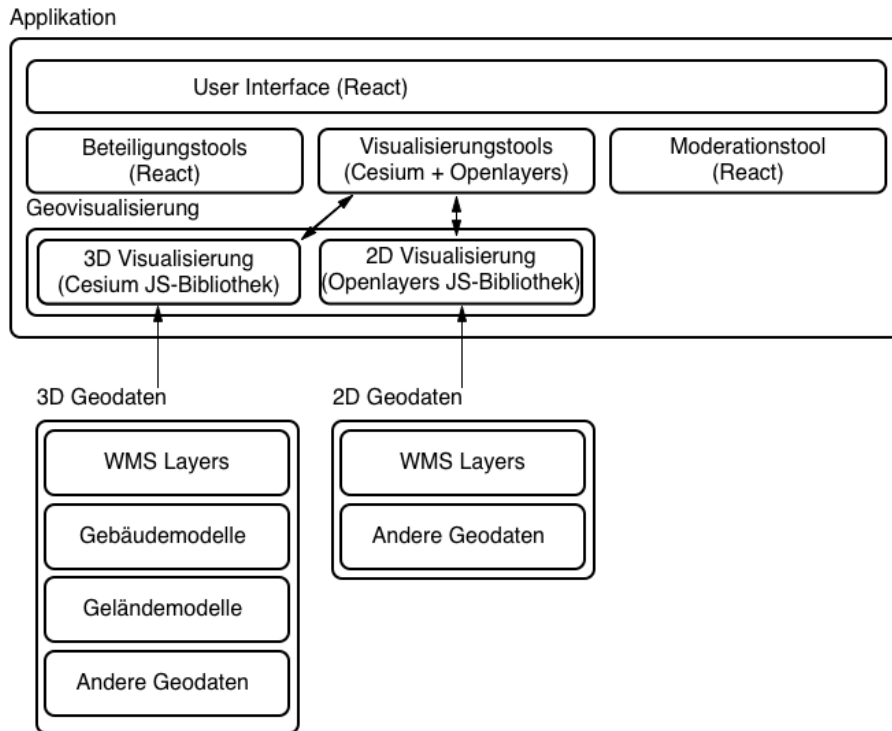


Abbildung 3: Architektur einer Geovisualisierung-Applikation

AP 1.3.2 Oberflächen- und Interaktionsdesign für die Nutzerschnittstelle

Um das Layout der Benutzeroberfläche zu konzipieren, wurde ein High Fidelity Mock-Up erstellt, das alle Funktionen und Informationen enthält, die der Benutzer benötigt, um die Anwendung zu nutzen (siehe Abb. 4). Bei der Konzeption des Mock-Ups wurde u.a. das bereits im Projektantrag (Seite 25) beschriebene Nutzungsszenario "Analyse des eigenen Mobilitätsverhaltens und Berechnung des CO2-Einsparpotenzials für verschiedene Mobilitätsmodi" berücksichtigt.



Abbildung 4: High Fidelity Mock-Up eines PAEGIE-Szenarios

AP 1.3.3 Erfassung von Daten für die 3D-Darstellung von städtischer Infrastruktur und mobilitätsrelevanten Strukturen

Im AP 1.3.3 wurden die Stadt- und Geländemodelle vom Vermessungsamt Darmstadt bezogen. Das Vermessungsamt Darmstadt stellt dem Projekt die aktuell verfügbaren Geodatenätze zur Verfügung. Die verfügbaren Modelle wurden im Jahr 2015 erstellt. Darüber hinaus wurden Daten über die städtische Infrastruktur und mobilitätsbezogene Einrichtungen von TUD-LM recherchiert. Im Einzelnen wurden die folgenden Geodaten geliefert:

- Geodaten mit den Umrissen der Stadtteile Mollerstadt, Lincolnsiedlung, Heimstättensiedlung.
- Geodaten aller Parkplätze, Parkhäuser sowie Behindertenparkplätze in der Darmstädter Innenstadt.
- Geodaten der ÖPNV-Stationen in der Stadt Darmstadt.
- Öffentliche E-Ladestationen in der Stadt Darmstadt.
- Öffentliche Carsharing und Bikesharing Stationen in der Darmstädter Innenstadt.

Weitere Geodatenätze wurden je nach Verfügbarkeit in den späteren Projektphasen für die Verwendung in den PAEGIE-Szenarios in Betracht gezogen. Dafür wurde bereits mit weiteren Stakeholdern der Stadt Darmstadt Kontakt aufgenommen und Projekttreffen organisiert.

AP 2.4: Vorbereitung Visualisierungstool	Aufbereitung und Optimierung von 3D-Daten für die Webvisualisierung	IGD
---	---	-----

AP 2.4: Vorbereitung Visualisierungstool: Aufbereitung und Optimierung von 3D-Daten für die Webvisualisierung

Die in AP 1.3.3 genannten und aufgelisteten Geodaten wurden konvertiert und auf einen Server hochgeladen, um mit dem Visualisierungstool dargestellt zu werden. Diese Daten sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 unten zu sehen. In Abbildung 4 ist eine 3D-Visualisierung von Darmstadt aus der Vogelperspektive zu sehen, in der die Umrisse der Stadtteile Heimstättensiedlung (teils) und Mollerstadt zu erkennen sind. Die Kamera befindet sich über der Heimstättensiedlung und ist auf das Stadtzentrum orientiert, wo die Grenzen (in rot) des Stadtteils Mollerstadt zu sehen sind. In Abbildung 5 ist eine 3D-Visualisierung von Darmstadt und seinen ÖPNV-Haltestellen zu sehen, die als gelbe Punkte dargestellt sind. Ein Prototyp des Visualisierungstools wurde entwickelt, um die optimierten und aufbereiteten Geodaten zu testen. Die Entwicklung der finalen Version des Visualisierungstools wird in AP 3.3 erfolgen.



Abbildung 5: 3D-Visualisierung von Darmstadt und den Grenzen der Stadtteile Heimstättensiedlung und Mollerstadt.

AP 3.3: Entwicklung 3D-Visualisierungstool für die urbane Infrastruktur	AP 3.3.1: Umsetzung Nutzerschnittstelle 3D-Webtool (basierend auf dem Open-Source Tool Cesium) zur freien Navigation in der 3D-Szenerie	IGD
	AP 3.3.2: Integration weiterer mobilitätsrelevanter Informationslayer über standardisierte Schnittstellen (z.B. OGC Web Map Service) wie Car-Sharing Stationen und Ladestationen für Elektroautos	IGD

Mit der Visualisierungskomponente der Mobilitätsplanung für die Beispielquartiere wurde die Grundlage für einen fundierten Dialog mit den Bürger_innen gesetzt. Die Web-Applikation wurde basierend auf den Szenarien entwickelt und für die Präsentation auf einen Multitouch-Tisch optimiert.

AP 3.1: Entwicklung 3D-Visualisierungstool für die urbane Infrastruktur

In AP 3.1 wurden die in AP 1.3 definierten technischen Anforderungen für die Entwicklung eines Visualisierungstools umgesetzt. Diese umfassen die Visualisierung von geographischen Daten in einer 2D- und 3D-Umgebung sowie die Entwicklung von Partizipationswerkzeugen, die den Nutzer_innen die Interaktion in diesen Umgebungen ermöglichen. Darüber hinaus wurden die für die beiden entwickelten Anwendungsszenarien relevanten Informationsebenen integriert. Diese Informationsschichten wurden von der TU Darmstadt zur Verfügung gestellt und für die Verwendung im Visualisierungstool integriert und optimiert.

AP 3.3.1: Umsetzung Nutzerschnittstelle 3D-Webtool (basierend auf dem Open-Source Tool Cesium) zur freien Navigation in der 3D-Szene

In AP 3.3.1 wurden die technischen Anforderungen für die Entwicklung eines Visualisierungstool (definiert in AP 1.3.1) auf Basis der zwei Anwendungsszenarien „Visualisierung der bestehenden Ladestationen und Erstellung von Vorschlägen/Ideen für mögliche neue E-Ladestationen in den Stadtteilen Mollerstadt, Heimstättensiedlung und Lincolnsiedlung“ und „Analyse des eigenen Mobilitätsverhaltens und Berechnung des CO₂-Einsparpotenzials für verschiedene Mobilitätsmodi“ entwickelt.

- **Szenario 1 – Visualisierung der bestehenden Ladestationen und Erstellung von Vorschlägen/Ideen für mögliche neue E-Ladestationen in den Stadtteilen Mollerstadt, Heimstättensiedlung und Lincolnsiedlung**

Ziel des Szenarios ist es, den Bürger_innen der Stadt Darmstadt die Möglichkeit zu geben, mögliche Standorte für neue E-Ladestationen zu identifizieren. Darüber stärkt der Einsatz dieser Anwendung den Dialog zwischen der Stadt und ihren Bürger_innen zum Thema Elektromobilität. Zu diesem Zweck wurden die folgenden Funktionen entwickelt:

- 3D-Visualisierung von Stadtmodellen und Ortophotos der Stadt Darmstadt.
- Visualisierung der Bezirksgrenzen von Mollerstadt, Heimstättensiedlung und Lincolnsiedlung.
- Visualisierung bestehender E-Ladestationen in Darmstadt.
- Es wurde eine Funktion entwickelt, die die Platzierung neuer E-Ladestationen in der 3D-Umgebung ermöglicht.
- Es wurde ein Modul zur Visualisierung von 3D-Modellen im .glb Format entwickelt. Die 3D-Modelle für die Darstellung der E-Ladestationen wurden in diesem Format erstellt.

- Es wurden Partizipationstools implementiert, die es Benutzer_innen ermöglichen, die aufgenommenen Ideen und Vorschläge zu beschreiben, zu kommentieren und zu bewerten.
- Implementierung einer 2D-Karte, die mit der 3D-Umgebung synchronisiert ist. Diese Anforderung unterstützt neben der Synchronisierung der in den 3D-Kontext eingefügten Informationsebenen auch die Orientierung des Nutzers bei der Verwendung der Anwendung.



Abbildung 6: Benutzeroberfläche Szenario 1

- **Szenario 2 - Analyse des eigenen Mobilitätsverhaltens und Berechnung des CO₂-Einsparpotenzials für verschiedene Mobilitätsmodi**

Um die Bürger_innen für eine nachhaltige Mobilität zu sensibilisieren, wurde ihnen mit diesem Szenario ein Analysetool zur Verfügung gestellt, mit dem sie sich über ihr Mobilitätsverhalten bewusstwerden können. Mit diesem Tool können die Nutzer_innen ihre üblichen täglichen Routen planen und dabei aus verschiedenen Mobilitätsarten wählen. Das System berechnet dann die Umweltbelastung dieser Route durch Berechnung der CO₂-Emissionen, sowie die Dauer der Reise in Minuten und Kilometern. Für die Umsetzung dieser Anwendung wurden die folgenden technischen Anforderungen entwickelt:

- 3D-Visualisierung von Stadtmodellen und Orthophotos der Stadt Darmstadt.
- Visualisierung der Bezirksgrenzen von Mollerstadt, Heimstättensiedlung und Lincolnsiedlung.
- Visualisierung von Bus- und Straßenbahnhaltestellen, sowie die Visualisierung von E-Bike und Carsharing Stationen.
- Visualisierung von Parkplätzen, Parkhäusern und Behindertenparkplätzen in der Darmstädter Innenstadt.
- Entwicklung einer Funktion, die es den Benutzer_innen ermöglicht, seine täglichen Routen zu zeichnen und dabei zwischen verschiedenen Mobilitätsarten zu wählen, wie z. B: Pkw, Bus, Straßenbahn, Fahrrad, zu Fuß. Die Entwicklung anderer Mobilitätsarten wird gemeinsam mit den Projektpartnern LM und POL festgelegt.
- Entwicklung eines Analysetools zur Messung der Umweltbelastung durch Berechnung der CO₂-Emissionen und der Kilometer einer erstellten Route. Eine mögliche Erweiterung des Moduls ist in AP 4.3.4 und AP 4.3.5 vorgesehen. In Absprache mit LM soll eine Funktion implementiert werden, in der die Dauer der Route in Minuten angezeigt wird.

- Die Berechnung, auf der dieses Tool basiert, wurde von LM entworfen.
- Die Längen der von Benutzer_innen gezeichneten Routen werden gemessen und pro Mobilitätsart zusammengefasst. Anhand der Umrechnungsfaktoren werden dadurch die entsprechenden CO2-Emissionen den Nutzer*innen in Echtzeit zur Verfügung gestellt.
- Implementierung einer 2D-Karte, die mit der 3D-Umgebung synchronisiert ist. Diese Anforderung unterstützt neben der Synchronisierung der in den 3D-Kontext eingefügten Informationsebenen auch die Orientierung des Nutzers bei der Verwendung der Anwendung.



Abbildung 7: Benutzeroberfläche Szenario 2

Die in Abb. 6 und Abb. 7 gezeigten Benutzeroberflächen sind auf funktionaler Ebene implementiert, können jedoch unter dem Gesichtspunkt der Benutzerfreundlichkeit angepasst werden, da sie sowohl auf Desktop- als auch auf Multitouch-Tables verwendet werden. Die „responsive“ Entwicklung der Benutzerschnittstelle wird in AP 4.3.4 und AP 4.3.5 fertiggestellt, und konnten später auf einem Multitouch-Table getestet zu werden.

- **Entwicklung der Funktionalität und Optimierung der Benutzerfreundlichkeit und der Benutzererfahrung auf der Grundlage der Befragungsergebnisse**

Um die Funktionen und die Nutzbarkeit des Visualisierungstools zu optimieren, wurden die von der TU Darmstadt in AP 3.1.2 und 3.1.3 erarbeiteten Ergebnisse, für die in AP 2.1 konzipierte Umfrage "Partizipative Energietransformation" verwendet. Zur Optimierung des Visualisierungstools wurden die Ergebnisse der Bürgerbefragung berücksichtigt (für mehr Details, s. Zwischenbericht 2).

AP 3.3.2 Integration weiterer mobilitätsrelevanter Informationslayer über standardisierte Schnittstellen (z.B. OGC Web Map Service) wie Car-Sharing Stationen und Ladestationen für Elektroautos.

In AP 3.3.2 wurden Informationsebenen im GeoJson-Format (definiert in AP 1.3.3) sowie Geodaten (Orthophotos) im TMS-Format in das Visualisierungstool integriert. Um die Visualisierung der Orthophotos zu optimieren, wurde ein TMS-Service implementiert, der diese Daten zur Verfügung stellt. Zu diesem Zweck wurde auch ein Modul entwickelt, das die Visualisierung von TMS-Daten im hier entwickelten 3D-Webtool ermöglicht (siehe Abb. 8). Die folgenden GeoJson Daten wurden integriert:

- Geodaten mit den Umrissen der Stadtteile Mollerstadt, Lincolnsiedlung, Heimstättensiedlung. Die Daten werden sowohl in Szenario 1 als auch in Szenario 2 verwendet.
- Geodaten aller Parkplätze, Parkhäuser sowie Behindertenparkplätze in der Darmstädter Innenstadt. Die Daten werden in Szenario 2 verwendet.
- Geodaten der ÖPNV-Stationen in der Stadt Darmstadt. Die Daten sind in Szenario 2 zu verwenden.
- Öffentliche E-Ladestationen in der Stadt Darmstadt. Die Daten sind in Szenario 1 zu verwenden.
- Öffentliche Carsharing- und Bike-Sharing-Station in der Darmstädter Innenstadt. Die Daten sind in Szenario 2 zu verwenden.

Die oben aufgelisteten GeoJson Daten wurden zum Zeitpunkt als geometrische Punkte angezeigt. Um die Benutzerfreundlichkeit zu verbessern, wurde die Entwicklung von Piktogrammen und Symbolen zur Darstellung dieser Daten geplant. Die technische Entwicklung dieser grafischen Elemente ist eng mit der responsiven Entwicklung der Benutzerschnittstelle verbunden, die in AP 4.3.4 und AP 4.3.5 stattfinden wird. Zusätzlich zu den oben aufgeführten Funktionalitäten und Geodaten wurde in AP 3.3.2 ein Modul entwickelt, welches das Lesen und Anzeigen von 3D-Modellen im .glb-Format erlaubt. Diese Funktion wird in Szenario 1 verwendet, in dem E-Ladestationen mit 3D-Modellen in diesem Format dargestellt werden.

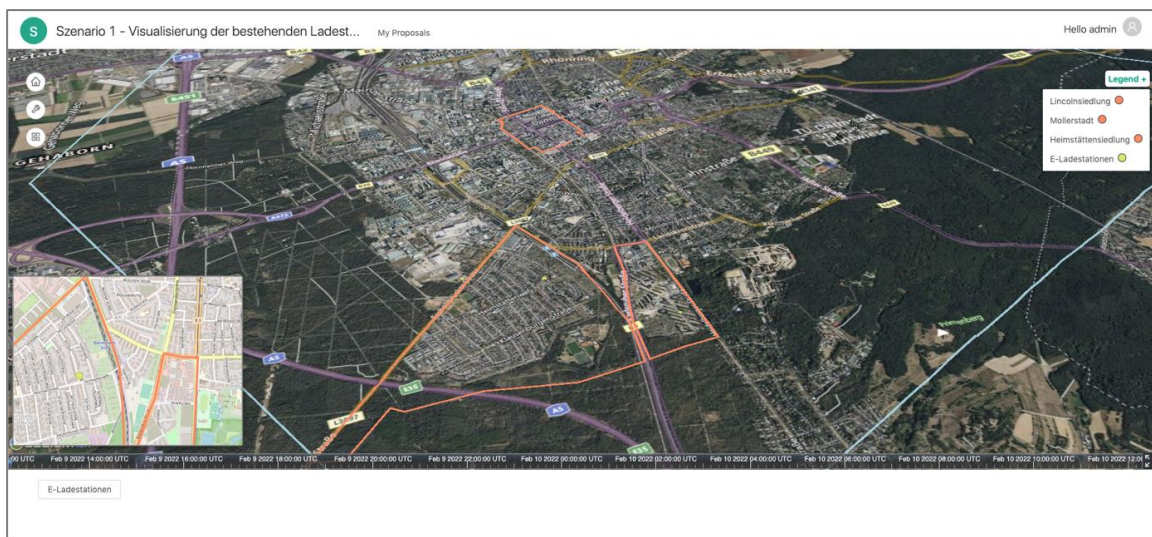


Abbildung 8: Benutzeroberfläche und Geodaten

AP 4.2: Durchführung der Bürgerworkshops/Pilotierung in den Stadtquartieren Heimstättensiedlung, Moller-Stadt, Lincoln-Siedlung	AP 4.2.4: Technische Begleitung der Pilotierung der Beteiligungsveranstaltungen	IGD
--	--	-----

AP 4.2: Durchführung der Bürgerworkshops/Pilotierung

In AP 4.2 wurden die geplanten Bürgerworkshops für die Stadtquartiere Heimstättensiedlung, Mollerstadt und Lincolnsiedlung durchgeführt. Diese fanden in Räumlichkeiten der TU-Darmstadt sowie im hessischen Staatsarchiv in der Stadtmitte statt.

AP 4.2.4: Technische Begleitung der Pilotierung der Beteiligungsveranstaltungen

Das 3D Visualisierungstool wurde bei den zwei Anwendungsszenarien „Visualisierung der bestehenden Ladestationen und Erstellung von Vorschlägen/Ideen für mögliche neue E-Ladestationen

in den Stadtteilen Mollerstadt, Heimstättensiedlung und Lincolnsiedlung“ und „Analyse des eigenen Mobilitätsverhaltens und Berechnung des CO2- Einsparpotenzials für verschiedene Mobilitätsmodi“ verwendet. Nachdem die Bürger_innen die Szenarien Analog mit Stift und Papier durchgeführt haben, wurden sie in die Bedienung eines Multitouch-Tisches eingeführt, auf dem die 3D Anwendung lief. Daraufhin hatte jeder die Möglichkeit unter technischer Begleitung das Werkzeug selbst zu benutzen, um die jeweiligen Szenarien durchzuspielen.



Abbildung 9: Technische Begleitung für Bürgerworkshop Lincolnsiedlung: Einführung in die digitalen Werkzeuge; © Gerd Keim

AP 4.3: Aufbereitung der Ergebnisse der Pilotierung in den Stadtquartieren Heimstättensiedlung, Mollerstadt, Lincolnsiedlung	AP 4.3.4: Weiterentwicklung des Visualisierungstools zur partizipativen Planung von Mobilitätskonzepten, Rückkopplung Digitalstadt Darmstadt	IGD
	AP 4.3.5: Weiterentwicklung des Visualisierungstools zur Analyse des individuellen Mobilitätsverhaltens, Rückkopplung Digitalstadt Darmstadt	IGD

AP 4.3.4: Weiterentwicklung des Visualisierungstools zur partizipativen Planung von Mobilitätskonzepten, Rückkopplung Digitalstadt Darmstadt

- Verbesserungen und Erweiterungen für Szenario 1.2D Icons/Sprites erweitern 3D Modelle der Ladesäulen, um Überblick auch in der Ferne zu bewahren
- Integration von bestehenden und schon fest geplanten Ladesäulen
- Rotation und Skalierung von 3D Modellen auch über Touch-Interaktionen steuerbar



Abbildung 10: Weiterentwickelte Benutzeroberfläche Szenario 1 in der Heimstättensiedlung

Die beiden Anwendungsszenarien trugen maßgeblich zur Weiterentwicklung der Visualisierungs- und Interaktionswerkzeuge bei. Sowohl zur Vorbereitung der Workshops, als auch durch das ausführliche Feedback während und nach den Workshops konnten gut genutzt werden, um die Anwendung zu verbessern und erweitern.

Verbesserungen und Erweiterungen des Werkzeuges unabhängig vom Szenario:

- Kompaktere UI:
 - Interaktionswerkzeugsleiste statt unter der Karte nun in Karte integriert
 - Entfernen von zweiter Titel Leiste
- Mehr visuelles Feedback
 - Anzeige des aktuellen Interaktionsschrittes in blau hervorgehobener Box
 - Ausgrauen von Buttons bei nicht abgeschlossener Interaktion
- Verbesserung des Viewers:
 - Synchronisation zwischen 2D und 3D Karte überarbeitet
 - Performance des 3D Stadtmodells erhöht durch Optimierung der Beschleunigungsstruktur

AP 4.3.5: Weiterentwicklung des Visualisierungstools zur Analyse des individuellen Mobilitätsverhaltens, Rückkopplung Digitalstadt Darmstadt

Verbesserungen und Erweiterungen für Szenario 2, siehe Abb. 12:

- Visuell angeglichen an analoge Karten
 - Magenta Umrandung
 - Magenta Labels der POIs
- Verbesserung des Layouts der Mobilitätsanalyse
 - Einfache Listenansicht
 - Summe aller Mobilitätsarten
 - Möglichkeit zum Einklappen der Tabelle (kompaktere Sicht der Daten)
- Berechnung der Dauer auf Basis der Durchschnittsgeschwindigkeit jedes Mobilitätstyps
- Integration weiter Mobilitätsdatenpunkte wie Haltestellen, Carsharing Stationen usw.

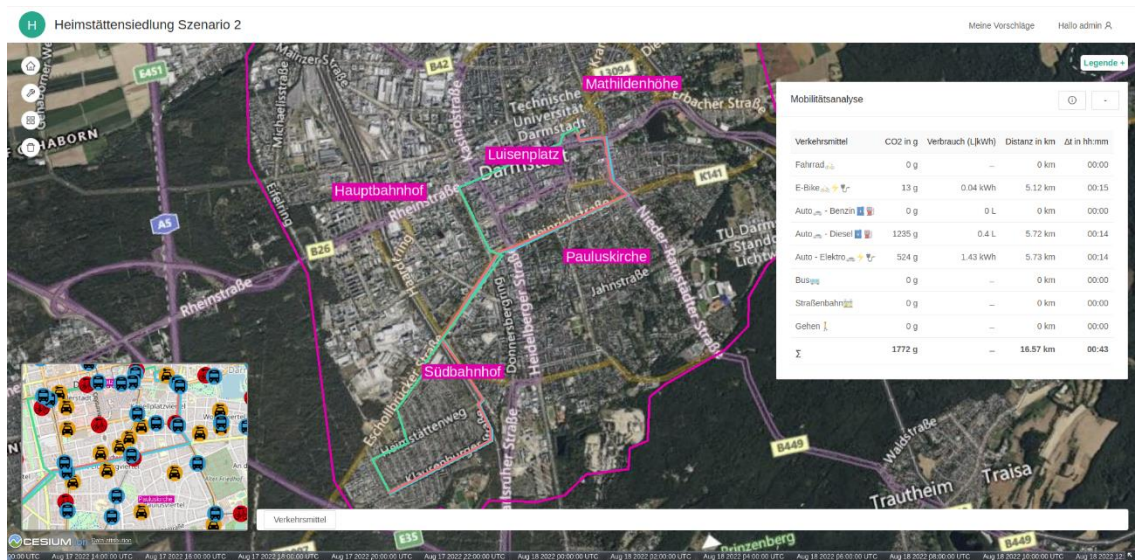


Abbildung 11: Weiterentwickelte Benutzeroberfläche Szenario 2 Heimstättensiedlung

Basierend auf den Ergebnissen der ersten Pilotphase und den Rückmeldungen aus den ersten drei Bürgerworkshops, wurden die beiden Visualisierungstools in Abstimmung mit dem Mobilitätsamt der Stadt Darmstadt und dem Darmstädter Verkehrsunternehmen HEAG Mobilo GmbH weiterentwickelt und angepasst.

Aufgrund der Erfahrungen aus den ersten Bürgerworkshops wurden im Zuge der Überarbeitung wesentliche Verbesserungen in Richtung Performance erzielt. Im Wesentlichen wurden dabei die Beschleunigungsstrukturen für das Rendering der 3D-Daten verbessert, womit eine erhebliche Verbesserung der Nutzererfahrung bei der Navigation und Interaktion mit den Visualisierungstools erreicht werden konnte.

Für die partizipative Planung in AP 4.3.4 wurden neue Interaktionsmöglichkeiten umgesetzt. Unter anderem haben die Nutzer_innen nun die Möglichkeit nicht nur Standorte für E-Ladesäulen interaktiv zu planen, sondern darüber hinaus auch Stationen für die Ausleihe von Fahrzeugen, die zu den sogenannten „Mikromobilen“ zählen. Für die Umsetzung der Standortplanung wurden auch neue Icons als 3D-Modelle entwickelt (u.a. für Fahrradstation, siehe Abb.13), um deren Sichtbarkeit in dem digitalen Stadtmodell sicherzustellen. Ebenfalls wurden die bestehenden Modelle für E-Ladesäulen überarbeitet und optisch verbessert (ebenfalls Abb. 13).



Abbildung 12: Fahrradstation und E-Ladesäule in der Anwendung

Die für AP 4.3.5 entwickelte Benutzeroberfläche für die Analyse des individuellen Mobilitätsverhaltens wurde ebenfalls weiterentwickelt und optimiert. Dabei stand vor allem die Nutzerführung für die Spezifizierung verschiedener individueller Routen im digitalen Stadtmodell im Fokus, mit dem Ziel die Routeneingabe und den Wechsel zwischen den verschiedenen Mobilitätsarten zu vereinfachen.

Mit den Arbeiten in AP 4.3.4 und AP 4.3.5 wurden die interaktiven Funktionalitäten in den Visualisierungstools insgesamt wesentlich verbessert.

AP 5.1: Vorbereitung Citizen Decision Theatres	AP 5.1.3: Vorbereitung der technischen Begleitung und Evaluation der Visualisierungsanwendung	IGD
AP 5.2: Durchführung Citizen Decision Theatres in den Stadtquartieren Heimstättensiedlung, Mollerstadt, Lincolnsiedlung	AP 5.2.3: Technische Begleitung und Evaluation der Visualisierungsanwendung	IGD
	AP 5.2.4: Evaluation der Visualisierung hinsichtlich Datengrundlage, Wartung und Weiterentwicklung der Anwendung mit dem Ziel der Anwendbarkeit in anderen Kommunen	IGD

Das Fraunhofer IGD war während des Berichtszeitraums zudem an der Vorbereitung der Citizen Decision Theatres (AP 5.1) und bei der Durchführung der Citizen Decision Theatres in den Stadtquartieren Heimstättensiedlung, Mollerstadt, Lincolnsiedlung (AP 5.2) aktiv beteiligt. Der Fokus der Veranstaltung lag auf Mikromobilität.

AP 5.1.3: Vorbereitung der technischen Begleitung und Evaluation der Visualisierungsanwendung

Die Durchführung der Citizen Decision Theatres wurde als digitales Online-Format geplant. Für dieses Format wurde die bis dahin für den Multitouch-Tisch konzipierten Beteiligungsanwendungen für den Multi-User-Zugriff als Webanwendung im Internetbrowser umgestellt. Dafür wurde u.a. eine Online-Registrierung umgesetzt sowie gemeinsam mit den Kollegen der TUD die Evaluierung der Funktionalitäten für das kollaborative Arbeiten in einer Webanwendung vorbereitet.

AP 5.2.3: Technische Begleitung und Evaluation der Visualisierungsanwendung

Am 22.11.2022 fand der Online-Bürgerworkshop zum Thema „Mikromobilität- wie wird der Hype alltagstauglich?“ mit Teilnehmenden der Stadtquartiere Heimstättensiedlung, Mollerstadt, Lincolnsiedlung statt. Das Fraunhofer IGD führte die Teilnehmenden in die Webversion der Beteiligungsanwendung ein und begleitete sie während der Veranstaltung bei der Nutzung. Zudem wurden die Rückmeldungen und Evaluierungen zu den digitalen Werkzeugen dokumentiert. Die Bedienbarkeit und die Funktionalitäten wurden von den Teilnehmenden durchgehend als sehr gut bewertet.

Eine anschließende Evaluation der Visualisierung hinsichtlich Datengrundlage, Wartung und Weiterentwicklung der Anwendung mit dem Ziel der Anwendbarkeit in anderen Kommunen wie sie in AP 5.2.4 vorgesehen war, wurde vom Fraunhofer IGD zusätzlich in der Abschlussphase des Projekts durchgeführt.

AP 5.2.4: Evaluation der Visualisierung hinsichtlich Datengrundlage, Wartung und Weiterentwicklung der Anwendung mit dem Ziel der Anwendbarkeit in anderen Kommunen (smarticipate)

Eine Evaluierung der Technologieverwertung in Bezug auf verfügbare Datengrundlage, Wartung und Weiterentwicklung wurde initiiert. Dafür wurde Recherche über die Art der Daten, die als Open Data und kostenpflichtig fürs Land Hessen zur Verfügung stehen, durchgeführt sowie den Aufwand für deren Aufbereitung eingeschätzt. Eine Rückmeldung Hinsicht der Qualität der Visualisierung und der Funktionalität und Handhabung wurde noch Anfang des Jahres gestartet. Anbei werden die Ergebnisse zusammengefasst.

- PAEGIE und die Basisplattform wurden auf Veranstaltungen und Workshops vorgestellt, wie z.B. auf dem „Smart Region Summit“ am 27. April in Darmstadt. Dort wurde die Anwendung der Geschäftsführung vom „wortreich - Wissens- und Erlebniswelt für Sprache und Kommunikation“ in Bad Hersfeld vorgestellt. Diese zeigte großes Interesse und es wurde einen Folgetermin vereinbart, um die mögliche Beauftragung einer 3D- Webvisualisierung für Hessen zu diskutieren.
- Die Verfügbaren (Open) Geobasisdaten und Metadaten wurden identifiziert und der Aufwand für die Aufbereitung einer Hessen-Visualisierung wurde eingeschätzt.

AP 5.3: Aufbereitung der Durchführung	AP 5.3.3: Anpassung des Visualisierungstools, Rückkopplung mit der Digitalstadt Darmstadt	IGD
--	--	-----

AP 5.3.3: Anpassung des Visualisierungstools, Rückkopplung mit der Digitalstadt Darmstadt

Die Empfehlungen aus der Veranstaltung wurden für die finalen Anpassungen mitberücksichtigt und, wie bereits in der ersten Iteration aus AP4, mit dem Mobilitätsamt der Stadt Darmstadt sowie der HEAG Mobilo abgestimmt. Die noch vorzunehmenden technischen Anpassungen wurden im Berichtszeitraum wurden implementiert und abgeschlossen.

AP 5.3.3: Anpassung des Visualisierungstools, Rückkopplung mit der Digitalstadt Darmstadt (IGD)

Die Empfehlungen aus den Bürger-Veranstaltungen wurden für die finalen Anpassungen mitberücksichtigt. Außerdem wurden sie mit dem Mobilitätsamt der Stadt Darmstadt sowie der HEAG Mobilo abgestimmt. Die sich daraus ergebende technischen Anpassungen, die im aktuellen Berichtszeitraum plangemäß abgeschlossen wurden, sind die folgenden neuen Funktionalitäten:

- Archivierung der Apps nach Kampagne-Ende - Die entwickelte Software ermöglicht es nun App-Ersteller_innen, Apps nach Ende einer Kampagne zu archivieren. Dadurch können sie weiterhin auf die App zugreifen und sie verwenden, auch wenn die ursprüngliche Kampagne abgeschlossen ist.
- Code Dokumentation - Im Rahmen des Projektabschlusses wurde die Dokumentation des Codes und der entwickelten Systeme angepasst.
- Implementierung von Bewertungen für Nutzervorschläge - Die Anwendung ermöglicht Nutzer_innen, Vorschläge einzureichen. Diese Vorschläge können jetzt von anderen Nutzer_innen bewertet werden, um ihre Relevanz und Wichtigkeit zu bestimmen.
- Anzeige des Datums von Kommentaren - Die Software zeigt das Datum an, an dem ein Kommentar zu einem Vorschlag hinzugefügt wurde. Dadurch können Nutzer_innen besser nachvollziehen, wie aktuell die Informationen sind.
- Bearbeiten von Kommentaren – Nutzer_innen können ihre eigenen Kommentare zu Vorschlägen bearbeiten. Dadurch können sie Fehler korrigieren oder zusätzliche Informationen hinzufügen, um anderen Nutzer_innen zu helfen.

AP 6.3: Dokumentation und Bereitstellung der Demoanwendung für den öffentlichen Zugriff	IGD
--	-----

AP 6.3: Dokumentation und Bereitstellung der Demoanwendung für den öffentlichen Zugriff

- Vorbereitung der Präsentation des Forschungsprojekts „PAEGIE – Partizipative Energietransformation“ für die Abschlussveranstaltung bei der Schader Stiftung.
- Die Projektergebnisse wurden unter dem Titel „Scooters, Wheels & Boards: Digitale Bürgerpartizipation zur Förderung der Mikromobilität“ am 14.03.2023 vorgestellt. Im ersten

Teil der Veranstaltung hat Fraunhofer IGD einen Vortrag zu den Funktionalitäten der Anwendung und zum Thema Bürgerbeteiligung gehalten.

- Teilnahme an der Podiumsdiskussion „Digitale Partizipation - Hype oder praxistauglich?“ mit den Podiumsteilnehmer_innen Dr. Eva Klien (Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung, IGD), Marie Kluge (Open District Hub e.V.), Jana Stahl (Technische Universität Darmstadt), Vincenzo Trevisan (Wissenschaftsstadt Darmstadt) (s. Programm-Flyer im Anhang). Fr. Dr. Eva Klien hat sich an der Podiumsdiskussion aktiv beteiligt und zu den Perspektiven der digitalen Bürgerbeteiligung mitdiskutiert.

Die vom IGD entwickelte 3D-Anwendung wurde als Demoversion (TRL 6: Prototyp in Einsatzumgebung) online gestellt (Open Access). Die Anwendung steht damit auch nach Projektende sowohl der Stadt Darmstadt als auch den Bürger_innen weiterhin als kreative Plattform für die partizipativen Mobilitätsplanung zur Verfügung. Während der Abschlussveranstaltung „Scooters, Wheels & Boards: Digitale Bürgerpartizipation zur Förderung der Mikromobilität“ war die Anwendung zum Ausprobieren auf einem Multitouch-Tisch verfügbar. Auch die Online-Teilnehmenden zuhause hatten Zugang zur Anwendung. Dafür wurden Nutzer-Logins bereitgestellt. Die Demoanwendung ist weiterhin online abrufbar. Basierend auf der Plattform smarticipate wurde die prototypische Umsetzung hinsichtlich der Verwertbarkeit evaluiert. Konkrete Planung für die Entwicklung zur Produktreife wurde erarbeitet. Darauf basierend wurde u.a. eine Anwendung für den Smart Region Hub Bad Hersfeld umgesetzt (s. Teil3.4).

3.2 Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Der zahlenmäßige Nachweis wurde am 26.07.2023 von der Fraunhofer Zentrale an den Projektträger Jülich versandt.

3.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Im Projekt PAEGIE wurden neue Visualisierungs- und Kommunikationsformen für Energiewendemaßnahmen unter enger Partizipation aller gesellschaftlichen Akteure erforscht und erprobt.

Forschungsarbeiten und Erkenntnisse zu Akzeptanz, Partizipation und Digitalisierung der Energiewende zeigen, dass Akzeptanz nicht wie üblich als bloße Reaktion auf techno-ökonomische oder regulative Innovationen interpretiert werden kann, sondern als ein gesellschaftlicher Prozess der Problemlösungsfindung im Hinblick auf die Umsetzung der Ener-

giewende begriffen werden muss (Fraune/Knodd/Gölz/Langer 2019). Besonders die Akzeptanz von Digitalisierung im Endkundenbereich ist nicht allein von technischen Eigenschaften abhängig, sondern vor allem von wahrgenommenen Eigenschaften einer Technologie. Diese wahrgenommenen Eigenschaften bilden sich durch eine individuelle Abwägung der Vor- und Nachteile der Nutzung einer Technologie und können sich je nach Zielgruppen unterscheiden. Als akzeptanzsteigernde Maßnahmen werden die Bereitstellung von technologiespezifischen Informationen sowie eine Kommunikation des Nutzens und der Risiken digitaler Energieanwendungen empfohlen (Richard/Limbacher/Engelhardt 2018).

Hier setzte das Forschungsprojekt PAEGIE an, indem durch partizipative Ansätze, kombiniert mit innovativen Visualisierungskomponenten der Mobilitätsplanung, neue effektive und integrative Modelle der politischen Beteiligung realisiert werden. Der entwickelte Ansatz kann nachfolgend auf andere Städte und Gemeinden übertragen bzw. dort angewendet werden. Ohne eine Förderung wäre das Vorhaben nicht in dem erforderlichen Umfang umsetzbar gewesen. Die Pilotumsetzung lieferte die notwendigen Erfahrungen und die technologischen Grundlagen für eine weitere Umsetzung.

Ein Alleinstellungsmerkmal von PAEGIE ist die Berücksichtigung von unterschiedlichen Milieus und Ausgangspunkten für Mobilitätslösungen, die hier systematisch durch unterschiedliche Quartiere variiert wurden. Die entwickelten IT-Tools ermöglichen, Konsequenzen von verkehrspolitischen Entscheidungen und dem Nutzerverhalten erfahrbar zu machen und neue politischen und planerischen Impulse für eine effiziente und bürgernahe Mobilitätsplanung zu erreichen.

3.4 Verwertbarkeit der Ergebnisse

Die im Projekt PAEGIE gewonnen Erkenntnisse wurden in verschiedenen Netzwerkveranstaltungen vorgestellt. Außerdem sind Forschungsk Kooperationen entstanden und neue Projektanträge wurden eingereicht. Weiterhin laufen Akquisitionsbemühungen, um die Ergebnisse an Kommunen und kommunale Einrichtungen zu verwerten. Die Ausgründungsmöglichkeiten wurden bereits im Vorfeld analysiert und das Fraunhofer IGD fungiert weiterhin als Ansprechpartner für Kundenanfragen (siehe Exponat für Smart Region Hub Bad Hersfeld).

Fraunhofer IGD hat am Netzwerktreffen Forschungsnetzwerk Energie Treffen AG „Akteursstrukturen und Akteursverhalten“ am 9. und 10. November 2022 teilgenommen und hat die Beteiligungsanwendung vorgestellt. Weiterhin wurde einen Vortrag auf „Game Days“ in Darmstadt (13.-14. Juli 2023) gehalten.

Ebenfalls wurden der Stand der Beteiligungsanwendung dem Arbeitskreis 3D-Stadtmodelle (gemeinsamer Arbeitskreis von DGPF und DGfK) im Jahr November 2022 und November 2023 vorgestellt. Auf dem erwähnten Workshop im Jahr 2023 wurde eine Demo der aktuellen Version gezeigt. Der Titel des Vortrages lautete: „Mobilitätskonzepte im virtuellen Raum partizipativ entwickeln und umsetzen“. Außerdem wurde in 2022 eine im Rahmen von PAEGIE betreute Bachelor-Arbeit zum Thema „Voxelisierung von größeren Mengen an georeferenzierten 3D-Modellen“ fertiggestellt. In der Arbeit wurden alternative Datenaufbereitungs- und Visualisierungsmethoden für das Arbeiten mit 3D-Modellen untersucht.

Die technischen Entwicklungen aus dem PAEGIE-Projekt werden in Rahmen von laufenden und künftigen Forschungs- und Entwicklungsprojekten weiter eingesetzt und fortentwickelt.

Im Jahr 2023 wurden neben dem Abschlussworkshop des PAEGIE-Projekts mehrere Präsentationen der PAEGIE-Demo bei verschiedenen Veranstaltungen durchgeführt. Auf der INTERGEO 2022 und INTERGEO 2023 wurde das Tool Interessenten vorgestellt und es konnten neue wertvollen Kontakte geknüpft werden.

Nach der positiven Rückmeldung der Beteiligten aus den drei Stadtquartieren in den Bürgerworkshops, möchten wir die Projektergebnisse, gemeinsam mit der Digitalstadt Darmstadt skalieren, neue Anwendungsfälle entwickeln und auch mit weiteren europäischen Städten teilen. In diesem Kontext wurde eine Beteiligung im Rahmen der Ausschreibung der Partnerschaft Driving Urban Transitions (DUT) vorbereitet und eingereicht (https://dut-partnership.eu/funding-opportunities/dut_call_2023/). Hier wurden im Kontext Nachhaltige Mobilitätsforschung vom BMBF angewandte Forschungs- und Entwicklungsprojekte gefördert, die zur Erforschung, Entwicklung und Erprobung von Methoden, Prozessen und Lösungen beitragen, die auf eine verbesserte Erreichbarkeit und Konnektivität beginnend auf Quartiersebene abzielen und damit den Übergang zu einer nachhaltigen städtischen Mobilität unterstützen.

Zwei weiteren Anträge, die während der Projektlaufzeit entstanden sind, sind in der Tabelle auf S. 27 aufgeführt.

PAEGIE und die Basisplattform smarticipate wurden außerdem auf dem „Smart Region Summit“ am 27. April in Darmstadt vorgestellt. Gespräche mit den Vertretern der Kommunen Wiesbaden, Bad Hersfeld, Fulda fanden statt, sowie mit der Wirtschaftsförderung der Werra-Meisner-Kreis. Die Geschäftsführung vom „wortreich - Wissens- und Erlebniswelt für Sprache und Kommunikation“ in Bad Hersfeld zeigte großes Interesse und es wurde einen Folgetermin vereinbart. Das Fraunhofer IGD wurde beauftragt, ein Exponat zum Thema Smart City für den Smart Region Hub Bad Hersfeld zu erstellen. Ziel des Exponats ist ein spielerischer Zugang zu neuen Partizipationsformen in einer Smart City.

Als Institut für angewandte Forschung, ist das Fraunhofer IGD daran interessiert, seine Forschungsergebnisse zu vermarkten. Für die produktreife Weiterentwicklung der Plattform und eine damit einhergehende Lizenzierung werden verschiedene Ansätze verfolgt. Im kommunalen Umfeld können Kommunen bereits die Erstellung von Apps beauftragen oder bestehende Apps lizenzieren und die Daten selbständig einpflegen. Darüber hinaus verfolgt das Fraunhofer IGD das Ziel, neue Strukturen zu erschaffen, um Lizenzierungsaktivitäten intensiver und gezielter voranzutreiben und den Time-to-Market zu verkürzen.

Die Partizipationsplattform, auf der PAEGIE aufbaut basiert auf dem Low-code Ansatz. Interessierte Kommunen können die Apps lizenzieren und die notwendigen Daten selbständig einpflegen. Weiterhin kann für die Erstellung individueller Apps das Fraunhofer IGD beauftragt werden.

So hat das Stadtlabor im Rahmen der Digitalstadt Darmstadt GmbH im Jahr 2021 die Entwicklung einer Anwendung zu Wasser und Umwelt als kleines Pilotprojekt beauftragt. Zunächst ist die Zielsetzung primär, Informationen den Bürger_innen bereitzustellen, mit dem Ziel, später diese als Grundlage für Ideengenerierung zur Verbesserung des Klimas zu nutzen.

Es folgt eine zusammengefasste Darstellung der wissenschaftlichen und technologischen Verwertung:

Wissenschaftliche Verwertung	IGD	Vortrag (2021), Teilnahme (2022) und Vortrag (2023) auf „Game Days“	05/ 2021 5.07.2022, 13-14.07.2023
	IGD	Titel: "Fast Terrain Triangulation using Image Processing" Veranstaltung: "Visual Computing Lab" an der TU Inhalt: In einem GeoTiff mit Höheninformationen sollte mit Hilfe von Bildalgorithmen möglichst schnell ein Vorschlag zu "vielversprechenden" Vertices für eine Triangulierung des Geländes getroffen werden	Praktikum Wintersemester 2022/23 Oktober 2022 - März 2023
	IGD	Netzwerktreffen Forschungsnetzwerk Energie Treffen AG „Akteursstrukturen und Akteursverhalten“ am	9. und 10. November 2022
	IGD	Arbeitskreis 3D-Stadtmodelle (gemeinsamer Arbeitskreis von DGPF und DGfK); Titel: Mobilitätskonzepte im virtuellen Raum partizipativ entwickeln und umsetzen	11/ 2022 und 11/ 2023
	IGD	Bachelorarbeit: Voxelisierung von größeren Mengen an georeferenzierten 3D-Modellen	9/2022
	IGD	Überprüfung und Übernahme der entwickelten Visualisierungskonzepte für weitere Anwendungen in der partizipativen Planung in Forschungs- und Entwicklungsprojekten	seit 2022
	TU/IGD	Workshop Netzwerktreffen Forschungsnetzwerk Energie Systemanalyse	11/2022
	TU/IGD	Lortz, Marie, Stahl, Jana; Ritter, Luisa; Iovine, Ivan; Abb, Benjamin; Klien, Eva; Linke, Hans-Joachim; Knodt, Michèle (2022): Digitale Beteiligung in der städtischen Mobilitätsplanung. In: fub (02/2022), S.75-86.	02/2022
	TU/IGD	Abschlussveranstaltung in Kooperation mit dem Mobilitätsamt der Wissenschaftsstadt Darmstadt, der Heag Mobilo und der interessierten Öffentlichkeit (Städte, Gemeinden, Landkreise, Planungsbüros, etc.)	04/2023
Technische Verwertung	IGD / smarticipate	Lizenzierung der prototypischen Entwicklung der Visualisierungsanwendung an smarticipate zur produktreifen Weiterentwicklung und kommerziellen Verwertung im kommunalen Umfeld	laufend
Transfer in die Praxis und weitere technologische Entwicklung	IGD	Auftritt bei der Smart Country Convention und Digital Mobility Conference, Berlin	2022
	TU/IGD	Vorstellung auf der Fachmesse Intergeo	2022, 2023
	TU/IGD	Workshop Beirat	06/2021
	TU/IGD/ smarticipate	Workshop zur Präsentation der Projektergebnisse gegenüber dem Beirat sowie an die interessierte Öffentlichkeit (Städte, Gemeinden, Landkreise, Planungsbüros, etc.) in Kooperation mit der Schader Stiftung	04/2023

	TU/IGD	Einbringen der Forschungsergebnisse in landesweite, regionale und kommunale Kooperationen und Projekte einer nachhaltigen Nahmobilität (z.B. Smart Region Hessen)	laufend
	IGD	Die erfolgreiche Initiierung des Prozesses in den ausgewählten Quartieren will die Stadt Darmstadt wie auch die Digitalstadt Darmstadt zu einer Weiterführung über die Projektlaufzeit hinaus nutzen und in andere Quartiere übertragen.	laufend
	IGD	Antrag in Kooperation mit WeLoveTheCity (Niederlande); Finanzierung von Fondation Botnar: "Technology and youth participation in governing intermediary cities in low- and middle-income countries" : "The project will produce empirical insights and analytical findings about the role of various digital technologies in urban governance based on multi-sited research within Kumasi and across complementary cities in Cape Town, Tanzania and Senegal."	Antrag gestellt, 2022
	TU/IGD	BMBF-Ausschreibung „Stadt-Land-Zukunft“	Antrag gestellt zum 14.6.2023
	IGD	Beteiligung im Rahmen der Ausschreibung der Partnerschaft Driving Urban Transitions (DUT) vorbereitet und eingereicht (https://dutpartnership.eu/funding-opportunities/dut_call_2023/), gemeinsam mit WLTC, Niederlande.	DUT Antrag gestellt, November 2023
	TU /IGD	Forschungsentwicklung aufbauend auf die PAEGIE-Projektergebnisse wird im Rahmen des Förderprogramms „Förderung von nicht investiven Maßnahmen zur Umsetzung des Nationalen Radverkehrsplans“ eine Ausschreibung des BMDV, wird beantragt. Erster Skizze-Entwurf wurde erstellt.	Antrag wird 2024 gestellt

Abbildung 13: Darstellung der wissenschaftlichen und technologischen Verwertung

Weitere relevanten Beiträge werden im Schlussbericht der TU Darmstadt dargestellt.

Die entwickelten Instrumente bzw. Tools werden auch hinsichtlich der Anwendbarkeit in thematisch anders ausgerichteten Partizipations- und Planungsprozessen überprüft, z.B. Infrastrukturprojekte wie Eisenbahn- oder Stromtrassen. Soweit sich hierbei weiterer Entwicklungsbedarf zeigt, wird eine entsprechende Anpassung sowie Ergänzungen in nachfolgenden Forschungsprojekten oder im Rahmen von Auftragsforschung für die Anwender vorgenommen. Geplant ist ein Verbundantrag im Europäischen Programm "Horizon Europe".

3.5 Fortschritt von anderen Stellen auf dem Gebiet

Durch den kontinuierlichen Fortschritt und Entwicklung von dreidimensionalen Web-Technologien wie WebGL, und eine zunehmende Bereitschaft der staatlichen Institutionen, Daten über Gebäudemodelle öffentlich und kostenlos zu verbreiten, können wir heute auf viele WebGIS-Anwendungen zurückgreifen. Aus diesem Grund finden wir heute 3D-

WebGIS-Lösungen, die in Browsern perfekt funktionieren, mit einem hohen Grad an Interaktion und Renderingqualität. Konkrete Beispiele für solche Anwendungen sind z.B. PlexMap 3D und die Esri_3D, die 3D-Webvisualisierung u.a. für die Städte Stuttgart und Rotterdam umgesetzt haben. Andere Städte wie z.B. Berlin setzen für ihre 3D-Webvisualisierung das Produkt VirtualCityMap ein. Sowohl PlexMap 3D als auch VirtualCityMap setzen mit CesiumJS auf die gleiche Technologiegrundlage wie die im Projekt entwickelte Anwendung [VCM23].

In den letzten zwei Jahren wurde Cesium für lokale Anwendungen in Engines wie Unreal, Unity und O3DE entwickelt, was die visuelle Qualität und Performance nochmal deutlich steigern kann [CES23]

Die Kommunen erweitern ständig den Umfang und die Qualität der Daten als Basis für eine bessere Visualisierung. Die meisten Bundesländer stellen heute gemäß Open Data Gesetz flächendeckend LoD2 Daten von den Gebäuden bereit. [BKG23]

Alle während der Laufzeit des Vorhabens den Zuwendungsempfängern bekannt gewordenen Fortschritte wurden in die Bearbeitung des Vorhabens aufgenommen.

3.6 Erfolgte und geplante Veröffentlichungen des Ergebnisses

s. Punkt 3.4

4. Literatur

- [BKG23] Open Data Bundesamt für Kartographie und Geodäsie. (18.12.2023). Abgerufen von <https://gdz.bkg.bund.de/index.php/default/open-data.html>
- [VCM23] VirtualCityMap (18.12.2023). VC Map - The 2D/3D/Oblique web mapping application. Virtual City Systems. Abgerufen von <https://www.virtualcitymap.de>
- [CES23] CesiumJS. (18.12.2023). Abgerufen von <https://cesium.com/platform/cesiumjs>
- Knodt, M./Fraune, C./Gölz, S./Langer, K. (2019): Einleitung: Akzeptanz und politische Partizipation – Herausforderungen und Chancen für die Energiewende. In: Fraune/Knodt/Gölz/Langer (Hrsg.) (2019): Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Wiesbaden: Springer VS. S. 1-26.
- Fraune, C./Knodt, M./Gölz, S./Langer, K. (2019): Akzeptanz und Partizipation in der Energiewende in inter- und transdisziplinärer Perspektive. In: Fraune/Knodt/Gölz/Langer (Hrsg.) (2019): Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Wiesbaden: Springer VS. S. 463-477.
- Fraune, C./Knodt, M. (2019): Politische Partizipation in der Mehrebenengovernance der Energiewende als institutionelles Beteiligungsparadox. In: Fraune/Knodt/Gölz/Langer (Hrsg.) (2019): Akzeptanz und politische Partizipation in der Energietransformation. Wiesbaden: Springer VS. S. 159-182.

5. Anlage Erfolgskontrollbericht

Berichtsblatt als separate Datei

5.1 Beitrag des Ergebnisses zu den förderpolitischen Zielen

PAEGIE trägt zu einer digitalen partizipativen Mobilitätsplanung bei und entwickelte ein innovatives Partizipationskonzept, welches durch digitale Bottom-Up-Prozesse eine frühzeitige und effektive Einbindung der Bewohner_innen ermöglicht. Hier wurden neue Visualisierungs- und Kommunikationsformen für Energiewendemaßnahmen unter enger Partizipation relevanter gesellschaftlichen Akteure erforscht und erprobt.

Das Thema Mobilität steht seit dem 2010 veröffentlichten Energiekonzept für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung (BMWi/BMU 2010) im Fokus der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung. Weiterhin berücksichtigt das Klimaschutzprogramm 2030 unter anderem „die Motivlage der Bürgerinnen und Bürger“. Die Akzeptanz technischer, ökonomischer und regulatorischer Problemlösungen, sowie damit korrespondierende Verhaltensänderung der Bürger_innen können nur durch effiziente Ansprache mit Möglichkeit der Mitgestaltung erreicht werden.

PAEGIE-Ergebnisse tragen zur Integration von Energiesystem und Verkehrssektor bei. Durch die Darstellung von mobilitätsbezogenen Sachverhalten sensibilisiert das Projekt die Bürger_innen über den eigenen CO₂-Fußabdruck und stimuliert eine Veränderung im eigenen Mobilitätsverhalten, in dem es den Bürger_innen ermöglicht, neue Standorte für nicht-motorisierte Mobilitätsformen vorzuschlagen.

Zur Erreichung der energie- und klimapolitischen Ziele im Verkehrssektor müssten „gesellschaftliche Belange“ ebenso berücksichtigt werden wie „die Motivlage der Bürgerinnen und Bürger“. Dabei gelte es unter anderem

„Bedarfsgerechtigkeit“, „Verfügbarkeit“, „Nutzerverhalten/-gewohnheiten“ oder „Lebensstile“ zu beachten (Bundesregierung 2019). Zur Realisierung der Maßnahmen leistete PAEGIE einen Beitrag, indem diese Aspekte auf Quartiersebene erfasst, für ein Visualisierungs- und Planungstool aufbereitet und damit für die kommunale Planung bereitgestellt wurde. Im engeren Sinne befasste sich PAEGIE mit den Handlungsfeldern „ÖV, Rad- und Fußverkehr“, „PKW“ und „Digitalisierung“ des Klimaschutzprogramms 2030 und zielte auf einen Beitrag zur Umsetzung der Maßnahmen „3.4.3.2 Attraktivität des ÖPNV erhöhen“, „3.4.3.3

Ausbau von Radwegen und Fahrradparkmöglichkeiten sowie Verbesserung der Rahmenbedingungen“, „3.4.3.8 CO2-arme PKW auf die Straße bringen“, „3.4.3.9 Tank- und Ladeinfrastruktur ausbauen“ und „3.4.3.12 Verkehr automatisieren, vernetzen, verflüssigen, innovative Mobilitätsformen ermöglichen“.

Dadurch lieferte PAEGIE die Erprobung eines Konzeptes und Visualisierungstools für die bildhafte Darstellung von verkehrs- und mobilitätspolitischen planerischen Sachverhalten in der Energiewende.

5.2 Ergebnisse und Erfahrungen

Das Forschungsprojekt PAEGIE beschäftigte sich mit der Frage: „Wie können eine größere Akzeptanz und eine fundamentale Verhaltensänderung der Bürger_innen durch neue digitale Partizipationsformen und -prozesse in der Energietransformation im Bereich Mobilität und Verkehr erreicht werden?“

Das Fraunhofer IGD hat durch das Projekt neue Erkenntnisse und Erfahrungen gewonnen, die auch für andere F&E-Projekte eingesetzt werden können. Die entwickelten Software-Tools sollen im Anschluss an das Projekt zur Produktreife geführt werden und an weitere Kommunen lizenziert werden. Hierzu liegen erste Anfragen vor.

Mit der Umsetzung des 3D-Visualisierungstools für die urbane Infrastruktur wurde die technische Grundlage für die visuelle Unterstützung einer partizipativen Mobilitätsplanung gelegt. Die Webanwendung wurde basierend auf dem Open-Source Framework Cesium entwickelt. In der Visualisierung werden das 3D-Stadtmodell von Darmstadt sowie die für eine nachhaltige Mobilitätsplanung relevanten Strukturen wie z.B. die Standorte von Carsharing-Angeboten und Ladestationen für Elektroautos dargestellt. Nutzer können in der 3D-Szene frei navigieren. Auf die Nutzerschnittstelle des Visualisierungstools kann sowohl als Web-Applikation als auch auf dem Multitouch-Table zugegriffen werden.

Die Erfahrungen beschränken sich nicht nur auf den technischen Level. Zum Thema Bürgerbeteiligung wurde ebenfalls wertvolle Erfahrung im Rahmen des Projektes gesammelt.

Die Ergebnisse haben gezeigt, dass die aktive und mitgestaltende Partizipation, die vor der Entscheidungsfindung einer Infrastrukturmaßnahme initiiert wird, auch als Motivations-treiber dient.

Weiterhin wurden als Motivationstreiber von den Beteiligten, im Rahmen der Umfrage, koordiniert von der TU Darmstadt, die bessere Visualisierung des Planungsvorhabens vermerkt, sowie den leichten Zugang zu den Beteiligungsformate (Webseite, App, etc.) genannt (s. Abb. 14).

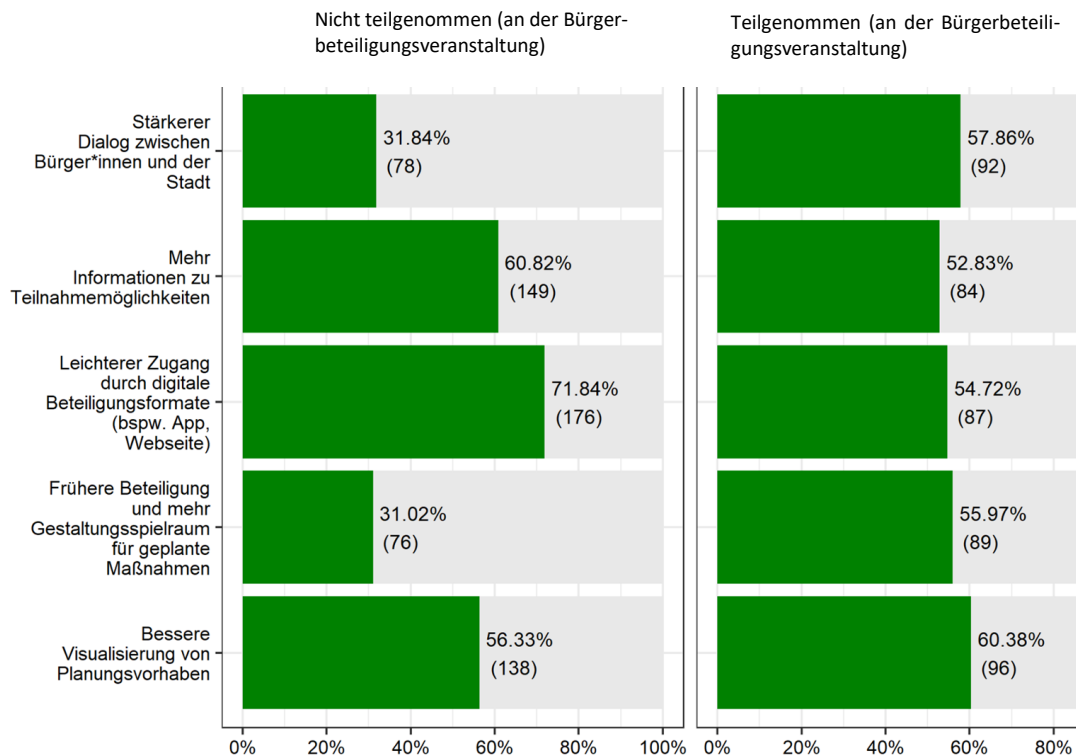


Abbildung 14: Frage: Was würde Sie dazu motivieren, dass Sie sich eher oder mehr beteiligen würden?

Für mehr Information s.3.4 und den Abschlussberichtes des Projektkoordinators

Obwohl die in PAEGIE angewandten Ansätze zufriedenstellende Resultate erzielten, zeigte sich, dass eine bloße Erweiterung der Beteiligungs- und Kommunikationsmöglichkeiten nicht ausreichend ist. Der intensive Dialog ist der erste wichtige Schritt und eine mehrstufige Einbindung aller Akteure unter Zuhilfenahme einer 3D-Visualisierung liefert eine realistische Grundlage für die erfolgreiche Kommunikation zwischen den Beteiligten.

5.3 Verwertungsplan

Es wurden keine Erfindungen/Schutzrechtsanmeldungen gemacht oder in Anspruch genommen.

Siehe Punkt 3.4 sowie den Abschlussbericht des Projektkoordinators für mehr Information zu den Verwertungsaktivitäten.

5.4 Arbeiten, die zu keiner Lösung geführt haben

Keine

5.5 Präsentationsmöglichkeiten für mögliche Nutzer

Die Projektergebnisse wurden projektbegleitend dokumentiert und werden nach Projektabschluss in Forschung und Lehre sowie im wissenschaftlichen Kontext verwertet.

Anbei einen Auszug und kurze Darstellung der Formate und Veranstaltungen, bei denen die Projektergebnisse bereits vorgestellt wurden:

- Veneta Ivanova: „smarticipate – 3D Stadtmodell für die Bürgerbeteiligung“ (Folien)
Vortrag bei den Game Days 2021, Session Science meets Business: Geo & Games
- Michel Krämer, Workshop Arbeitskreis 3D-Stadtmodelle, November 2021, November 2022; Präsentation PAEGIE
- 2021: im Rahmen des digitalen Stadtlabors Darmstadt im Einsatz. Ziel des Digitalen Stadtlabors ist es, den Bürger_innen den Zugang zur Digitalisierung zu erleichtern. Sie sollen über die Digitalisierung erfahren und die Möglichkeiten der Technologie kennenlernen und ausprobieren können.
 - o Eine digitale Wasserkarte wurde im Auftrag der Digitalstadt Darmstadt erstellt - als Informationsquelle, aber auch als interaktive Plattform, um Aktionen zu starten und interaktiv zu gestalten bzw. zu agieren. Dies beinhaltet z.B. Informationen zu Wasserversorgung und Wasserqualität, Bewässerung von Pflanzen und Bäumen in Hitzeperioden, Überschwemmungen nach Starkregenereignissen und vieles mehr.
 - o Andere Anwendungsfälle sind angedacht und sollen folgen.
 - o Die Bürger_innen können sich mit Ideen, oder im partizipativen Dialog einbringen. Dazu organisierte das Stadtlabor Darmstadt eine Bürgerveranstaltung im März 2021.
 - o Im Rahmen eines geplanten Hackathon wurden zwei Monate später die Bürger_innen eingeladen, Ideen zu neuen Applikationen zu entwickeln.
 - o Ziel war es, die Bürger_innen in ein Mitmachprojekt einzubinden und einen Beitrag zur lokalen Klimaverbesserung zu leisten und die Nachhaltigkeit zu stärken.
- Dr. Eva Klien, Workshop „Kommunale Datenplattformen“, am 14.11.2022 (online) PAEGIE Demo im Vortrag integriert
- INTERGEO 2022, 2023
- Game Days 2022, 2023 (Vortrag)
- Veneta Ivanova, Vortrag „Mobilitätskonzepte im virtuellen Raum partizipativ entwickeln und umsetzen“ Workshop 3D Stadtmodelle, November 2023, online

- Veneta Ivanova, Eva Klien, Benjamin Abb: PAEGIE Abschlussveranstaltung „Scooters, Wheels & Boards: Digitale Bürgerpartizipation zur Förderung der Mikromobilität“, April 2023
- Exponat Smart Region Hub Bad Hersfeld, seit Dezember 2023
- Veneta Ivanova, Benjamin Abb – Stand auf der Smart Region Summit 2023, Central Station Darmstadt; PAEGIE Demo und Gespräche mit Kommunalvertreter aus Hessen
- Organisationen-Vorstellung Alcatel Lucent – Fraunhofer IGD 2023

Für mehr Information s. Punkt 3.4

5.6 Einhaltung der Ausgaben- und Zeitplanung

Die Ausgaben- und Zeitplanung wurden eingehalten. Es gab minimale Änderungen in der Verwertungsperspektive, da das Fraunhofer IGD als Ansprechpartner für eine potenzielle Weiterentwicklung / Verwertung bereitsteht (und nicht smarticipate wie ursprünglich anvisiert). Aus diesem Grund stand das Institut in direktem Kontakt mit dem Smart Region Hub Bad Hersfeld (nach der Vorstellung auf Smart Region Summit in Darmstadt in 2023) und hat die Umsetzung der beauftragten 3D- Webvisualisierung für Hessen übernommen.