

Intelligente Datenprodukte für die Urbane Mobilitätswende
mittels Ökosystem Data Governance in der Smart City Solingen


MobiDataSol

Schlussbericht

Förderkennzeichen 16DTM103

Projektlaufzeit 01.01.2022–31.03.2024

Johannes Sautter¹, Kai Erlenhardt², Rudolf Fischer^{1,3}, Nicolas Fähnrich¹, Dominik Lis⁴,
Marius Huppertz⁴, Nicolas Ortiz⁴, Frank Dünnebeil⁵, Jan Kräck⁵, Lena Schreiner⁵, Udo Lambrecht⁵

¹Fraunhofer IAO, Stuttgart; ²Klingenstadt Solingen; ³IAT der Universität Stuttgart;

⁴Fraunhofer ISST, Dortmund; ⁵IFEU-Institut, Heidelberg

Gefördert vom BMBF | Finanziert von der Europäischen Union – NextGenerationEU | öffentlich



Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis.....	2
1. Kurzer Inhaltlicher Bericht	4
2. Kurze Darstellung	7
2.1. Aufgabenstellung	7
2.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde.....	8
2.3. Planung und Ablauf des Vorhabens	10
2.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden.....	12
2.5. Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste	15
2.6. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.	16
3. Eingehende Darstellung	17
3.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele.....	17
3.1.1 Konzept Ökosystem aus Wissenschaftsorganisationen und Städten	17
3.1.2 Konzept Datenprodukte und Use Cases am Beispiel Treibhausgasbilanzierung im Verkehr für Gebietskörperschaften	20
3.1.3 Treibhausgasbilanzierung im Verkehr – Methodik und Datenprodukte	26
3.1.4 Konzepte Data Governance im Ökosystem	38
3.1.5 Konzept Datenarchitektur.....	42
3.2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	51
3.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	53
3.4. Voraussichtlichen Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans	53
3.5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen.....	55

3.6.	Erfolgte Veröffentlichungen der Ergebnisse	55
4.	Abbildungsverzeichnis	57
3	Anlagen	58
5.	Abkürzungsverzeichnis.....	59

1. Kurzer Inhaltlicher Bericht

Das Projekt „MobiDataSol“ verfolgte das Ziel, intelligente Datenprodukte zu entwickeln, die für die nachhaltige und treibhausgas-neutrale Stadtentwicklung von wesentlicher Bedeutung sind. Im Rahmen eines Verbundes arbeiteten die Stadt Solingen, verschiedene Forschungsinstitute und assoziierte Partner eng zusammen, um innovative Ökosystem Data Governance-Modelle zu etablieren. Die Methodik des Projekts orientierte sich an einem agilen, iterativen Vorgehen, das in sechs Arbeitspaketen (AP) organisiert war, wobei jedes dieser Arbeitspakete spezifische Ziele und Aufgaben verfolgte:

AP1 – Projektmanagement, Vernetzung und Transfer umfasste die interne Projektkoordination unter der Leitung der Stadt Solingen sowie die wissenschaftliche Koordination durch das Fraunhofer IAO. Durch die Anwendung agiler Methoden wurde ein iteratives Vorgehen über alle Arbeitspakete hinweg sichergestellt. In diesem Rahmen fanden zahlreiche Workshops und Expertenkreise statt, um den Austausch zwischen den Projektpartnern zu fördern und die Sichtbarkeit des Projekts in relevanten Communities zu gewährleisten.

Im AP2 – Anforderungsanalyse anhand der Anwendungsfelder Mobilität und Umwelt wurde ein umfassendes Verständnis der Anforderungen an zukünftige Datenprodukte erlangt. Dies geschah durch Expertengespräche mit der Stadtverwaltung und Verkehrsunternehmen sowie durch die Analyse des Ist-Stands von Smart City und Datendienstleistungen. Die Ergebnisse umfassten die Identifikation von Stakeholdern, deren Bedarfen sowie die Erstellung eines internen Datenkatalogs. Durch die Verschneidung von statischen und dynamischen Daten zu städtischen Mobilitätsströmen und der lokalen Umweltbelastung wurde eine robuste Datengrundlage geschaffen, die für die Entwicklung intelligenter Datenprodukte unerlässlich war.

Das AP3 – Konzeption Data Governance in Solingen sowie Datenökosystem hatte das Ziel, ein Data Governance-Rahmenwerk zu entwickeln, das die Entwicklung und Bereitstellung von Datenprodukten im Ökosystem sicherstellte. Dabei lag der Fokus auf internen und externen Anforderungen sowie der Dynamik und Komplexität des Datenökosystems. Ein Rollenmodell wurde entwickelt, das die Aufgaben und Zuständigkeiten der beteiligten Akteure definierte. In diesem Zusammenhang wurden auch Fragen rund um Datenschutz, Lizenzierung und Nutzungsrechte diskutiert, um eine transparente und faire Datenverwendung zu gewährleisten. Ebenso entstand ein Datenschutz-Prozessmodell eingebettet in die Aufbau- und Ablauforganisation des Data-Governance-Rahmenwerkes.

Im AP4 – Portfolioentwicklung intelligenter Datenprodukte erfolgte die Entwicklung von Datenprodukten auf Basis der Anforderungen für die Anwendungsfälle „Mobilitäts-App“ und „CO₂-Bilanzierung“. Notwendige Datensätze und Schnittstellen wurden beschrieben, wobei auch die Übertragbarkeit auf andere Kommunen berücksichtigt wurde. Darüber hinaus wurden weitere Anwendungsfälle für die entwickelten Datenprodukte identifiziert, indem Akteure

der Stadt Solingen (Wirtschaft, Gesellschaft und Forschung) nach zusätzlichen Anwendungsmöglichkeiten befragt wurden.

Das AP5 – Datentreuhandarchitektur und Interoperabilitätslösungen konzentrierte sich auf die technologische Basis für das Datentreuhand-Ökosystem, insbesondere Bezug nehmend auf den Open Smart City Hub der Stadt Solingen sowie die Anforderungen der Stadt Solingen sowie der Forschungsorganisationen. Interoperable Schnittstellen und die Anbindung externer Datenmarktplätze wurden berücksichtigt, um eine vertrauensvolle Partnerlandschaft zu gewährleisten. Eine ganzheitliche Treuhandarchitektur wurde konzipiert, um den Austausch und die Nutzung von Daten innerhalb des Ökosystems zu optimieren. Eine Konkretisierung erfolgte

Im AP6 – Pilotierung eines Datentreuhand-Ökosystems für Mobilität wurde das Ökosystem sukzessive mit den Projektpartnern und assoziierten Partnern aufgebaut. Hierbei dienten die Organisationen des Projektkonsortium gleichzeitig als Pilotorganisationen. Die Pilotierung einer organisationsübergreifenden Data Governance orientierte sich an den identifizierten Rollen und Datenprodukten. Wesentliche Ergebnisse waren Best Practices und Arbeitshilfen zur Operationalisierung des Datentreuhand-Ökosystemkonzepts. Das Konzept wurde sowohl auf der Ebene der Stadt Solingen als auch als Angebot für andere Smart Cities ihre Data Governance im Ökosystem zu organisieren diskutiert. Ein wichtiger Aspekt des Projekts war das Metadaten-Schema-Mapping, das die Stadt Solingen als Projektkoordinator aus dem Projekt nachnutzen kann. Dies ermöglicht eine verbesserte Dokumentation und Verwaltung der vorhandenen Daten unter Kompatibilität mit der Geodatenwelt einerseits und der Open Data Welt andererseits, was für die Implementierung intelligenter Datenlösungen von zentraler Bedeutung ist. Darüber hinaus profitierte das IFEU-Institut von den Ergebnissen des Projekts für sein eigenes Datenmanagement, das es mittels desselben Tools zukünftig für Forschungsdaten in eigenen Projekten sowie Teils als Dienstleistung für Kommunen unterstützt. Die entwickelten Datenprodukte und Governance-Modelle trugen dazu bei, die Effizienz und Qualität der Datenverwendung zu steigern und somit den Anforderungen an eine moderne Datenverwaltung gerecht zu werden.

Durch die Etablierung effektiver Ökosystem Data Governance-Modelle und die Entwicklung eines interorganisationalen Datenökosystems kann die Lebensqualität in Städten nachhaltig verbessert werden. Die entwickelten Datenprodukte sollten nicht nur die Mobilität optimieren, sondern auch zur CO₂-Bilanzierung beitragen und somit einen wertvollen Input für nachhaltige städtische Planungen liefern. Die Ergebnisse des Projekts können nicht nur für Solingen, sondern auch für andere Kommunen von erheblichem Nutzen sein, indem sie zur Verbesserung der Datenqualität und zur Schaffung eines robusten Datenökosystems beitragen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass „MobiDataSol“ nicht nur für interkommunales Smart City Data Management, sondern auch in der Ökosystem Data Governance Forschung einen bedeutenden Schritt darstellt. Die enge

Zusammenarbeit mit verschiedenen Akteuren ermöglichte eine breite Verwertung der Erkenntnisse hin zu einer zukünftigen Förderung einer offenen Datenkultur, die sowohl den Bedürfnissen der Bürger als auch den Interessen der Kommunen und ebenso den der Forschungsorganisationen gerecht wurde.

2. Kurze Darstellung

2.1. Aufgabenstellung

Auf Gesamtprojektebene bestand die Aufgabe darin „Data Governance im Ökosystem“ am Anwendungsfall Smart City und Mobilität anzuwenden und generelle sowie Erkenntnisse und Konzepte für Smart Cities abzuleiten. Das Gesamtvorhaben „MobiDataSol“ hatte in diesem Rahmen das Ziel, intelligente Datenprodukte zu entwickeln und eine effektive Data Governance zu etablieren, um die nachhaltige Stadtentwicklung und den Klimaschutz in Solingen zu fördern. Ein zentraler Aspekt war die enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Stakeholdern, die eine robuste Datengrundlage zur Entwicklung intelligenter Lösungen schuf. Parallel dazu wurde ein Data Governance-Rahmenwerk entwickelt, das Strukturen und Verantwortlichkeiten innerhalb des Datenökosystems definierte. Die technologischen Grundlagen für den Datenaustausch wurden geschaffen, um die Integration eigener interner ebenso wie externer Datenquellen zu ermöglichen. Dabei wurde Wert auf sog. „Datenzwischenprodukte“ gelegt. Das entwickelte Ökosystem-Konzept, bestehend aus den Organisationen des Projektkonsortiums, wurde getestet, was wertvolle Erkenntnisse für zukünftige Entwicklungen lieferte. Insgesamt stellte „MobiDataSol“ eine bedeutende Initiative dar, die nicht nur die Datenqualität in Solingen verbesserte, sondern auch als Modell für andere Kommunen dienen kann, die ähnliche Herausforderungen im Klimaschutz und in der nachhaltigen Stadtentwicklung bewältigen möchten.

Im Rahmen des **Arbeitspakets 2** „Anforderungserhebung“ war das Ziel ein umfassendes Verständnis zu Datenherausforderungen unterschiedliche Stakeholder zu gewinnen. Dafür wurden 12 leitfadengestützte Interviews mit VertreterInnen aus den Bereichen Kommune, Mobilitätsunternehmen und Wissenschaft durchgeführt. Diese Interviews zielten darauf ab, kommunale Datenquellen für die Entwicklung von Datenprodukten in den Bereichen Mobilität, Umwelt und Klima zu identifizieren. Gleichzeitig wurden Anforderungen für die Konzeption einer Data Governance erfasst. Darüber hinaus befassten sich die Gespräche mit der Bestandsaufnahme und dem operativen Umgang mit Daten sowie der Nachnutzung und Erweiterung bestehender Datenbestände. Insbesondere sollten Potenziale zur Integration von offenen, kommunalen und kommerziellen Datenquellen sowie zur Mehrfachnutzung von Datenprodukten für verschiedene Anwendungsfälle herausgearbeitet werden.

Im Rahmen von **Arbeitspaket 3** lag die zentrale Aufgabe in der Analyse und Konzeption eines Data Governance-Rahmenwerks, das die Entwicklung und Bereitstellung von Datenprodukten im Ökosystem sicherstellt. Diese Aufgabe umfasste die Identifizierung interner und externer Anforderungen sowie die Berücksichtigung der Dynamik und Komplexität des Datenökosystems. Ziel war es, ein umfassendes Rollenmodell zu entwickeln, das die Aufgaben und Zuständigkeiten aller beteiligten Akteure klar definiert. In diesem Zusammenhang wurden auch wichtige Fragen zur Lizenzierung und zu Nutzungsrechten behandelt, um eine transparente und faire Nutzung der Daten innerhalb des

Ökosystems zu gewährleisten. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets bilden die Grundlage für eine effektive Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Stakeholdern und tragen maßgeblich zur Etablierung einer soliden Dateninfrastruktur bei.

Das **Arbeitspaket 4** konzentriert sich auf die Entwicklung intelligenter Datenprodukte, insbesondere die kommunale THG-Bilanz im Verkehr. Das beinhaltet die Definition von Anforderungen, die Konzeption und prototypische Realisierung der Datenprodukte, sowie die Identifizierung weiterer Anwendungsfälle bzw. Use-Cases. Die Anforderungen an intelligente Datenprodukte am Beispiel THG-Bilanzierung wurden entlang unterschiedlicher Anwendungsfälle wie "Mobilitäts-App" und „Klimaschutzbericht“ definiert.

Arbeitspaket 5 konzentrierte sich auf die Entwicklung einer Datentreuhandarchitektur und Interoperabilitätslösungen, die für die technische Umsetzung des Datentreuhand-Ökosystems von Bedeutung waren. Die Aufgabe bestand darin, die technologische Basis für den Open Smart City Hub der Stadt Solingen zu schaffen, wobei interoperable Schnittstellen und die Anbindung externer Datenmarktplätze berücksichtigt wurden. Durch die Konzeption einer ganzheitlichen Datentreuhandarchitektur wurde sichergestellt, dass der Austausch und die Nutzung von Daten innerhalb des Ökosystems effizient und vertrauensvoll erfolgen können. In diesem Zusammenhang wurde der Fokus auf einen Datenkatalog bzw. ein Metadaten-Repository (organisationsinterne und -externe Datenverfügbarkeit) gelegt, andere Bausteine der Architektur wurden jedoch auch definiert und benannt. Die Ergebnisse dieses Arbeitspakets stärken die Grundlage für einen nachhaltigen Datenaustausch und die Schaffung einer robusten Dateninfrastruktur.

Im Rahmen von **Arbeitspaket 6** lag der Fokus auf der Pilotierung des Datentreuhand-Ökosystems für Mobilität. Die zentrale Aufgabe bestand darin, das Ökosystem schrittweise mit den Projektpartnern aufzubauen und eine organisationsübergreifende Data Governance zu etablieren. Dabei orientierte sich die Pilotierung an den identifizierten Rollen und Datenprodukten, um die Funktionalität und Anwendbarkeit der entwickelten Lösungen in einer ersten Stufe in Richtung Praxisumgebung zu testen. Wesentliche Ergebnisse dieses Arbeitspakets umfassen ein Konzept, mit dessen Hilfe stadtübergreifende Data Governance als Operationalisierung des Datentreuhand-Ökosystemkonzepts umgesetzt werden kann. Die Diskussion des Ökosystemkonzepts auf kommunaler, regionaler und überregionaler Ebene stellte sicher, dass die entwickelten Ansätze nicht nur lokal, sondern auch in einem breiteren Kontext von Bedeutung sind. Diese Pilotierung lieferte wertvolle Erkenntnisse, die zur kontinuierlichen Verbesserung der Datenverwaltung und -nutzung in der Stadt Solingen und darüber hinaus beitragen werden.

2.2. Voraussetzungen, unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Als Voraussetzung war zunächst eine enge Kooperation zwischen der Stadt Solingen, den beteiligten Forschungsinstituten und den assoziierten Partnern notwendig, um einen kontinuierlichen Austausch von Wissen und Erfahrungen

zu gewährleisten. Die Einbindung relevanter Stakeholder, wie Klimaschutzmanager, Geodatenexperten sowie Mobilitätsforschende, stellte sicher, dass die entwickelten Datenprodukte den tatsächlichen Bedürfnissen der Kommune entsprachen und praktische Relevanz hatten.

Zusätzlich wurde ein agiles Projektmanagement implementiert, das Flexibilität und Anpassungsfähigkeit an sich ändernde Anforderungen und Gegebenheiten ermöglichte. Ziel war es, die Fortschritte regelmäßig zu evaluieren und die Zusammenarbeit zwischen den Partnern zu optimieren.

Ein weiterer wesentlicher Faktor war die Bereitschaft aller Beteiligten, offene Daten und innovative Ansätze in den Entwicklungsprozess einzubringen. Die Verfügbarkeit von qualitativ hochwertigen Daten aus verschiedenen Quellen, einschließlich bestehender Datenbanken und neuer Datenerhebungen, war entscheidend für die Analyse und die Entwicklung intelligenter Lösungen.

Die Gespräche in AP2 haben gezeigt, dass die Nutzung und Erweiterung vorhandener Datenbestände durch fehlende abteilungsübergreifende Transparenz und Verfügbarkeit in Solingen eingeschränkt ist. Mehrere Datenquellen, darunter Geodaten, Sensordaten und statistische Daten, konnten jedoch identifiziert und hinsichtlich ihrer Eignung bewertet werden. Diese Erkenntnis deckt sich weitestgehend mit bereits in der Vergangenheit durchgeführten Bedarfs- und Anforderungserhebungen in zahlreichen Städten in Baden-Württemberg. Dies spricht klar dafür, dass die Nutzung und Bereitstellung der Daten im breiteren kommunalen Kontext eher eine Ausnahme ist. Die vorgegebenen kommunalen Strukturen, Organisation und Verantwortlichkeiten prägen die siloartige Arbeitsweise der jeweiligen Ämter und ist historisch gewachsen. Das bedeutet nicht, dass keine Daten in der Kommune erhoben oder genutzt werden. Ganz im Gegenteil fallen diese Daten ständig in der alltäglichen Arbeit an. Jedoch werden diese Daten sehr stark zweckgebunden erhoben was eine Nachnutzung durch andere verantwortliche Personen bereits in der Entstehung sehr stark einschränkt. Weiterhin wurde festgestellt, dass in Solingen eine standardisierte und automatisierte Schnittstelle zur Datenübergabe erforderlich ist, um den operativen Umgang mit externen Verkehrsdaten wie den INRIX-Daten (Floating Car Data) zu erleichtern. Eine erste geographische und chronologische Übereinstimmung der Metadaten wurde vorgenommen, um im weiteren Verlauf des Projekts die Hochrechnungsfaktoren zu bestimmen. Data Governance und die Implementierung von Data Governance-Modellen ist eine wichtige Voraussetzung, damit Daten verantwortungsvoll und effektiv geteilt und genutzt werden können, was jedoch im kommunalen Kontext bisher eine untergeordnete Rolle spielt. Dies hat Einfluss auf das Auffinden und den Bereitstellungsprozess kommunaler Verkehrsdaten. Daher stellt das Management der Datenflüsse und -prozesse im Rahmen der Datenprodukterstellung eine komplexe Aufgabe dar. Die Notwendigkeit der Einhaltung von Datenschutzbestimmungen ist bei der Verarbeitung von Mobilitätsdaten von großer Bedeutung. In welcher Form, welche Datensätze betroffen sein können, ist oft nicht direkt erkenntlich. Dies stellt die Akteure vor Herausforderungen und kann Hemmnisse zur Bereitstellung und

Nutzung der Daten verursachen oder verstärken. Gleichzeitig bestehen Bedarfe, neben der Primärnutzung auch Sekundärnutzung der Daten zu ermöglichen. Somit müssen insgesamt weniger ressourcenintensive Datenerhebungen stattfinden. Daten können die kommunale Verwaltung und weitere Stakeholder bei der Bewältigung der Herausforderungen im Bereich Mobilität und Klimaschutz unterstützen. Sie werden beispielsweise benötigt, um kommunales THG-Monitoring durchzuführen, Klimaschutzmaßnahmen zu entwickeln oder Berichtspflichten zu erfüllen. Durch die Bereitstellung hochwertiger, aktueller Daten, die den spezifischen Anforderungen der Nutzer gerecht werden, können fundierte Entscheidungen getroffen, zielgerichtete Maßnahmen umgesetzt oder Berichtspflichten genauer und einfacher umgesetzt werden.

2.3. Planung und Ablauf des Vorhabens

Im Rahmen des Projekts MobiDataSol wurden sechs Arbeitspakete bearbeitet, die auf die Entwicklung und Erprobung intelligenter Datenprodukte sowie die Etablierung eines effektiven Data Governance-Ökosystems für Data Analytics für unterschiedliche Anwendungsfälle abzielen anhand der Fallstudie THG-Bilanzierung. Jedes Arbeitspaket verfolgte spezifische Ziele und erlebte im Verlauf des Projekts verschiedene Anpassungen und Weiterentwicklungen.

- Arbeitspaket 1: Projektmanagement und Vernetzung
 - Interne Projektkoordination unter der Leitung der Stadt Solingen; agile Methoden wurden angewendet, um ein iteratives Vorgehen zu gewährleisten.
 - Der vielschichtig besetzter Expertenbeirat (Unternehmen, Städte, Forschungsakteure) zur Begleitung des Vorhabens wurde in wichtige Projekttreffen einbezogen und zur Strategieausrichtung sowie Validierung herangezogen
- Arbeitspaket 2: Anforderungsanalyse
 - Bestehende Datenquellen, wie die Verkehrszählungen der Bundesanstalt für Straßenwesen und proprietäre Daten aus dem Mobility-Data-Space, wurden geprüft und aufbereitet.
 - Trotz Herausforderungen bei der Datenakquisition aufgrund fehlender zentraler Austauschplattformen und uneinheitlicher Dokumentation konnte eine ausreichende Datenbasis für die weitere Verarbeitung geschaffen werden.
 - Ein Unterauftrag diente dem Bezug von Floating-Car-Data, um die Datenbasis für die CO₂-Bilanzierung zu erweitern.
- Arbeitspaket 3: Data Governance-Konzeption
 - Entwicklung eines umfassenden Data Governance-Rahmenwerks zur Sicherstellung der Datenproduktentwicklung und -bereitstellung im Ökosystem.

- Es wurde festgestellt, dass eine Anpassung der Projektziele notwendig war, um den Fokus stärker auf Klimaschutzberichte und Geodatenmanagement zu legen.
- Arbeitspaket 4: Portfolioentwicklung intelligenter Datenprodukte
 - Definition und prototypische Umsetzung der Datenprodukte, einschließlich der Erstellung des Datenprodukts „THG-Bilanz“, unter Berücksichtigung der Anforderungen und Data Governance-Aspekte.
 - Ein Datenfluss- und Data Pipeline-Modell wurde erstellt, um die prototypische Umsetzung der Datenprodukterstellung zu unterstützen.
 - Identifikation praxisrelevanter Anwendungsfälle zur Nutzung der Datenprodukte
- Arbeitspaket 5: Datentreuhandarchitektur und Interoperabilitätslösungen
 - Entwicklung der technologischen Basis für das Datentreuhand-Ökosystem, inklusive Anbindung an externe Datenmarktplätze.
 - Fokus auf die Schaffung interoperabler Schnittstellen zur Unterstützung des Datenaustauschs.
- Arbeitspaket 6: Pilotierung eines Datentreuhand-Ökosystems
 - Schrittweise Etablierung des Ökosystems in Zusammenarbeit mit Projektpartnern und assoziierten Partnern.
 - Ein Metadaten-Repository wurde als wichtige Komponente für die Pilotierung identifiziert, um die Dokumentation und Verwaltung der Daten zu optimieren.
 - Die Pilotierung wird zudem genutzt, um die Skalierung der entwickelten Konzepte und Datenprodukte über die Stadtgrenzen von Solingen hinaus zu testen und zu evaluieren.

Änderungen zur ursprünglichen Planung

Im Verlauf des Projekts ergaben sich mehrere Anpassungen zur ursprünglichen Planung. So wurde die ursprünglich geplante Fokussierung auf die Anbindung an die Mobilitäts-App zugunsten einer verstärkten Berücksichtigung der Anforderungen an Klimaschutzberichte und das Geodatenmanagement überarbeitet. Darüber hinaus wurde besonders Wert auf die Berücksichtigung der Anforderungen aller beteiligten Städte gelegt, um eine stadtübergreifende Data Governance zu ermöglichen. Diese strategische Neuausrichtung, die auch die Anbindung der Forschung einbezieht, erwies sich als notwendig, um den Herausforderungen in der Datenverwaltung und den Bedürfnissen der Stakeholder besser gerecht zu werden.

2.4. Wissenschaftlicher und technischer Stand, an den angeknüpft wurde, insbesondere Angabe bekannter Konstruktionen, Verfahren und Schutzrechte, die für die Durchführung des Vorhabens benutzt wurden

An folgende Fachliteratur wurde angeknüpft:

Data Analytics

- Wirth, Rüdiger; Hipp, Jochen (2000): CRISP-DM: Auf dem Weg zu einem Standard-Prozessmodell für Data Mining. In: Proceedings of the 4th international conference on the practical applications of knowledge discovery and data mining. Citeseer, S. 29-39. Online verfügbar: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.198.5133&rep=rep1&type=pdf>.
- Zhang, Shichao; Zhang, Chengqi; Yang, Qiang (2003): Data preparation for data mining. In: Applied Artificial Intelligence 17 (5-6), S. 375–381. DOI: 10.1080/713827180.
- Ardagna, C. A.; Ceravolo, P., und Damiani, E.: "Big data analytics as-a-service: Issues and challenges," 2016 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), Washington, DC, USA, 2016, pp. 3638-3644, <http://doi.org/10.1109/BigData.2016.7841029>.

Data Management und Data Governance

- DAMA (Hrsg.), 2017. DAMA-DMBOK: Data management body of knowledge (second edition ed.). Technics Publications, Basking Ridge, New Jersey.
- Abraham, Rene & Brocke, Jan vom & Schneider, Johannes. (2019). Data Governance: A conceptual framework, structured review, and research agenda. International Journal of Information Management. 49. 10.1016/j.ijinfomgt.2019.07.008.
- Al-Ruithe M, Benkhelifa E, Hameed K. Data Governance Taxonomy: Cloud versus Non-Cloud. Sustainability. 2018; 10(1):95. <https://doi.org/10.3390/su10010095>.
- Jagals, Marvin. (2021). Expanding Data Governance Across Company Boundaries – An Inter-organizational Perspective of Roles and Responsibilities. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91279-6_17.
- Jagals, Marvin & Karger, Erik. (2021). Inter-Organizational Data Governance: A Literature Review.

Datenarchitektur

- Dobrokhotova, Ekaterina; Engelbach, Wolf; Sautter, Johannes (2015): Marktstudie 2015 Multidomänen-Stammdatenmanagementsysteme. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), <https://doi.org/10.24406/publica-fhg-297449>.

- Europäische Kommission 2016. General Data Protection Regulation (GDPR): Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG. <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX:32016R0679>.
- Zeng, Marcia (2004): Metadata types & functions. Online verfügbar unter <http://marcia-zeng.slis.kent.edu/metadatabasics/types.htm>, zuletzt aktualisiert am 06.08.2015, zuletzt geprüft am 24.04.2018.
- Europäische Kommission, 2021. Empfehlungen zu FAIR Metriken für EOSC. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg. <https://doi.org/10.2777/70791>
- Franklin, M. et al, 2005. From databases to dataspace. ACM SIGMOD Record 34, 4 (2005), 27-33. <https://doi.org/10.1145/1107499.1107502>
- Korte, Tobias; Fadler, Martin; Spiekermann, Markus; Legner, Christine; Otto, Boris (2019): Data Catalogs - Integrated Platforms for Matching Data Supply and Demand. Reference Model and Market Analysis (Version 1.0). Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Kühling, J. 2021. Der datenschutzrechtliche Rahmen für Datentreuhänder. Zeitschrift für Digitalisierung und Recht 1 (2021), 1-27.

Datenqualität und Datenexzellenz

- Wang, Richard Y.; Strong, Diane M. (1996): Beyond accuracy. What data quality means to data consumers. In: *Journal of management information systems* 12 (4), S. 5–33.
- Wilkinson, M. D. et al, 2016. The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Sci. Data* 3:160018 doi: 10.1038/sdata.2016.18.
- Sautter, Johannes; Litauer, Rebecca; Fischer, Rudolf; Klages, Tina; Wuchner, Andrea; Müller, Elena et al. (2018): Beyond Data Quality: Data Excellence Challenges from an Enterprise, Research and City Perspective. In: Proceedings of the 7th International Conference on Data Science, Technology and Applications, S. 245-252, DOI: 10.5220/0006912902450252, Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/401256>.

Smart City und Datenexzellenz

- Brigitte Lutz (2020): Warum Städte und Kommunen "Data Excellent" werden sollten. Stadt Wien. Online verfügbar unter <https://www.slideshare.net/DigitalesWien/warum-stdte-und-kommunen-data-excellent-werden-sollten>.
- Europäische Kommission, 2022. DCAT-Anwendungsprofil für Datenportale in Europa. Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union, Luxemburg. <https://joinup.ec.europa.eu/collection/semantic-interoperability-community-semic/solution/dcat-application-profile-data-portals-europe/release/211>
- Schieferdecker, I. et al, 2018. Urbane Datenräume - Möglichkeiten von Datenaustausch und Zusammenarbeit im urbanen Raum. Fraunhofer FOKUS, Berlin. <http://publica.fraunhofer.de/documents/N-500021.html>

Mobilität

- Demiryurek, Ugur & Banaei-Kashani, Farnoush & Shahabi, Cyrus, 2009. "TransDec: A Data-Driven Framework for Decision-Making in Transportation Systems", 50th Annual Transportation Research Forum, Portland, Oregon, March 16-18, 2009 207726, Transportation Research Forum.
- Eurostat, G., 2021. Statistische Regionen in der Europäischen Union und den Partnerländern. NUTS und Statistische Regionen 2021. Eurostat , S.188 .

Folgende fachspezifische Standards wurden genutzt:

- **BISKO:** Der BISKO-Standard für die kommunale Treibhausgasbilanzierung spielt eine wichtige Rolle in MobiDataSol, insbesondere bei der Entwicklung des Datenprodukts "Kommunale THG-Bilanz". Das Projekt nutzt BISKO, um die Bilanzrahmen für die THG-Bilanzierung im Verkehr festzulegen. Dies ermöglicht eine einheitliche und vergleichbare Bilanzierung sowie der Emissionen und sichert die bilanzmethodische Übertragbarkeit auf weitere Kommunen sicher. Der Prototyp verwendet die verkehrsmittelspezifischen bundesdurchschnittlichen Verbrauchs- und Emissionsfaktoren der BISKO-Defaultdaten als Grundlage für die Berechnung der THG-Emissionen, welche zur Berechnung der THG-Bilanz mit lokalspezifischen Verkehrsaufkommen verknüpft werden.
- **TLS 2012/BASt-Bestandsbandformat:** Die TLS (Technische Lieferbedingungen für Streckenstationen) legen Funktionen und Schnittstellen von Streckenstationen zur kontinuierlichen Verkehrsmengenerfassung fest. Das BASt-Bestandsbandformat (Version 2004) ist eine standardisierte Dateistruktur, die von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) für die Übermittlung von Stundenwerten automatischer

Dauerzählstellen verwendet wird. Die hier festgelegten Definitionen zu Erfassungsarten der Datenstrukturen bilden den Ausgangspunkt zur Verwertung der Zählstellen auf Bundesstraßen und Bundesautobahnen.

- **DATEX II:** DATEX II ist ein europäischer Standard für den Austausch von Verkehrsdaten. Das hier spezifizierte XML-Datenformat spielt eine Rolle bei der Übertragung von Echtzeitdaten der Dauerzählstellen an Bundesautobahnen und Bundesstraßen eine Rolle ([link](#))
- **OGC/INSPIRE/GDI:** Die normativen Regelungen und Architekturkonzepte spielen bei der Bereitstellung der Datenprodukte mit geographischem Bezug und in Form von Geodatenformaten eine grundlegende Rolle. Dies gilt sowohl für den Bezug von Geodaten als auch bei der Bereitstellung von entsprechenden Datenprodukten samt ihren Metadaten. (<https://www.gdi-de.org/INSPIRE/>)

2.5. Angabe der verwendeten Fachliteratur sowie der benutzten Informations- und Dokumentationsdienste

Ergänzend zu den oben genannten Literaturquellen waren insbesondere im Bereich Data Governance folgende Literatur relevant:

- Otto, Boris. (2011). A morphology of the organisation of data governance. 19th European Conference on Information Systems, ECIS 2011.
- Otto, Boris & Hompel, Michael & Wrobel, Stefan. (2022). Designing Data Spaces. 10.1007/978-3-030-93975-5.
- Weber, Kristin. (2009). Data Governance-Referenzmodell – Organisatorische Gestaltung des unternehmensweiten Datenqualitätsmanagements.
- Weber, Kristin & Klingenberg, Christiana (2020). Data Governance – Der Leitfaden für die Praxis. Hanser, München.
- Zimmermann, L., Schäffer, T. Inter-organisatorische Data Governance: Vorschlag eines Rollenmodells für einen kooperativen Datenaustausch im Kontext von Logistik 4.0. HMD 60, 38–51 (2023).
- Weber K. und Klingenberg C. (Eds.). 2021. Data Governance: Der Leitfaden für die Praxis. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG, München. <https://doi.org/10.3139/9783446466746>
- Lis, D. und Otto, B. 2021. Towards a Taxonomy of Ecosystem Data Governance. In Proceedings of the 54th Hawaii International Conference on System Sciences, Tung Bui (Ed.) , <https://doi.org/10.24251/HICSS.2021.733>.

2.6. Zusammenarbeit mit anderen Stellen.

Im Rahmen zahlreicher Austauschworkshops (bspw. Regio-IT, Stadt Nürnberg, Fraunhofer UMSICHT etc.) sowie mit Mitgliedern des Expertenbeirats (Assoziierte Partner) fand ein regelmäßiger Fachaustausch statt. Ein Experte des Fraunhofer IESE beteiligte sich als Koautor an einem der veröffentlichten Paper.

Im Folgenden sind die Organisationen des Expertenbeirats aufgeführt:

Kommunen, kommunale Unternehmen und öffentliche Einrichtungen

- Kaiserslautern, vertreten durch die KL.digital GmbH
- Offenbach
- Bundesanstalt für Straßenwesen (Betrieb Mobilitäts Daten Marktplatz MDM)
- NVBW – Nahverkehrsgesellschaft Baden-Württemberg mbH

„Konzern Stadt“ der Klingenstadt Solingen

- Stadtverwaltung Solingen
- Technischen Betriebe Solingen (TBS) Stadtwerke Solingen GmbH (inkl. Verkehrsbetriebe)

Unternehmen, Startups und Datenanbieter

- Fujitsu Technology Solutions GmbH
- vialytics GmbH
- Daten-Kompetenzzentrum für Städte und Regionen (DKSR).
- BABLE GmbH
- Motiontag GmbH
- INRIX UK LIMITED
- Better Mobility GmbH

Wissenschaftliche Einrichtungen und Hochschulen

- Fraunhofer IRB
- Bergische Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Technologien und Management der Digitalen Transformation
- Frankfurt University of Applied Sciences, Research Lab for Urban Transport (ReLUT)
- Fachinformationsdienst Mobilitäts- und Verkehrsforschung (FID move), getragen durch die Sächsische Landesbibliothek - Staats- und Universitätsbibliothek Dresden und die Technische Informationsbibliothek Hannover (TIB)

Zivilgesellschaft

- CITY-INITIATIVE STUTTGART E.V.

3. Eingehende Darstellung

3.1. Verwendung der Zuwendung und des erzielten Ergebnisses im Einzelnen, mit Gegenüberstellung der vorgegebenen Ziele

Das Hauptziel des Projektes die Entwicklung eines Datentreuhand-Konzeptes im Verbund mehrerer Organisationen konnte erfolgreich konzipiert und in einer ersten Stufe evaluiert werden.

Im Detail gab es einige Abweichungen zur Projektplanung (vgl. 2.3 sowie Anlage Erfolgskontrollbericht, 2.). Das Konsortium diente im Rahmen des Projektes sowohl zur Erforschung des Themas Data Governance Organisation als auch als Pilot Zusammenschluss mehrerer Organisationen der Datenaustausch zum Datenprodukt der Treibhausgasbilanzierung für Gebietskörperschaften konnte in diesem Kontext erfolgreich belegt werden.

Ein weiteres zentrales Anliegen war die Zugänglichkeit von Daten, die rechtlich, technisch und organisatorisch schwer zugänglich sind. Dieses Problem konnte durch das Konzept einer zentral vorgehaltene Data Governance („Legislative“) gelöst werden, die sicherstellt, dass Daten aus dem Ökosystem heraus für Mitgliedsorganisationen zugänglich sind und einheitliche Standards zu Quality of Service gelten. Innerhalb des Projekts wurden Schnittstellen entwickelt, um das Datenteilen über verschiedene Organisationen hinweg zu ermöglichen und die Übertragbarkeit zu gewährleisten. Ein weiterer wichtiger Aspekt war die stärkere Einbindung von Experten mittels Expertenbeirat. Es wurde entschieden, im Konzept vorzusehen Daten in vorhandenen öffentlichen Repositorien wie bspw. der mobilithek (ehemals Mobilitätsdatenmarktplatz, MDM) zu veröffentlichen und eine Vernetzung mit dem Datenkatalog zu ermöglichen. Die Datentreuhandaufgaben wurden durch die Entwicklung eines Ökosystem-Rollenmodells und verschiedener Prozessmodelle organisiert, sodass sie entweder durch einzelne Organisationen oder einen Verbund mehrerer Organisationen gemanagt werden können.

Die im Projektantrag definierten Datenherausforderungen, wie unzulängliche Datenqualität und Unsicherheiten beim Datenteilen, wurden explizit adressiert und entsprechende Maßnahmen ergriffen. Das wissenschaftliche Ziel, ein Datentreuhandkonzept auf Basis eines Verbundes unterschiedlicher Organisationen zu entwickeln, konnte erfolgreich erreicht werden.

Die Folgenden Kapitel beschreiben die Ergebnisse der Arbeiten strukturiert nach Kernaspekten des Gesamtprojektes:

3.1.1 Konzept Ökosystem aus Wissenschaftsorganisationen und Städten

Im Rahmen eines interkommunalen Verbundes für kann unter Nutzung des MobiDataSol-Konzeptes eine städteübergreifende Data Governance für Datendomänen etabliert werden, die in allen beteiligten Städten einheitlich ablaufen. Dieses Modell ermöglicht es, gemeinsame Standards und Prozesse zu entwickeln, die eine konsistente Erfassung, Verwaltung und Nutzung von Daten gewährleisten. Durch die Harmonisierung der Vorgehensweisen können die

Städte von den gleichen Datenquellen und -produkten profitieren, was die Effizienz und Qualität der Entscheidungen erheblich verbessert.

Ein Beispiel für diese städteübergreifende Data Governance könnte die gemeinsame Verwaltung von Verkehrsdaten sein. Abbildung 1 visualisiert dies am Beispiel von „Stadt X“ und „Stadt Y“.

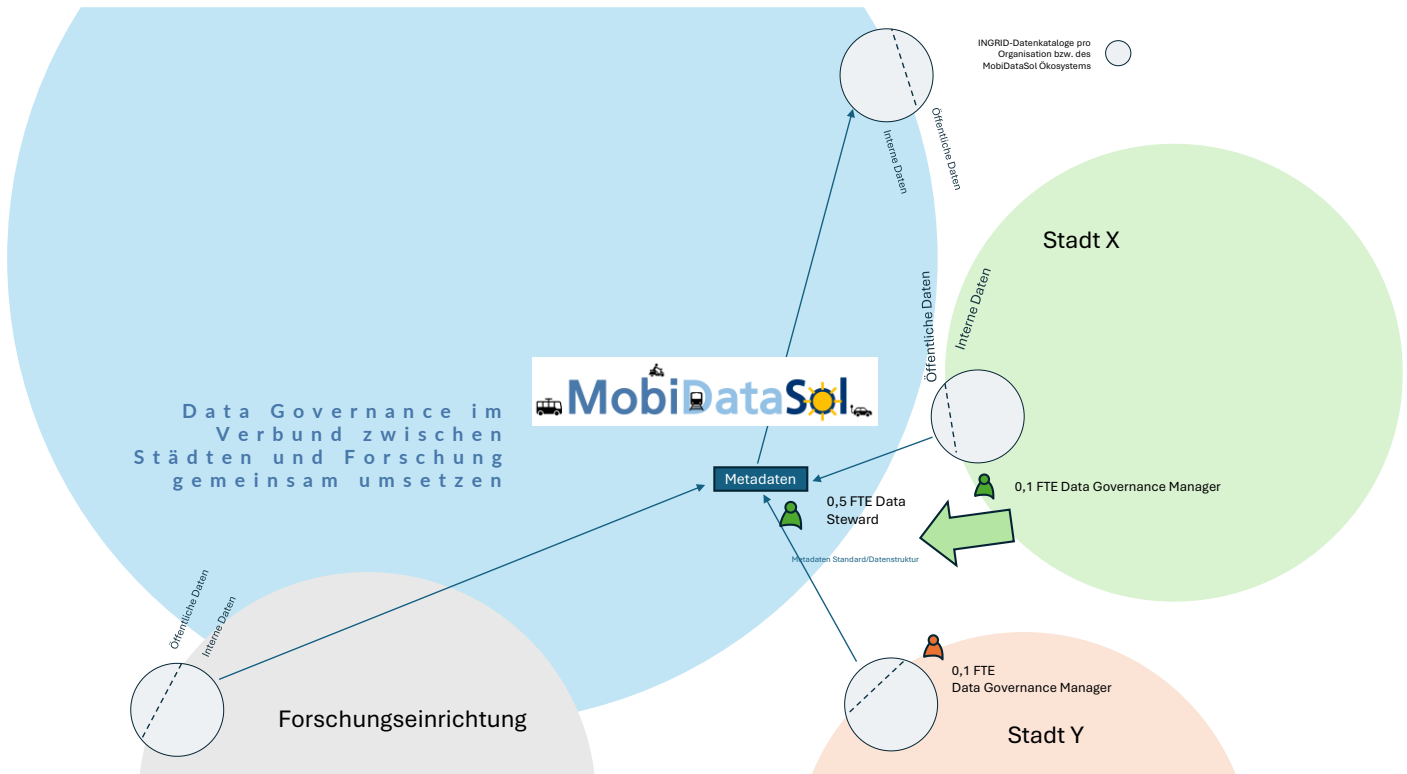


Abbildung 1: Visualisierung des Ökosystem-Data-Governance-Konzeptes am Beispiel von Städten und Forschungseinrichtungen

„Stadt X“ stellt den Data Steward für Verkehrsdaten. „Stadt Y“ konsultiert und nutzt nur die Dienste des Data Stewards in diesem Bereich. Eine Vergütung der Dienstleistungen kann in diesem Ökosystem also durch die Verfügungstellung von Personalressourcen (exemplarisch 0,1 Full Time Equivalent, FTE bzw. VZÄ) oder auch auf monetäre Art und Weise stattfinden. Wesentlicher Vorteil ist, dass städteübergreifend gemeinsame Standards gelten und diese auch nur einem städteübergreifend verwaltet und ständig konsolidiert werden müssen.

Fallstudie Co2-Bilanzierung für Kommunen

Im Informationszeitalter wird es für Kommunen immer anspruchsvoller, ihre Aufgaben sachgerecht und zukunftsorientiert zu erfüllen. Jede kommunale Abteilung hat ihre eigenen Anwendungen – sei es das Einwohnermeldeamt, das Ausländeramt, die Umweltschutzabteilung, das Tiefbauamt oder die Statistikabteilung. Diese Abteilungen erheben ihre Daten manchmal selbst oder beauftragen externe Dienstleister, wie z.B. Forschungsinstitute, mit der Erstellung von Berichten. Dies führt jedoch fast immer zu einem minimalistischen Datenmanagement und zur Nutzung der Daten

für einen einzigen Zweck. In den Kommunen bilden die Geoinformationsdienste in der Regel eine Ausnahme, da sie Dienstleistungen für andere Abteilungen anbieten. Darüber hinaus kann es von den Geoinformationsabteilungen vorangetriebene Initiativen geben, die darauf abzielen, Daten für mehrere Zwecke zu halten und zu verwalten, um sie abteilungsübergreifend zu nutzen. Oftmals scheitern diese jedoch am Personalmangel. GIS-Systeme und Geodatenabteilungen erfüllen die Funktion, Daten aus verschiedenen Abteilungen zu sammeln (z. B. über verlinkte Open-Data-Portale), da es eine gesetzliche Verpflichtung zur Veröffentlichung und Versionierung bestimmter Arten von Daten gibt. Geodaten, wie z.B. Karten, sind zugänglich und leicht zu verstehen. Dies stellt jedoch keineswegs das gesamte Bild dessen dar, was realistischere möglich ist oder von den Kommunen bereits umgesetzt wird.

Bisherige Ansätze zur Abschätzung des Verkehrsaufkommens und der Treibhausgasemissionen auf regionaler Ebene (Gemeinde, Landkreis oder Regierungsbezirke) beruhen häufig auf einer eher groben oder veralteten Schätzung des Verkehrsaufkommens und der Quellen vor Ort, was auch zu einer ungenauen und nicht aktuellen Abschätzung der verkehrsbedingten Emissionen führt. Die Bilanzierung von Treibhausgasen, die Ableitung von Maßnahmen und das Monitoring könnten für verschiedene Relationstypen wie Quell-Ziel-, Binnen- oder Pendlerverkehr genauer und spezifischer durchgeführt werden. Bei der Entwicklung einer qualitativ hochwertigen Basisdatenbank, die alle verfügbaren Daten des und über das lokale Verkehrssystem enthält, könnten viele Akteure, die an der Umweltüberwachung und Verkehrsplanung beteiligt sind, darauf zurückgreifen.

Eine Data Governance im Ökosystem mehrere Städte sowie Datenkataloge auf der Ebene stadtübergreifend, öffentlich, stadtintern (vgl. Abb. 1) ist eine entscheidende Kernkomponente, um die Brücke zwischen den datenbasierten Möglichkeiten des Betriebs einer Smart City und den alltäglichen Herausforderungen der Kommunen zu schlagen.

Pilotierung

Als wesentliches Ergebnis wurde somit eine Lösung entwickelt, um Daten und deren Management-Funktion im Ökosystem zu teilen. Dies ist in dem Punkt 3.5 "mutige und verantwortliche Datenkultur" der Bundesdatenstrategie¹ verankert, dem wiederum innerhalb der Bundesdatenstrategie eine hohe Relevanz zugesprochen wird. Dies erlaubt Kommunen zukünftig, ohne den erheblichen Aufwand von Ressourcen, ihre vorherrschenden Datenprodukte (bspw. im Besonderen sog. High Value Daten) im Verbund zu teilen. Hierbei zielt MobiDataSol spezifisch auf die Datenprodukte rund um Umwelt und Mobilität ab. Es fand die Entwicklung eines Geschäftsmodells für das Ökosystem statt. Hierbei konnte kein Betreibermodell endgültig festgelegt werden. Weiterhin fand der Aufbau der relevanten Infra-

¹ Bundesregierung (Hg.) (2021): Datenstrategie der Bundesregierung. Eine Innovationsstrategie für gesellschaftlichen Fortschritt und nachhaltiges Wachstum. Online verfügbar unter <https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/1845634/1a4f7ea800bb838562e16fdfe4ffb354/datenstrategie-der-bundesregierung-download-bpa-data.pdf?download=1>.

struktur durch den IT-Dienstleister regio-IT für die Stadt Solingen statt, sodass eine Erprobung des Ökosystems mittels verschiedener Datenprodukte realisiert werden konnte, nachdem die Anbindung der Stadt Solingen an das Ökosystem erfolgt war.

Des Weiteren konnte im Kontext des Datenproduktes Treibhausgasbilanzierung Verkehr für den Klimaschutzmanager ein entscheidender Mehrwert geschaffen werden. Die Umsetzung des Konzeptes würde es ermöglichen in Zukunft, die Kennzahl für das Stadtgebiet Solingen regemäßig „mittels Knopfdruck“ zu ermitteln. Auch konnten Ergebnisse bei der Nachnutzbarkeit und Standardisierung im Kontext der Treibhausgasbilanzierung Verkehr sowie darauf einwirkende Datenprodukte wie z.B. Emissionsfaktoren, Zählstellen etc. erzielt werden. Die Datenprodukte können neben der Nutzung für den Klimaschutzbericht, auch für andere Funktionen, wie beispielsweise ein Verkehrsrouting in der Solingen App, verwendet werden. Auch wäre ein Nutzen in Fachressorts denkbar, wobei die Datenprodukte in Analysen miteinbezogen werden können.

Wesentliche Erfolge konnten auch beim Open Source Metadatenystem des Projektes MobiDataSol verzeichnet werden. Dies kann Städten bei Ihren Aufgaben im Bereich von Geodaten enorm unterstützen. Die hier gegenwärtigen Probleme mit Metadaten können hierdurch gelöst werden. Konkret geht es hierbei um das Mapping zwischen den Metadatenstandards ISO (INSPIRE Geodaten) und DCAT-AP. Es besteht ein großes Interesse durch andere Kommunen die Nach- und Weiternutzungspotentiale, die durch den technisch-konzeptionellen Lösungsansatz von MobiDataSol entstanden sind, auszuschöpfen.

Zuletzt wurden klare Data-Governance-Rollen für Datengeber und Infrastrukturbetreiber im Datentreuhand-Ökosystem definiert.

In der Abschlussveranstaltung mit über 26 Teilnehmenden (Kommunen, Forschung, Unternehmen) konnte das Konzept überzeugen und zahlreiche Interessierte für die Teilnahme an einem Verbund für stadt- und organisationsübergreifenden Data Governance gewinnen.

3.1.2 Konzept Datenprodukte und Use Cases am Beispiel Treibhausgasbilanzierung im Verkehr für Gebietskörperschaften

Für das Datenprodukt Treibhausgasbilanz im Verkehr und dessen Datenzwischenprodukte wurde eine umfangreiche Sammlung von Verwendungsmöglichkeiten (Use-Cases) erstellt und im Austausch mit kommunalen Stakeholdern diskutiert, erweitert und schematisch aufbereitet. Die zentralen identifizierten Use-Cases werden hier kurz dargestellt und erläutert.

Das Datenprodukt "Kommunale THG-Bilanz" bietet eine Vielzahl von Anwendungsmöglichkeiten und dient unterschiedlichen Nutzergruppen. Ein zentraler Use-Case ist das **Kommunale THG-Monitoring**, welches die Beantwortung

der Fragen ermöglicht, wie hoch die jährlichen THG-Emissionen der Kommune sind, welchen Anteil der Verkehr daran hat, wie viel Treibhausgase im Hinblick auf ein bestimmtes Klimaziel noch zur Verfügung stehen (Restbudget) und ob die Treibhausgasemissions-Entwicklung auf dem Zielpfad liegt (z.B. das politische Ziel der THG-Neutralität bis 2035). Anwendergruppe für diesen Use-Case sind häufig Ingenieurbüros und Wissenschaftler, die die Daten auswerten und aufbereiten. Die Zielgruppe ist der Stadtrat/Gemeinderat, der auf Basis dieser Informationen Entscheidungen im Bereich Klimaschutz trifft. Notwendige Ergebnisdaten für diesen Use-Case sind die THG-Emissionen des Verkehrs. Der Bilanzrahmen sollte den in Deutschland bei der kommunalen THG-Bilanzierung etablierte BSKO-Standard abbilden und sich somit auf die Emissionen beziehen, die durch das Verkehrsaufkommen innerhalb der Gebietskörperschaft der Kommune entstehen. Dabei sind die direkten Emissionen der Fahrzeuge (tank-to-wheel) ebenso wie die Vorketten der Kraftstoff- und Strombereitstellung (well-to-tank) einzubeziehen. Die geographische Auflösung ist somit auf das kommunale Gebiet bezogen und die zeitliche Auflösung ist jährlich. Bezüglich der Fahrzeugtypen ist bei der Berechnung eine differenzierte Berücksichtigung notwendig. Für das Bilanzergebnis ist eine undifferenzierte Betrachtung ausreichend. Die Eingangsdaten umfassen die Verkehrsleistung, den spezifischen Energieverbrauch und die Emissionsfaktoren aller motorisierten Verkehrsmittel.

Das Datenprodukt ist auch über das THG-Monitoring hinaus ein wichtiges Instrument für Kommunen, die ihre THG-Emissionen reduzieren und ihre Klimaschutzziele erreichen wollen. Es liefert ihnen die notwendigen Informationen, um Maßnahmen zu entwickeln und zu priorisieren, die zu einer nachhaltigen Reduktion der THG-Emissionen führen. Dabei ist ein wichtiger Use-Case für die kommunale THG-Bilanz als **Referenz für Szenarienberechnungen** zu dienen, die den aktuellen Stand der THG-Bilanz und deren mögliche zukünftige Veränderung unter bestimmten Annahmen beleuchtet. Sie dient der Analyse der Hauptverursacher, die im politischen Zugriff der Kommune liegen (z.B. verschiedene Verkehrsmittel, Anteile Quell-Ziel-Verkehre), sowie der grundsätzlichen Minderungspotenziale und des Beitrags, den die Kommune zu den übergeordneten Klimazielen leisten kann. Diese Analysen werden von der Klimaschutzabteilung der Verwaltung, der Kommunalpolitik und der Öffentlichkeit genutzt, um zukünftige Emissionen abzuschätzen und festzustellen, welche Lücke zwischen den Klimazielen und dem aktuellen Emissionsreduktionspfad besteht. Anwendergruppe sind auch hier Ingenieurbüros und Wissenschaftler. Die Ergebnisdaten sind die Entwicklung der THG-Emissionen des Verkehrs ausgehend vom letzten Bilanzjahr. Der Bilanzrahmen bezieht sich auf dieselbe territoriale Abgrenzung und umfasst ebenfalls alle Verkehrsmittel. Die zeitliche Auflösung ist ebenfalls mindestens jährlich und die Auflösung der Fahrzeugtypen sollte fahrzeugtypenfein erfolgen. Die Eingangsdaten entsprechen denen des vorherigen Use-Cases, ergänzt um Annahmen zu zukünftigen Änderungen der Verkehrsleistungen, Emissionsfaktoren und Flottenzusammensetzungen.

Die kommunale THG-Bilanz kann ebenfalls für die **Potentialanalyse** einzelner Maßnahmen genutzt werden. Hierbei geht es um die Frage, welchen Einfluss verschiedene Annahmen und Maßnahmen auf die aktuelle THG-Bilanz oder auf das Referenzszenario haben. Anwendergruppe und Zielgruppe sind identisch mit dem vorherigen Use-Case, ebenso wie die Ergebnisdaten, der Bilanzrahmen, die geographische Auflösung, die zeitliche Auflösung, die Auflösung der Fahrzeugtypen und die Eingangsdaten.

Zusätzlich kann die kommunale THG-Bilanz von Landesbehörden (z. B. LANUV) als Basis herangezogen werden, um den Beitrag der Kommune zu den verkehrsbedingten Emissionen des Bundeslandes zur Erstellung von **Emissionskatalogen/-inventaren** zu ermitteln. Dazu werden Top-Down-Analysen (Energiestatistik) mit den Bottom-up-Daten der kommunalen Fahrleistungen abgeglichen. Für diese Aufgabe beauftragen sie Ingenieurbüros. Der Bilanzrahmen ist territorial, umfasst alle Verkehrsmittel und bezieht sich in diesem Anwendungsfall auf Tank-to-Wheel-Emissionen. Neben Treibhausgasemissionen können auch Emissionen von Luftschadstoffen (z.B. Stickoxide, Feinstaub) bewertet werden. In diesem Fall sind ergänzend zu den aus dem Datenzwischenprodukt vorliegenden lokalen Verkehrsaufkommen zusätzlichen Informationen zu verkehrsmittelspezifischen Tank-to-Wheel-Emissionsfaktoren der Luftschadstoffe erforderlich.

Die kommunale THG-Bilanz dient weiterhin als Ausgangspunkt der **Maßnahmenentwicklung** im Rahmen der Erstellung eines Maßnahmenkatalogs zur THG-Emissionsminderung und der darauffolgenden Allokation personeller und finanzieller Ressourcen zur Umsetzung. Anwendergruppen sind das Klimaschutzmanagement und Ingenieurbüros, während die Zielgruppe der Ergebnisse die Verwaltung (Klimaschutzabteilung, Stadt- und Mobilitätsplanung) ist. Verwendete Ergebnisdaten sind die Anteile der THG-Emissionen aus dem Verkehr, die durch die Maßnahmen adressiert werden. Der Bilanzrahmen umfasst das Territorium der Kommune, kann allerdings bei Maßnahmen für Quell-Ziel-Verkehre gegebenenfalls das Territorium umliegender Gemeinden und Landkreise einbeziehen. Die geographische Auflösung ist abhängig von der Maßnahme und kann kommunal oder wegefein sein. Gleiches gilt für die zeitliche Auflösung. Die Auflösung der Fahrzeugtypen erfolgt differenziert. Zusätzliche Informationen zu Quell-Ziel-Beziehungen sind erforderlich.

Ein weiterer wichtiger Anwendungsfall ist die **Maßnahmenevaluation**, die der Rechtfertigung gegenüber der Politik und der Bevölkerung sowie der Begründung von Förderanträgen dient. Anwendergruppen sind das Klimaschutzmanagement und Ingenieurbüros, während die Zielgruppe neben der Verwaltung (Klimaschutzabteilung, Stadt- und Mobilitätsplanung) auch Fördergeber und die Öffentlichkeit sind. Die interessierte Öffentlichkeit sollte wie auch in den bereits genannten Use-Cases grundsätzlich ebenfalls Zielgruppe sein. Die Ergebnisdaten, der Bilanzrahmen, die geographische Auflösung, die zeitliche Auflösung, die Auflösung der Fahrzeugtypen, die benötigten Zusatzinformationen und die Eingangsdaten sind identisch mit den bisherigen Fällen.

Ein weiterer Anwendungsfall ist die gezielte **Reduktion lokaler Schadstoff-Emissionsquellen im MIV**, die beispielsweise bei lokalen Grenzwertüberschreitungen von Luftschadstoffen notwendig werden. Die geographische Auflösung ist wegefein, die zeitliche Auflösung stündlich und die Auflösung der Fahrzeugtypen erfolgt differenziert, gegebenenfalls bis hin zur Ebene der Abgasnachbehandlungskonzepte in der Flottenzusammensetzung. Zusätzliche Informationen zu Quell-Ziel-Beziehungen sowie eine geographische ausdifferenzierte Betrachtung des Straßennetzes und der Verkehrsbelastungen (Befahrungstärken und auftretende Verkehrssituationen) sind erforderlich. Ferner werden die entsprechenden Emissionsfaktoren der relevanten Schadstoffe benötigt.

Weitere Use-Cases sind den Umweltbewertungen vorgelagert und nutzen das Datenzwischenprodukt lokalspezifischer Verkehrsaufkommen als Grundlage. Ein Beispiel sind **Infrastruktur-Bedarfsanalysen für Rad- und Fußverkehr** zur Verlagerung vom MIV auf Rad- und Fußverkehr. Anwendergruppen sind Ingenieurbüros und die Verkehrsplanung, die Zielgruppe ist die Verwaltung (Klimaschutzabteilung, Stadt- und Mobilitätsplanung). Der Bilanzrahmen umfasst das Territorium der Kommune und gegebenenfalls das Territorium umliegender Gemeinden. Es sollten alle Straßen im Gebiet berücksichtigt werden. Die Betrachtung sollte mindestens den Rad- und Fußverkehr umfassen, optional auch den MIV und den ÖPNV. Die geographische Auflösung ist wegefein, die zeitliche Auflösung stündlich. Zusätzliche Informationen zu Quell-Ziel-Beziehungen und zur Differenzierung nach Untertypen des Straßennetzes sind erforderlich.

Analog dazu kann das Datenprodukt für die **Bedarfsanalyse ÖPNV** genutzt werden. Hierbei wird das Potential einer Verlagerung vom MIV zum ÖPNV und dafür notwendige Änderungen im ÖPNV-Angebot (Linienführung, Taktung...) untersucht. Die Anwendergruppen, die Zielgruppe und die Ergebnisdaten sind identisch mit dem vorherigen Use-Case. Der Bilanzrahmen umfasst das Territorium der Kommune und gegebenenfalls das Territorium umliegender Landkreise. Die geographische Auflösung ist straßenfein, die zeitliche Auflösung stündlich und bezüglich der zu betrachtenden Fahrzeugtypen genügt die Teilmenge des Pkw-Verkehrsaufkommen. Zusätzliche Informationen zu Quell-Ziel-Beziehungen und zu den Wegetypen (Straßennetz, Schienennetz mit ggf. Subtypen) sind erforderlich. Selbes gilt für den Anwendungsfall der **Bedarfsanalyse Sharingsysteme**. Hierbei geht es um die Verlagerung von Pkw-Fahrten auf multimodale Mobilitätslösungen unter Einbezug von Sharing-Konzepten (Fahrrad, Roller, Carsharing) und die längerfristige Möglichkeit zur Verringerung des Pkw-Bestandes.

Neben den kommunalen THG-Emissionen als Ergebnis der Bilanz sind die für die Berechnung zu Grunde liegenden verkehrlichen Daten selbst nützliche Datenprodukte. Sie dienen beispielsweise der **Erhöhung der Effizienz des ÖPNV-Liniennetzes**. Anwendergruppe sind Mobilitätsplaner*innen und Ingenieurbüros, die Zielgruppe ist die Mobilitätsplanung.

Mobilitäts- und Verkehrsdaten finden zudem Verwendung in der **Erstellung nachhaltiger Mobilitätskonzepte**. Die zu beantwortenden Fragen sind, welche Maßnahmen und Planungsvorhaben das Potential haben, THG im Verkehr zu reduzieren. Mobilitätsplaner*innen und das Klimaschutzmanagement entwickeln mithilfe von verkehrsbezogenen Daten ein nachhaltiges Mobilitätskonzept, das einerseits die THG-Emissionen im Verkehr reduziert und gleichzeitig die Mobilitätsbedürfnisse der Bevölkerung erfüllt.

Für die **Reduktion der Emissionen durch den Güterverkehr** werden Orte mit hohen verkehrsbedingten Emissionen durch den Güterverkehr und die Höhe dieser Emissionen identifiziert. Die Ergebnisse dienen der Verwaltung (Klimaschutzabteilung/Stadt- und Mobilitätsplanung) als Grundlage für die Planung von Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen im Güterverkehr, z. B. durch die Begrenzung der Infrastruktur an bestimmten Standorten oder die Schaffung von Alternativen wie Vorrangrouten, Lieferzonen und Mikrodepots.

Daten der kommunalen THG-Bilanz können außerdem zur **Bedarfsanalyse Ladeinfrastruktur** genutzt werden. Hierbei geht es um die Ermittlung des Anteils der Elektromobilität in der Stadt, der für eine bestimmte THG-Reduktion erforderlich ist, und die Ableitung der notwendigen Ladeinfrastruktur. Anwendergruppen sind wiederum Ingenieurbüros, die Verkehrsplanung und Stadtwerke, die Zielgruppe ist die Verwaltung (Klimaschutzabteilung, Stadt- und Mobilitätsplanung). Der Bilanzrahmen umfasst das Territorium der Kommune und gegebenenfalls das Territorium umliegender Landkreise. Busse, Lkw, Pkw und Pedelecs sollten berücksichtigt werden. Die geographische Auflösung ist parkplatzfein oder subkommunal bzw. auf Quartiersebene, die zeitliche Auflösung zumeist jährlich oder im Tagesgang. Die Auflösung der Fahrzeugtypen sollte differenziert erfolgen und v.a. nach Antriebsart unterscheidbar sein. Zusätzliche Informationen zum Stadtgebiet, zum Straßennetz und zum Angebot an Parkplätzen und Parkieranlagen sind erforderlich.

Ein weiterer Use-Case ist die **Mediale Darstellung der Bilanz** und des Umsetzungsgrads von Maßnahmen. Hierbei geht es um die Information der Bürger über den Stand der Kommune bei der Einhaltung der Klimaziele und die Förderung klimafreundlichen Verhaltens. Anwendergruppe ist das Klimaschutzmanagement, Zielgruppe sind die Bürger.

Der im Projekt verwendete Bottom-Up-Ansatz zur Erstellung kommunaler THG-Bilanzen zum Abgleich und zur **Validierung von Top-Down-Modellen** herangezogen werden. Anwender- und Zielgruppe sind Forschungsgruppen.

Die kommunale THG-Bilanz kann außerdem als **Input für ein inverses Emissionsfluss-Modell** dienen, welches die Emissionen des Verkehrs räumlich und zeitlich aufgelöst darstellt und einen Vergleich der räumlich und zeitlich aufgelösten Emissionen mit gemessenen und modellierten Emissions-Konzentrationen ermöglicht. Anwendergruppe und Zielgruppe sind auch hier Forschungsgruppen. Der Bilanzrahmen umfasst alle Straßen und ggf. weitere Verkehrs-

träger im Untersuchungsgebiet und alle dem Scope entsprechende Abgase emittierenden Verkehrsmittel. Die Betrachtung der Emissionen sollte in diesem Fall auf Tank-to-Wheel beschränkt sein. Die geographische Auflösung ist kommunal oder subkommunal, die räumliche und zeitliche Auflösung sollte möglichst hoch sein und die Ausdifferenzierung der Fahrzeugtypen richtet sich nach dem Scope.

Die zur Bilanz verwendeten Verkehrsdaten ermöglichen je nach Zeithorizont der Verfügbarkeit (z.B. Echtzeitdaten an Zählstellen) und Verortung einerseits kurzfristige Reaktion auf die Verkehrssituation (z.B. bei Unfällen, Baustellen oder hohen Emissionen). Andererseits können sie bei längerfristigen Zeithorizonten zu planerischen oder verkehrsregelnden Maßnahmen verwendet werden, welche die Auswirkungen der Störung zu minimieren. Die Anwendergruppe ist die Mobilitätsplanung, das Verkehrsmanagement und möglicherweise auch das Technische Amt. Ingenieurbüros und die kommunale Verkehrsplanung können diese Daten zur **Optimierung des Verkehrsflusses und der Verkehrssicherheit** in Stadtteilen verwenden.

Eine **Mobilitäts-App**, bspw. als integriertes Feature in die „Mensch-Solingen“-App, ist als eigenständiges Datenprodukt konzipiert, dabei allerdings auf die Bereitstellung von Daten aus anderen Datenprodukten angewiesen. Sie soll Bürgerinnen Informationen über die Emissionen, die durch ihre Routenwahl entstehen, bereitstellen. Darüber hinaus kann die App den Bürgerinnen klimafreundlichere Alternativen aufzeigen. Die App kann auf das Datenprodukt THG-Bilanz zugreifen. Dieses Datenprodukt enthält Emissionsfaktoren für verschiedene Verkehrsmittel, beispielsweise Pkw, Bus und Bahn. Wenn Nutzer*innen ihren Start- und Zielort in die App eingeben, berechnet die App verschiedene Routenoptionen und präsentiert die jeweiligen THG-Emissionen. Um eine fundierte Entscheidungsfindung zu ermöglichen, priorisiert die App Routen mit den geringsten Emissionen und hebt diese hervor. Nutzer*innen haben die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Verkehrsmitteln zu wählen. Die App ermöglicht es ihnen, die Auswirkungen ihrer Wahl auf die THG-Emissionen direkt zu vergleichen. Zusätzlich zu den Emissionsinformationen kann die App weitere nützliche Details anzeigen, wie beispielsweise die Fahrzeit, die Kosten oder die Verfügbarkeit von Parkplätzen und Abstellmöglichkeiten von Fahrrädern sowie Standorten von Leihsystemen. Diese App bietet eine Reihe von Vorteilen. Erstens fördert sie die Transparenz, indem sie Bürgerinnen für die Auswirkungen ihrer Mobilitätsentscheidungen sensibilisiert. Zweitens kann die App Nutzerinnen motivieren, klimafreundlichere Verkehrsmittel zu wählen. Drittens können Bürger*innen durch die Wahl emissionsarmer Routen und Verkehrsmittel aktiv zur Reduktion der THG-Emissionen beitragen. Viertens kann die App zu einer Verbesserung der Luftqualität und einer Reduktion des Verkehrslärms beitragen, was die Lebensqualität verbessert. Die App könnte um besondere Funktionen erweitert werden, um die Benutzerfreundlichkeit und den Nutzen zu erhöhen. Beispielsweise könnte die App personalisierte Empfehlungen geben, indem sie das Nutzerverhalten analysiert und individuelle Präferenzen berücksichtigt. Um die Nutzer*innen spielerisch zu motivieren, klimafreundliche Entscheidungen zu treffen, könnte die App Gamification-

Elemente einbauen. Darüber hinaus könnte die App mit anderen Mobilitätsdiensten vernetzt werden, beispielsweise mit Fahrplanauskunftssystemen oder Carsharing-Anbietern. Zudem könnte diese Applikation mittels einer transparenten Opt-In Option Bürger*Innen zum anonymen Teilen ihres Mobilitätsverhaltens animieren, um einen Beitrag zu leisten die Mobilitäts- und Verkehrsverhältnisse in ihrer Heimatstadt zu verbessern, indem Sie dieser Ihrer Kommune und der Wissenschaft zur Verfügung stellen. Hierbei müssen entsprechend die datenschutztechnischen Belange berücksichtigt werden.

Ein **Dashboard für kommunale Fachdaten in den Bereichen Klimaschutz, Verkehr und Umwelt** bietet zahlreiche Vorteile. Es ermöglicht einen zentralen Überblick über alle relevanten Daten und erleichtert die Beobachtung und Analyse von Trends und Mustern. Durch die Integration von Daten aus verschiedenen kommunalen oder wissenschaftlichen Datenkatalogen können umfassende Analysen (Monitoring, Identifikation von Maßnahmenbedarfen und -Priorisierung) durchgeführt werden, die ein besseres Verständnis der Zusammenhänge zwischen dem Verkehrsgeschehen und den Treibhausgasemissionen fördern. Sie können ggf. Daten in Echtzeit anzeigen, was für die Überwachung von Umweltparametern und Verkehrsdaten besonders wichtig ist, und ermöglichen eine schnelle Reaktion auf Veränderungen und Ereignisse. Ferner kann es auch dazu beitragen, die Transparenz gegenüber der Öffentlichkeit zu erhöhen, indem es den Bürgern ermöglicht, sich über den aktuellen Stand von Klimaschutzmaßnahmen und Verkehrsentwicklungen zu informieren. Durch die Bereitstellung klarer und verständlicher Visualisierungen unterstützt dieses die Entscheidungsfindung, so dass die kommunalen Entscheidungsträger fundierte Entschlüsse auf der Grundlage aktuellerer und genauerer Daten treffen können. Die Automatisierung der Datensammlung und -analyse spart Zeit und Ressourcen, so dass sich die Verantwortlichen auf die Umsetzung von Maßnahmen konzentrieren können, anstatt Daten manuell zu sammeln und zu analysieren. Es unterstützt, den Fortschritt bei der Erreichung von Nachhaltigkeitszielen zu verfolgen und zu bewerten, was besonders für die langfristige Planung und Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen wichtig ist. Ein gut gestaltetes Dashboard kann daher ein wertvolles Instrument für Kommunen sein, um ihre Klimaschutz-, Verkehrs- und Umweltziele effektiv zu verfolgen und zu erreichen.

Weitere Zielgruppen, die von der **Nutzung von Datenzwischenprodukten** profitieren könnten sind Unternehmen, Hersteller, Händler und Lieferanten. Sie können Emissionsfaktoren für die Treibhausgasbilanzierung von Lieferketten und für Nachhaltigkeitsberichte verwenden. Ferner können diese auch für weitere Informativische Dienste eingesetzt werden, wie einer Mobilitäts-App, die Nutzer*Innen über ihre Emissionen aufgrund ihrer Wege- und Verkehrsmittelwahl informiert.

3.1.3 Treibhausgasbilanzierung im Verkehr – Methodik und Datenprodukte

Das Datenprodukt "THG-Bilanz im Verkehr" ist ein wichtiges Instrument für Kommunen, um die THG-Emissionen des Verkehrssektors zu analysieren und gezielte Maßnahmen zur Emissionsreduktion zu entwickeln. Die Bilanzierung

erfolgt in Kommunen nach dem BSKO-Standard, der eine endenergiebasierte Betrachtung der Emissionen durch den Verkehr innerhalb des kommunalen Territoriums vorsieht. Das Datenprodukt liefert perspektivisch gleichzeitig Informationen über die Fahrleistungen verschiedener Verkehrsmittel (Straße, Schiene, Wasser, Luft), welche kommunenspezifische Eingangsdaten für die Bilanzierung sind. Wobei sich bei der prototypischen Umsetzung auf den Straßengebunden Verkehr fokussiert wurde, da hier im Vergleich zu den anderen Verkehrsträgern der Bedarf an qualitativer Aufwertung durch gemeindespezifische Daten am höchsten ist. Zudem stehen für die anderen Verkehrsträger bereits bundesweite qualitativ hochwertige Bilanzdaten auf kommunaler Ebene vor, die mit geringerem Anpassungs- und Implementierungsaufwand in den Bilanzierungsprozess eingebunden werden können. Bei der Bilanz wird hierbei nach Verursacher (Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr) und Wegezwecken unterschieden, dies ermöglicht eine differenzierte und detailliertere Analyse der Emissionsquellen. Die Datengrundlage aktueller THG-Bilanzen im Straßenverkehr bilden Top-Down auf Gemeinde-Ebene allokierte Verkehrsdaten sowie nationale Kennwerte für spezifische Energieverbräuche und Emissionsfaktoren. Die Qualität der gemeindespezifischen Datengrundlagen kann mittels Daten aus lokalen Verkehrszählstellen sowie zusätzliche Floating Car Data verbessert werden, indem sie detailliertere Informationen über die Verkehrsströme in der Kommune liefern. Das Datenprodukt "THG-Bilanz im Verkehr" dient als Grundlage für vielfältige Anwendungsfälle (Use Cases) im kommunalen Klimaschutz, darunter THG-Monitoring, Ursachenanalyse, Szenarienentwicklung und Maßnahmenplanung.

Für THG-Emissionen im Verkehr existieren verschiedene Abgrenzungsmethoden, auf welche Weise Verkehrsaufkommen einer Kommune zugerechnet werden und Einfluss auf die benötigten Datengrundlagen sowie den Bilanzierungsvorgang nehmen. Diese lassen sich in die vier wesentlichen Bilanzierungsprinzipien Territorialbilanz (Verkehr innerhalb der Gemeindegrenzen), Einwohnerbilanz (Mobilität der Einwohner unabhängig vom Ort des Verkehrs), Binnen-Quell-Ziel-Bilanz (alle Fahrten mit Start und/oder Ziel in der Kommune) und Energie-Absatz-Bilanz (Kraftstoffverkauf in der Kommune) unterscheiden.

Gemäß dem BSKO-Standard der zur Bilanzierung von Treibhausgasemissionen weitverbreitet und z.T. auch grundlegend für Förderprogramme im kommunalen Klimaschutz ist, wird für die Erfassung der Verkehrsemissionen in kommunalen Treibhausgasbilanzen eine endenergiebasierte Territorialbilanz zugrunde gelegt. Das bedeutet, dass die Emissionen durch das Verkehrsaufkommen aller motorisierten Verkehrsmittel innerhalb der Gemeindegrenzen bilanziert werden, unabhängig davon, wo die Fahrzeuge zugelassen sind oder wer sie nutzt. Dies spiegelt weitestgehend den politischen Einflussbereich einer Kommune wider und ermöglicht es, den Effekt von kommunalen Maßnahmen auf die Verkehrsemissionen zu bewerten. Demnach sollen nach Möglichkeit lokale Verkehrsdaten verwendet werden, die beispielsweise aus einem lokalen Verkehrsmodell oder durch Zählungen erhoben werden können. Im Straßenverkehr wird eine erweiterte Differenzierung der Fahrleistungen nach Herkunft und Ursachen empfohlen. So können die Emissionen des Pkw-Verkehrs nach Binnen-, Quell-, Ziel- und Durchgangsverkehr aufgeschlüsselt werden, um den

kommunalen Einflussbereich besser zu verstehen. Für die Berechnung der THG-Emissionen werden Emissionsfaktoren verwendet, die den gesamten Lebensweg des verbrauchten Kraftstoffs bzw. Stroms berücksichtigen (Well-to-Wheel-Ansatz). Diese Emissionsfaktoren werden verkehrsmittelfin und nach Antrieben differenziert aus TREMOD² ermittelt. Die motorisierten Verkehrsmittel im Personen- und Güterverkehr unterteilen sich hierbei im Wesentlichen entsprechend den nachfolgenden Kategorien:

- Straßenverkehr: Pkw, Motorisierte Zweiräder, leichte Nutzfahrzeuge (Lkw <3,5t zGM), Lkw >3,5t zGM, Linienbusse, Reisebusse
- Schienenverkehr: Öffentlicher Personennahverkehr, -fernverkehr, Güterverkehr, Straßen-/Stadt-/U-Bahnen
- Wasserverkehr: Güterbinnenschifffahrt
- Luftverkehr: Öffentliche bzw. gewerbliche Flüge
- Optional können auch private Flüge und die Personenschifffahrt berücksichtigt werden

Bei den Energieträgern differenziert der BSKO-Standard nach Kraftstoffen (z.B. Benzin, Diesel, CNG, LPG; inkl. Beimischung von Biokraftstoffen) und Strom für jedes ausgewiesene Verkehrsmittel. Der THG-Emissionsfaktor für Strom entspricht hierbei dem Bundes-Mix zur Strombereitstellung des entsprechenden Bilanzjahres.

Die Berechnung der THG-Emissionen erfolgt auf Basis der Fahrleistung des jeweiligen Verkehrsmittels, der spezifischen Kraftstoff- bzw. Stromverbräuche und der spezifischen Emissionsfaktoren des verwendeten Energieträgers. Zusätzlich zur verpflichtenden Bilanzierung der Endenergieverbräuche und THG-Emissionen empfiehlt der BSKO-Standard, die Datengüte der Bilanz anzugeben. Die Datengüte gibt Aufschluss über die Aussagekraft der Bilanz und der zugrunde liegenden Daten.

Ein zentrales Kriterium für die Genauigkeit und Lokalspezifität der THG-Bilanz und damit verbundene Anwendungsmöglichkeiten ist die Verfügbarkeit kommunenspezifischer Verkehrsdaten, insbesondere für den Kfz-Verkehr. Häufig verwenden Kommunen verfügbare Default Daten, die auf Basis bundesweit verfügbarer Statistiken abgeleitet werden. Sie können damit kleinräumige Verkehrssituationen in konkreten Einzelgemeinden und deren zeitliche Veränderung teilweise nur eingeschränkt abbilden (z.B. höhere Modal-Split-Anteile des Umweltverbundes und damit geringere einwohnerspezifische Pkw-Nutzung), was ihre Eignung für spezifische Anwendungsfälle einschränkt. Beispiele hierfür sind u. a. die genannten Use-Cases für detaillierte Bedarfsanalysen, wie für Radverkehrsinfrastruktur, den ÖPNV oder Sharing-Systeme oder die Reduktion lokaler Schadstoff-Emissionsquellen im MIV sowie die Erhöhung der Effizienz des ÖPNV. Spezifischere kommunale Verkehrs- und Mobilitätsdaten werden selten verwendet, da der Erhebung und Ver-

² <https://www.ifeu.de/methoden-tools/modelle/tremod>

arbeitung organisatorische und technische Hürden im Wege stehen. Über ein übertragbares Konzept zur automatisierten Bilanz auf Basis kommunenspezifischer Primärdaten, soll dem entgegen werden. Hierbei ist neben der Erschließung qualitätsgesicherter lokaler Primärdatenquellen und hierfür etablierten Datenverarbeitungs- und Berechnungsprozessen auch ein Data-Governance-Modell essenziell, um die Datenverfügbarkeit und -Qualität über alle Stakeholder hinweg zu sichern.

Methodik zur Erstellung der THG-Bilanz auf Basis von Zählstellendaten und kommerzieller FCD

Basierend auf der Sammlung und Recherche von verfügbaren Verkehrs- und Mobilitätsdaten wurde ein Datenfluss- und Berechnungsmodell erstellt. Dieses dient als Grundlage zum Aufbau einer Datenanalyse-Pipeline und des Berechnungsmodells der verkehrlichen THG-Bilanz im Verkehr. Hierbei werden ausgehend von den verfügbaren Eingangsdaten die einzelnen Prozessschritte hin zum erzielten Datenprodukt sowie weitere für andere Zwecke verwertbare Datenzwischenprodukte beschreibend visualisiert und dokumentiert.

i. Beschreibung der wesentlichen Datenquellen

Im Rahmen des Forschungsprojekts zur Ermittlung der THG-Emissionen des motorisierten Individualverkehrs in der Kommune Solingen wurden verschiedene Datenquellen gesammelt und auf ihre Tauglichkeit geprüft. Diese Daten bilden die Grundlage für die Entwicklung von Datenprodukten, die Fahrleistungen in Form von kumulierten gefahrenen Kilometern innerhalb der Stadtgrenzen sowie ein- und ausfahrende Verkehre analysieren. Im Folgenden werden einige wesentlich verwendeten Datenquellen ausführlicher beschrieben, wobei auf deren Herkunft und Nutzen eingegangen wird:

Amtliche Zählstellendaten

Die amtlichen Zählstellendaten stammen von offiziellen Verkehrsbehörden und umfassen Messungen auf Bundesstraßen, dem Autobahnnetz und innerörtlichen Straßen in Solingen. Diese Daten liefern absolute Zahlen zur Menge der Fahrzeuge, die bestimmte Streckenabschnitte passieren.

Herkunft: Die Daten werden kontinuierlich an Dauerzählstellen erhoben, um Verkehrsströme zu überwachen und Infrastrukturplanungen zu unterstützen. Sie sind über die Mobilithek³ (Echtzeitdaten) oder die Website der BAST⁴ beziehbar.

Aufbereitung: Je nach Aktualitätsbedarf werden unterschiedliche Quellen herangezogen. Über die Mobilithek sind minütlich aktualisierte Verkehrsmengen erhältlich. Diese werden geparkt und für spätere Analysen in einer Datenbank vorgehalten oder können ggf. direkt verwertet werden. Zu Beginn des Projektes wurden die Echtzeitdaten über den Mobilitätsdatenmarktplatz (MDM) bezogen, der inzwischen mit der mCloud, einem Datenangebot des BMDV zur Mobilithek fusionierte.

³ <https://mobilithek.info/>

⁴ <https://www.bast.de/DE/Verkehrstechnik/Fachthemen/v2-verkehrszaehlung/Verkehrszaehlung.html>

Nutzung: Sie dienen als essenzielle Grundlage zur Quantifizierung des Verkehrsaufkommens und dienen an statischen Punkten zur Hochrechnung der Trajektorien von Floating Car Daten.

Floating Car Data (FCD)

Die Floating Car Data wurden von der Firma Inrix bereitgestellt, einem renommierten Datenprovider für Verkehrsanalysen und -Daten. Diese Daten sind geografisch und zeitlich mit den amtlichen Zählstellendaten abgestimmt, was eine hohe Vergleichbarkeit sicherstellt.

Herkunft: FCD werden durch GPS-Signale von Fahrzeugen generiert, die in Echtzeit Bewegungsdaten liefern.

Aufbereitung: Die übermittelten Rohdaten (GPS-Wegpunkte) wurden auf das bestehende Straßennetz gemappt, um Ungenauigkeiten der Koordinatenwerte zu bereinigen und die Datenqualität zu erhöhen. Dieser Prozess der Qualitätssicherung verbessert u.a. die Genauigkeit des Abgleichs der FCD mit den Zählstellendaten.

Nutzung: FCD ermöglichen eine detaillierte Analyse des Fahrverhaltens aber vor allem auch der zurückgelegten Strecken entlang des Straßennetzes, was für die Berechnung von Fahrleistungen und damit verbundenen CO₂-Emissionen entscheidend ist. Ferner können sie für die Identifikation von Verkehrsmustern (z.B. Differenzierung der Quell-Ziel-Binnen-Verkehrsanteile) und Stauherden eingesetzt werden.

Daten videobasierter Verkehrserhebungsanlagen von Bedarfserhebungen

Zusätzlich wurden Kameradaten aus punktuellen Erhebungen der Kommune Solingen eingesetzt, um eine detailliertere Darstellung der Flottenzusammensetzung im innerörtlichen Verkehr zu erhalten.

Herkunft: Die Daten wurden mittels verkehrstechnischer Kameras an ausgewählten Standorten in Solingen erhoben.

Aufbereitung: Obwohl die Daten geprüft und aufbereitet wurden, wurden sie aufgrund fehlender zeitlicher Überlappung sowie der nicht kontinuierlichen Verfügbarkeit nicht mit den anderen Datenquellen in die Hauptanalyse eingebunden.

Nutzung: Trotz der aktuellen Nichtverwendung bieten diese Kameradaten ein erhebliches Potenzial für zukünftige Untersuchungen und für den Prozess zur Generierung des Datenprodukt verwendet zu werden. Sie können gezielt eingesetzt werden, um an bestimmten Punkten im Stadtgebiet detaillierte Verkehrsdaten zu erheben und somit die Feinheit und Genauigkeit zukünftiger Analysen zu erhöhen. Eine systematische und kontinuierliche Erhebung der Daten an definierten Standorten wäre gegenüber einer bedarfsorientierten Verkehrserfassung für die Qualität der Datenprodukte vorteilhaft.

ii. Metadaten-Schema der Datenquellen

Die vielfältigen Datenquellen bieten eine Grundlage für ein umfassendes Bild des Verkehrs in Solingen und sind Ausgangsbasis für eine möglichst präzise Ermittlung der verkehrsbedingten THG-Emissionen innerhalb des Ver-

waltungsgebietes. Während amtliche Zählstellendaten und FCD bereits effektiv genutzt wurden, eröffnen die Kameradaten Möglichkeiten für zukünftige, noch detailliertere Untersuchungen. Die Kombination dieser Datenquellen trägt dazu bei, fundierte Entscheidungen für Verkehrspolitik und Umweltmaßnahmen zu treffen.

Um eine Übersicht zu den gesammelten Daten zu behalten und eine fachliche Bewertung für die Nutzung für das vorliegende Datenprodukt und zusätzlich potenzielle Weiterentwicklungen durchführen zu können, wurde ein prototypischer Datenkatalog aufgesetzt, indem systematisch die Metadaten zu den verfügbaren Daten zusammengetragen wurden.

Die nachfolgenden Kategorien des initialen Datenkatalogs bieten zusammen eine umfassende Struktur zur Bewertung von Datenquellen und helfen den Nutzern, den Inhalt, den Umfang, die Stärken, Schwächen, Anwendungsgebiete und Zugriffsanforderungen der einzelnen Datensätze schnell zu verstehen. Diese Form stellt den ersten Entwicklungsschritt des prototypischen Katalogs dar, welcher im Laufe des Projekts weiterentwickelt wurde. Eine tiefgehende Beschreibung der in InGRID implementierten Meta-Datenstandards und die Einbettung in die übergreifende Data Governance im Ökosystem erfolgt in den anschließenden Kapiteln.

Nr.	Quellenname	Dateninhalt	Scope - Geographisch	Scope - Bezugseinheit	Scope - Verkehrsmittel	Zeitlicher Bezug / Aktualisierungsfrequenz	Vorteile	Nachteile	Anmerkung	Verfügbarkeit über	Lizenzierung
9	Kommunale Verkehrsmodelle	Verkehrsmodelle auf kommunaler oder regionaler Ebene (DTV) auf Straßenabschnitten	Kommune (Region, Straßen, Verkehrsstränge (DTV) für alle Straßenabschnitte)	Fahrzeug, Flotten, Straßenabschnitte, Quell-Ziel-Beziehungen	SUV, LV oder PKW, MAB, NBZ, Busse und Kleider oder ...	mehrfach/jährlich	Ordnungsdaten und abgerundetes Verkehrsmodell. Bestimmung der Quell-Ziel-, Binnen- und Durchgangselekture möglich.	Aktualisierungsterminfall der Datengrundlagen (oft Belegungen, manuelle Zählungen) und des Modells (Wirkungsänderungen)	Wenn verfügbar und aktuell ist das eine gute Grundlage zur Ableitung der Verkehrsstrahlen auf Kommunalebene und Ableitung Fahrlösungen je Straßenabschnitt sowie der Quell-Ziel-, Binnen- und Durchgangselekture.	Kommunikation / Dienstleister (Verkehrsplanungsbüros)	auf Anfrage, oft zweigebunden
10	Dauerschleifen BUND	Fig -Zählungen an einzelnen Streckenabschnitten (2.039 ZS, davon 189 auf BAB und 950 auf Bundesstraßen)	Bundesländer, Österr. Straßen, Verkehrsstränge (DTV) auf BAB und B	Fahrzeug, Flotten, Straßenabschnitte	Motorrad, PKW, Lieferwagen, PKW mit Anhänger, Liv. Liv mit Anhänger, Samelfahrfahrzeuge, Bus	monatlich, stündlich, monatlich, jährlich	Hochaktuelle Verkehrsstrahlen auf Streckenabschnitten bzw. -quer schnitten auf BAB und B.	Ungeordnetes Straßennetz nicht erfasst, je aktueller die Daten, desto höher die Aufwände zur Konkretisierung einzelner Zählstellenverhältnisse. Heterogene Datenverfügbarkeit. Aktuell nicht von allen Bundesländern erhältlich.	Geeignet, um Verkehrsmodelle abzugleichen, generelle Fahrlösungsrends zu schätzen und ggf. punktuell Einzeldaten (Funkzellen-, Floating Car Daten) hochzurechnen.	BAS / MEM	frei verfügbar / OpenData / auf Anfrage
11	Dauerschleifen Länder	Fig -Zählungen an einzelnen Streckenabschnitten	Bundesländer, Österr. Straßen, Verkehrsstränge (DTV) auf BAB, B, L, K, G, S	Fahrzeug, Flotten, Straßenabschnitte, Zählstelle, Gebietsbezogen	Motorrad, PKW, Lieferwagen, PKW mit Anhänger, Liv. Liv mit Anhänger, Samelfahrfahrzeuge, Bus	monatlich, stündlich, monatlich, jährlich	Hochaktuelle Verkehrsstrahlen auf Streckenabschnitten bzw. -quer schnitten auf BAB und B.	Ungeordnetes Straßennetz nicht erfasst, je aktueller die Daten, desto höher die Aufwände zur Konkretisierung einzelner Zählstellenverhältnisse. Heterogene Datenverfügbarkeit. Aktuell nicht von allen Bundesländern erhältlich.	Geeignet, um Verkehrsmodelle abzugleichen, generelle Fahrlösungsrends zu schätzen und ggf. punktuell Einzeldaten (Funkzellen-, Floating Car Daten) hochzurechnen.	BAS / MEM / Web-Portale der Landesstellen	frei verfügbar / OpenData / auf Anfrage
12	Verkehrserfassungsanlagen der Kommunen	Fig -Zählungen an einzelnen Streckenabschnitten	Kommune (Region, Verkehrsstränge (DTV) auf B, L, K, G, S)	Fahrzeug, Flotten, Straßenabschnitte, Zählstelle, Gebietsbezogen	LV, SUV o. äh., Motorrad, PKW, Lieferwagen, PKW mit Anhänger, Liv. Liv mit Anhänger, Samelfahrfahrzeuge, Bus, etc.	monatlich, stündlich, monatlich, jährlich	Hochaktuelle Verkehrsstrahlen auf Streckenabschnitten bzw. -quer schnitten auf BAB und B, L, K, G. Ungeordnetes Straßennetz gut erfasst.	Je aktueller die Daten, desto höher die Aufwände zur Konkretisierung einzelner Zählstellenverhältnisse. Heterogene Datenverfügbarkeit. Aktuell nicht von allen Kommunen erhältlich.	Geeignet, um Verkehrsmodelle abzugleichen, generelle Fahrlösungsrends zu schätzen und ggf. punktuell Einzeldaten (Funkzellen-, Floating Car Daten) hochzurechnen.	MEM / Web-Portale der Kommunen	frei verfügbar / OpenData / auf Anfrage
13	Funkzellendaten	Erfassung der Bewegung von Endgeräten über Log-Status in Funkzellen, Quell-Ziel-Beziehungen von Endgeräten.	BfD, Österr. Relationen	Individuen, Relationen, Gebietsbezogen	Alle, äh. undifferenziert	"Echtzeit", monatlich, jährlich	Hochaktuelle Quell-Ziel-Beziehungen zwischen Verkehrsträgern (Funkzellen), Thru, Rückrufkette auf VKM möglich.	Schleife der Stichprobe (oft ein T-Kom-Arbeiter) und "Hotfix"- sowie Unverfasserungen möglich, Rückrufkette auf VKM möglich.	Gut geeignet, um Quell-Ziel-Beziehungen für Verkehrsmodelle auf weitere Analysen zu erfassen. Sowie Verkehrsmengenentwicklungen abzuschätzen.	Teleatica / Demata / Telefonica	kommerziell / gegen Gebühr frei verfügbar

Abbildung 2: Auszug Datenkatalog (Excel)

- Nr. (Nummer):** Diese Spalte weist jeder Datenquelle im Katalog eine eindeutige Kennung zu, was eine einfache Referenzierung und Organisation ermöglicht.
- Quellenname:** Diese Kategorie gibt den Namen der Datenquelle an und stellt eine kurze Kennung oder einen Titel für jeden Datenpunkt dar. Sie hilft den Nutzern, die verschiedenen Datensätze schnell zu erkennen und zu unterscheiden.
- Dateninhalt:** Diese Spalte beschreibt die Art der gesammelten oder enthaltenen Daten in jeder Quelle. Sie gibt an, welche Art von Informationen verfügbar sind, z. B. Verkehrsmodelle, Fahrzeugzählungen oder mobile Gerätedaten, und vermittelt den Nutzern ein Verständnis über den Umfang und das Thema des Datensatzes.

4. **Scope - Geographisch:** Beschreibt die geografische Reichweite der Daten und gibt an, ob diese national, regional, kommunal oder auf bestimmte Straßenabschnitte beschränkt sind. Diese Information ist für Nutzer wichtig, die Daten für eine bestimmte Region benötigen.
5. **Scope - Bezugseinheit:** Diese Kategorie definiert die Ebene oder Einheit der Detailtiefe der Daten, z. B. nach Fahrzeug, Flotte, Straßenabschnitt oder spezifischer Verkehrsstärke. Sie informiert die Nutzer über die Granularität des Datensatzes und hilft ihnen, seine Eignung für ihre Zwecke einzuschätzen.
6. **Scope - Verkehrsmittel:** Diese Spalte identifiziert die enthaltenen Verkehrsmodi wie PKW, Lastwagen, Busse, Motorräder oder Fahrräder. Dies ermöglicht den Nutzern, zu sehen, welche Fahrzeugkategorien vertreten sind und ob die Daten ihren Anforderungen entsprechen.
7. **Zeitlicher Bezug / Aktualisierungsfrequenz:** Diese Kategorie beschreibt die Häufigkeit und den Zeitpunkt der Datenaktualisierungen, z. B. ob die Daten stündlich, täglich, monatlich oder jährlich gesammelt werden. Regelmäßige Aktualisierungen könnten die Daten für dynamische Anwendungen zuverlässiger machen.
8. **Vorteile:** Diese Kategorie listet die Vorteile oder Stärken des Datensatzes auf, z. B. hohe Genauigkeit oder umfassende Abdeckung. Sie gibt Einblick, warum Nutzer diese Datenquelle gegenüber anderen wählen könnten.
9. **Nachteile:** Diese Spalte hebt eventuelle Einschränkungen oder Nachteile hervor, wie z. B. veraltete Informationen oder begrenzte Abdeckung in bestimmten Gebieten. Das Verständnis der Einschränkungen hilft den Nutzern, die Zuverlässigkeit und Relevanz des Datensatzes für ihre spezifischen Bedürfnisse zu bewerten.
10. **Anwendung:** Diese Kategorie beschreibt potenzielle Anwendungsfälle für die Daten und gibt an, wie diese verwendet werden können, z. B. in Verkehrsmodellen, Echtzeitanalysen oder Infrastrukturplanungen. Sie hilft den Nutzern, Daten mit ihren beabsichtigten Anwendungen abzugleichen.
11. **Anmerkung:** Diese Kategorie liefert zusätzliche Hinweise, wie spezifische Bedingungen für den Datenzugang, Anforderungen für die Datenverfügbarkeit oder technische Überlegungen. Sie kann wichtige Kontextinformationen oder Klarstellungen zu den Daten enthalten.
12. **Verfügbarkeit über:** Diese Spalte gibt an, wo oder wie die Nutzer auf die Daten zugreifen können, z. B. über ein bestimmtes Regierungsportal oder einen Drittanbieter. Zu wissen, wie man auf die Daten zugreift, ist entscheidend für eine effiziente Nutzung.
13. **Lizenzierung:** Diese Spalte beschreibt die Lizenzbedingungen der Daten, z. B. ob sie als offene Daten verfügbar sind, eine Anfrage erfordern oder nur kommerziell zugänglich sind. Lizenzinformationen sind wichtig, um die Nutzungsbedingungen und Einschränkungen der Daten zu verstehen.

iii. Beschreibung der prototypischen Umsetzung der THG-Bilanzberechnung im Verkehr

Für die Datenfusion und die bilanziellen Modellberechnungen, wie sie im Datenflussmodell initial konzipiert wurden, wird eine PostgreSQL-Datenbank⁵ mit Postgis-Erweiterung⁶ verwendet, um die unterschiedlichen Eingangsdaten aus

⁵ <https://www.postgresql.org/>

⁶ <https://postgis.net/>

den unterschiedlichen Datenquellen, -Formaten und Koordinatenbezugsystemen vereinheitlicht zusammenzuführen und zu konsolidieren. Das Abrufen, Parsen, Einlesen und Aktualisieren der Daten erfolgten, ebenso wie Teile der Berechnungen, die nicht in der Geo-Datenbank durchgeführt werden, über dafür eingesetzte und programmierte Python-Module.

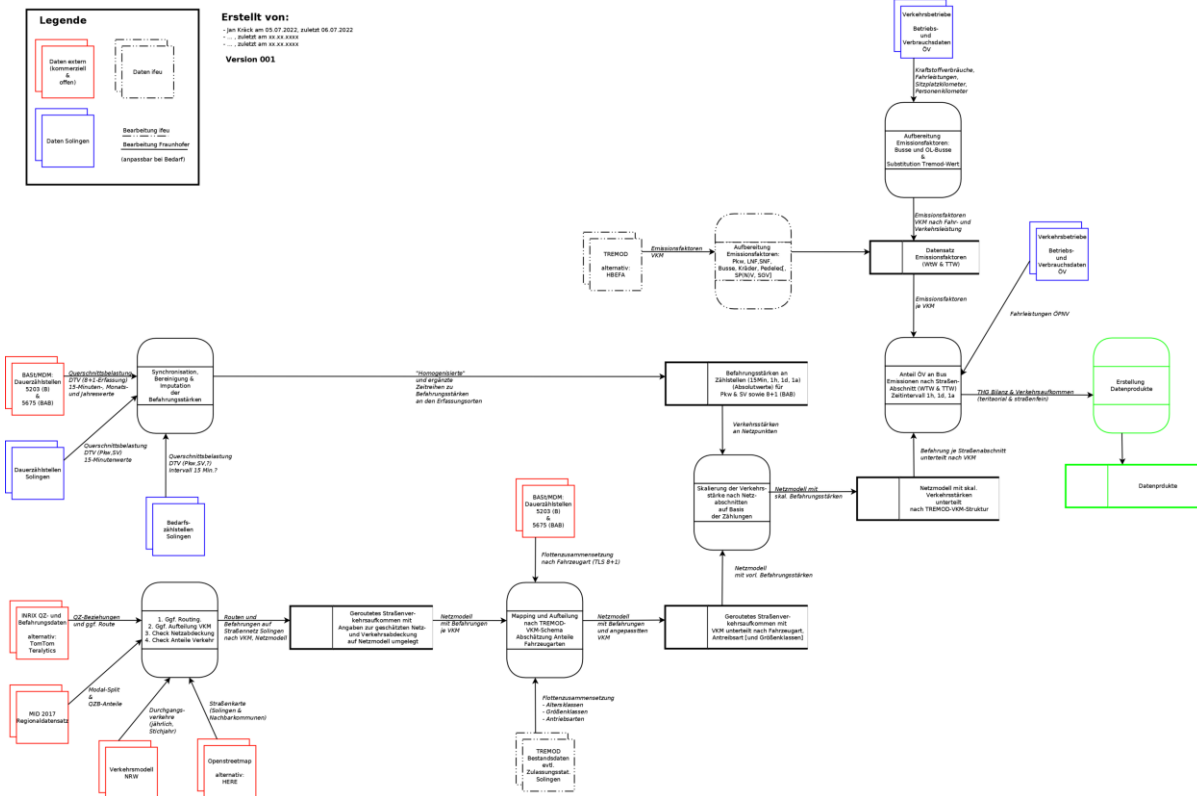


Abbildung 3: Daten- und Prozessflussmodell. Initiale Version auf Basis ermittelter Datenquellen. Im Laufe der prototypischen Umsetzung ergaben sich bei Anpassungsbedarfen bspw. aufgrund tatsächlicher Datenverfügbarkeit oder Qualität Änderungen am Modell

Mithilfe einer lokal implementierten Instanz der OpenSource-Routing Software Graphhopper² und der Postgis-Extension³ werden die aufgrund der GPS-Ungenauigkeit streuenden Geolokationen der Floating Car-Daten (Punkt-Koordinaten) auf das Straßennetz (Linien-Repräsentation) gematcht. Die FCD stellen eine Stichprobe der verkehrsverursachenden Kfz auf dem Straßennetz dar. Ein Abgleich mit dem Gesamtverkehrsaufkommen geschieht während des Datenfusions- und Berechnungsprozesses anhand der Zählwerte der kommunalen Verkehrserfassungsanlagen und der Dauerzählstellen aus Bundesautobahnen und -Straßen. Dazu werden vorab die FCD und die Zählstellen um Fahrtrichtungsinformationen und weitere Ortslageinformationen ergänzt, die für einen genaueren, richtungsscharfen Abgleich mit den aufbereiteten Zählstelleninformationen der Kommune sowie der Bundesautobahnen und

Bundesstraßen über die Summen innerhalb eines Zeitraums an einem einzelnen Erfassungspunkt hinaus erforderlich sind. Hierbei zeigt sich, dass Repräsentativität der FCD gegenüber den Zählwerten zeitlich und örtlich stark variiert.

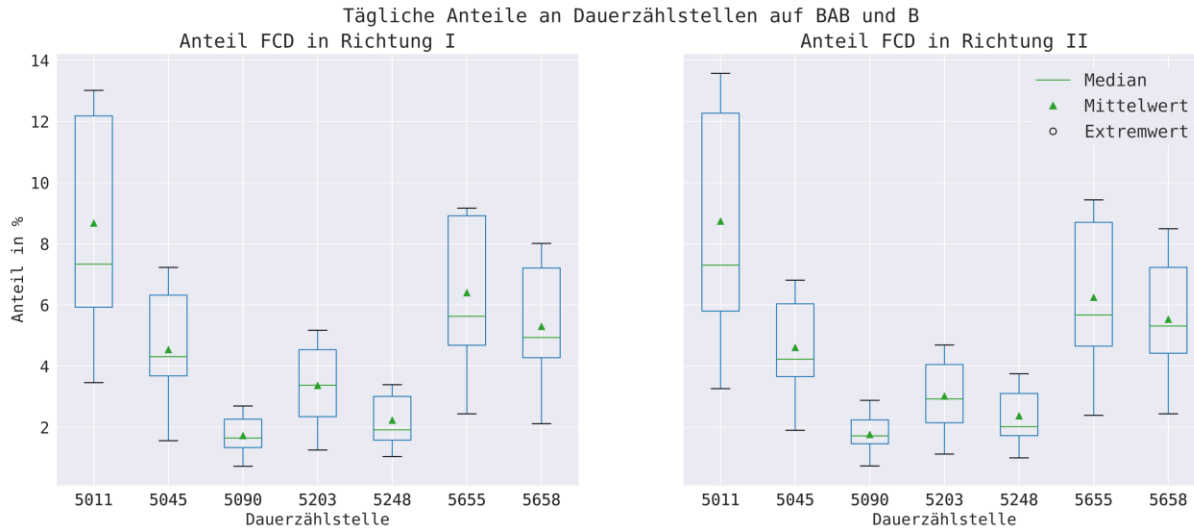


Abbildung 4: Anteile der Floating Car Data Trajektorien an den erfassten Kfz der jeweiligen Dauerzählstellen auf Bundesstraßen und Bundesautobahnen.

Während auf Bundesautobahnen und Bundesstraßen die Anteile an der gemessenen Verkehrsstärke (KFZ/24h) im Betrachtungszeitraum zwischen 0,7% und 13,6% sowie im Mittel bei 4,6% liegen, beträgt der Mittelwert an städtischen Zählstellen 2%. Vereinzelt sind keine FCD-Fahrzeuge innerhalb 24h an Zählstellen zuordenbar. Wobei hier die Zählstelle mit der Positions-ID 13 aus der Bewertung fällt, da es sich um Zählstellen auf Busspuren handelt.

Tägliche Anteile der erfassten FCD an Zählstellen in Solingen (Zufluss)

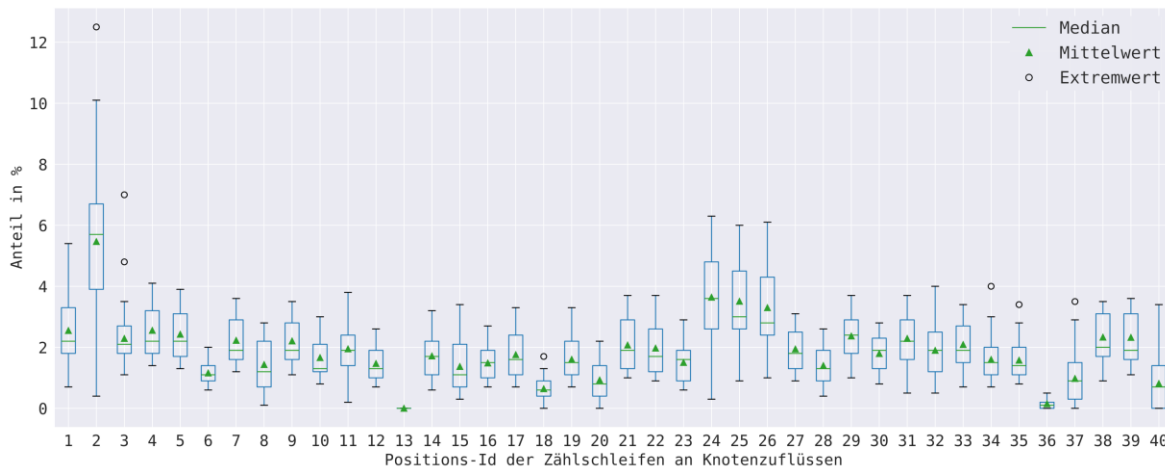


Abbildung 5: Anteile der Floating Car Data Trajektorien an den erfassten Kfz der jeweiligen Zählstellen auf dem Stadtgebiet Solingens.

Aufgrund der ungleichmäßigen Verteilung der Anteile an der gemessenen Verkehrsstärke wird davon ausgegangen, dass die Stichprobe basierend auf Floating Car-Daten eine gewisse Verzerrung aufweist und nicht den Querschnitt

der verkehrsteilnehmenden Kfz hinsichtlich Fahrzeugtypen, Größen-, Altersklassen und der zugehörigen Nutzergruppe entspricht. Hierbei dient folgende Hypothese als Erklärungsansatz: die Datenquelle erfasst überdurchschnittlich viele Fernreisende oder längere Fahrten, da diese tendenziell gegenüber ortsvertraute und Kurzstreckenfahrende vermehrt ein Navigationsgerät zur Routenführung einsetzen. Ein Indiz hierfür ist der im Durchschnitt höhere Erfassungsanteil auf Autobahnen und Bundesstraßen. Zudem könnte bei Fernreisen bzw. Langstrecken im Trend der Anteil neuerer Fahrzeuge mit entsprechender Telemetrie höher liegen oder der Datengeber ist hinsichtlich der Datenlieferungen bestimmter Hersteller eingeschränkt, die lokal eine höhere Rolle spielen. Aufgrund fehlender weiterer Informationen zur Flottenzusammensetzung innerhalb der FCD konnte dies nicht weiter untersucht werden. Diese Verzerrung schränkt einerseits die Genauigkeit für die Bestimmungen der Fahrleistungen auf den Straßenabschnitten v.a. im untergeordneten Straßennetz ein und schlägt sich hier aufgrund mangelnder Korrekturmöglichkeiten mittels weiterer Daten auf die Genauigkeit und Qualität der Fahrleistungsermittlung und somit auf die der THG-Bilanz nieder. Andererseits werden auch die Verkehrsmengenanteile der Binnen-, Quell-Ziel- und Durchgangsverkehre beeinflusst. Hinsichtlich der Fragestellung der Repräsentativität von Floating Car-Daten und Möglichkeiten der Bestimmung ausgleichender Gewichtungsfaktoren besteht an dieser Stelle weiterer Forschungsbedarf. Dennoch stellt diese Datenquelle mangels alternativer hochaktueller Informationen zu zurückgelegten Wegen und Quell-Ziel-Beziehungen eine wichtige ergänzende Datenquelle dar, um aktuelle Verkehrsaufkommen abschätzen zu können. Zudem wird perspektivisch davon ausgegangen, dass sich die Repräsentativität aufgrund fortschreitender Digitalisierung im Kraftfahrzeugsektor verbessert.

Eine Herausforderung im Datenanalyse- und Modellierungsprozess stellen die Datenqualität und zeitlich begrenzte Ausfälle der Verkehrserfassungsanlagen dar, was zusätzliche Aufbereitungsschritte vor allem der kommunalen Daten erforderlich macht. Zur Detektion unplausibler bzw. fehlerhafter Werte wird eine Methode des maschinellen Lernens eingesetzt, deren Zuverlässigkeit allein allerdings noch anhand weiterer historischer Daten verbesserungsbedürftig ist. Daher wird sie zur Vermeidung falsch positiver Detektionen und Wert-Ersetzungen durch ein einfaches statistisches Verfahren zur Identifikation von unplausiblen Extremwerten bzw. Festlegung von Gültigkeitsbereichen ergänzt.

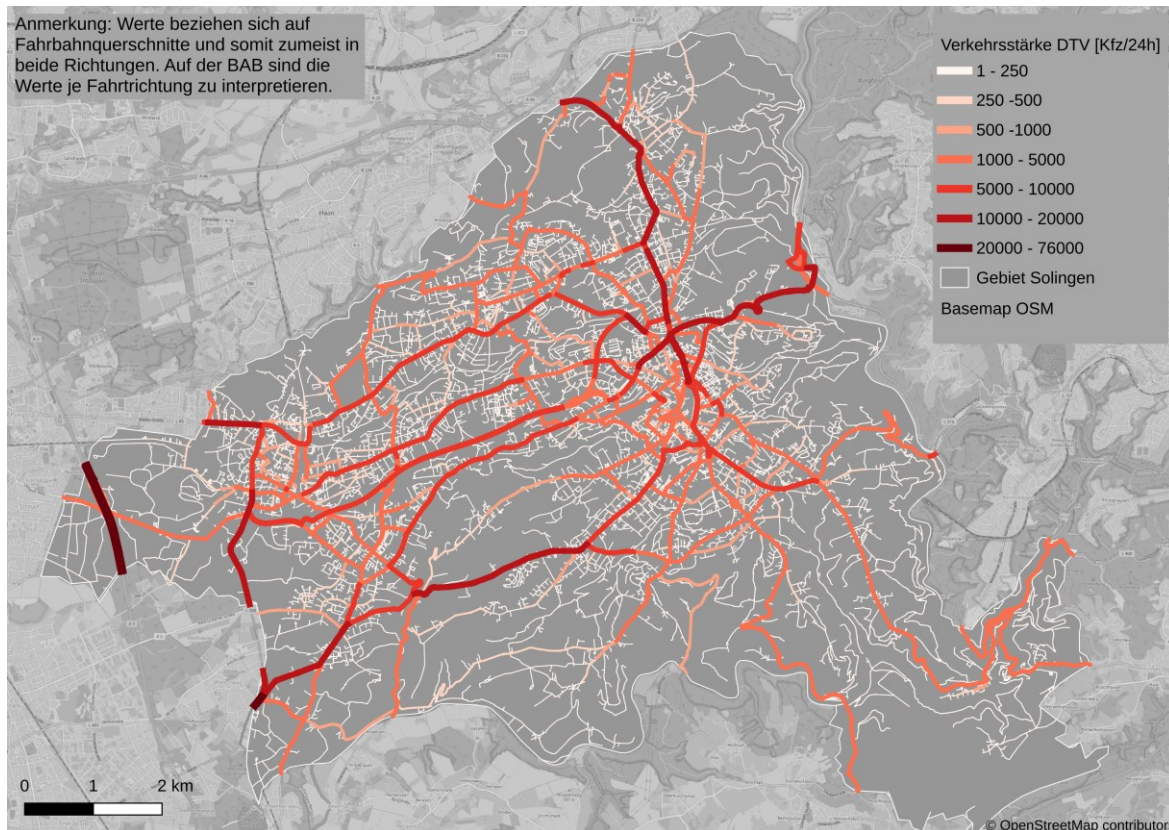


Abbildung 6: Mittlere tägliche Verkehrsstärken [Kfz/24h] auf Solinger Gemarkung basierend auf hochgerechneten Floating-Car-Trajektorien anhand lokaler Zählstellendaten in und um Solingen im vorliegenden Untersuchungszeitraum zur Prototypen-Entwicklung.

Die ermittelten THG-Emissionen des Straßenverkehrs (ohne ÖPNV) auf Basis der ermittelten Fahrleistungen betragen für den hier Betrachtungszeitraum von zwei Monaten des Jahres 2022 knapp 22 Tsd. CO_{2eq}. Validierungs- und Plausibilisierungsschritte sowie weitere Kalibrierungen und Justierungen, um beispielsweise den Einfluss der schwankenden Hochrechnungsfaktoren genauer abzuschätzen oder auszugleichen. Auch bezüglich der Flottenzusammensetzungen im untergeordneten Straßennetz, ist eine Bedarf weiterer Präzisierungen. Zudem wurde der öffentliche Personennahverkehr (ÖV) explizit ausgeschlossen, um sich auf den motorisierten Individualverkehr zu konzentrieren. Ein funktionsfähiger Ansatz zur Berücksichtigung des ÖPNV-Verkehrs besteht zwar auf Basis von GTFS-Sollfahrplandaten wurde hier aber bisher nicht in den Prototypen zur THG-Bilanz implementiert. Es fehlen ein Abgleich und die kontinuierliche Einbindung von Betriebsinformationen des ÖPNV-Betreibers in das Modell. Perspektivisch stellt hier eine Einbindung von Echtzeitdaten des ÖPNV-Betriebs eine Verbesserung der Ermittlung tatsächlicher Fahr- und Verkehrsleistungsinformationen dar⁷.

⁷ <https://mobilithek.info/blog/delfi-daten-mobilithek>, <https://mobilithek.info/offers/-2883874086141693018>

iv. Beschreibung weiterer Datenprodukte

Während des Erstellungsprozesses der THG-Bilanz entstehen neben dieser weitere nutzbare Zwischenprodukte, die beispielweise in den genannten Use-Cases oder wissenschaftlichen Zwecken verwendet werden können. Zudem existieren Datensätze, die für die Bilanz grundlegend sind und ebenfalls anderweitig Verwendung finden können, um weitere Analysen durchzuführen, Datenprodukte oder Lösungen zu entwickeln. Beispiele hierfür sind:

- Georeferenzierte, erweiterte Informationen zu kommunalen Zählstellen
 - Für den Abgleich der FCD-Trajektorien mit den Zählwerten werden die Positionen der Zählstellen mit zusätzlichen Informationen zu Fahrtrichtung und relativer Lage weiterer Zählstellen ergänzt.
- Bereinigte, an den Straßenverlauf angegliche FCD-Trajektorien
 - Um eine möglichst Vollständige Zuordnung der Trajektorien zu Straßenabschnitten und Zählstellen zu ermöglichen, werden die ungenauen GPS-Trajektorien an das Straßennetz angeglichen.
- Hochrechnungsfaktoren für die FCD
 - Zur Bestimmung der Verkehrsstärke und Fahrleistungen im Straßennetz Solingens werden die FCD mithilfe der zeitlich und örtlich übereinstimmenden Zählstellwerte hochgerechnet. Hierbei entstehen u.a. Hochrechnungsfaktoren, die die Repräsentativität der FCD an dem jeweiligen Zählpunkt widerspiegeln.
- Fahrleistungen und Befahrungsstärken auf den Straßen des Kommunalgebiets
 - Die Fahrleistungen des MIV stellen eine zentrale Größe in der THG-Bilanz dar. Hierbei entstehen auch Informationen zu räumlichen Straßenbelastungen im Verkehrsnetz.
- Geschwindigkeitsverteilungen über das Straßennetz
 - Aus den Wegpunktdaten bzw. GPS-Trajektorien lassen sich über Distanz und Zeitstempel Geschwindigkeiten der einzelnen erfassten Fahrzeuge ermitteln und statistisch auswerten. Zudem liefern auch manche Verkehrserfassungsanlagen Geschwindigkeitsinformationen.
- Differenzierte Energieverbrauchs- und Emissionsfaktoren
 - Diese werden benötigt, um eine Energie- und Treibhausgasbilanz zu erstellen. Sie variieren zumeist nicht kommunenspezifisch, können aber beispielsweise im ÖPNV bei einem relativ hohen Elektrotraktionsanteil der Busse stärker abweichen.
- Quell-/Zielbeziehungen von überregionalen Verkehren
 - Die Analyse der Quell- und Zielbeziehungen überregionaler Verkehre beinhaltet die Untersuchung, woher die Fahrzeuge kommen und wohin sie fahren, insbesondere wenn sie die Stadtgrenzen überschreiten. Mithilfe der FCD konnten die Bewegungsmuster der Fahrzeuge nachverfolgt werden, um

festzustellen, wie viel Verkehr aus benachbarten Regionen ein- und ausfließt oder das Kommunalgebiet durchfährt.

Um die Weiterverwertung und zumindest Auffindbarkeit dieser Zwischenprodukte sicherzustellen werden diese im Datenkatalog des Ökosystems eingetragen und mit entsprechenden Metadaten versehen. Was im Zuge eines bestehenden Testsystems für den Ökosystem-Datenkatalog durchgeführt wurde. Aus dem Blickwinkel der Datenprodukterstellung sind hierbei vor allem auch erweiterte Informationen zum Aufbereitungsprozess und bekannte Anwendbarkeitsrestriktionen oder -kriterien relevant.

3.1.4 Konzepte Data Governance im Ökosystem

Im Rahmen früher Schritte des Arbeitspaketes 3 erfolgte eine Analyse der Organisationsstrukturen und des Ökosystems der Stadt Solingen, um ein tiefgehendes Verständnis von Hierarchien, Entscheidungsprozessen und organisatorischen Umständen zu generieren. Im Anschluss wurden Stakeholder von Arbeitspaket 2 übernommen. Diese wurden mit Fokus auf die im Arbeitspaket 3 relevanten Themenfeldern, speziell Data Governance und Ökosystemgestaltung, verortet und gestaffelt. Die identifizierten Stakeholder wurden in Absprache mit der Projektleitung kontaktiert. Eine Analyse des ist-Zustands der Datenorganisation bei der Stadt Solingen ist im Nachgang durch eine **anonyme Befragung** erfolgt. Die Ergebnisse wurden in verschiedene Themengebiete unterteilt. Abb.1 visualisiert schematisch die identifizierten Datenflüsse anhand eines Datenproduktes des Solinger Klimaschutzmanagements. Auf diese Weise wurden die Ergebnisse der Erhebung mit der operativen Datenprodukterstellung gespiegelt zur Gewinnung weiterer Erkenntnisse über die Datenorganisation der Stadt Solingen.

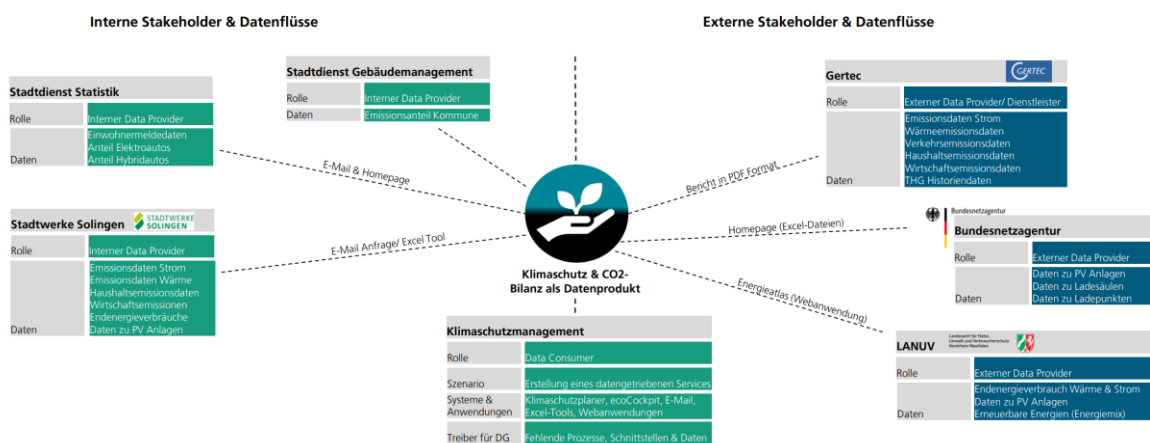


Abbildung 7: Ist-Analyse der internen und externen Datenflüsse zur Erstellung des Datenprodukts „Klimadashboard“ des Solinger Klimaschutzmanagements

Zu Daten und Information hat die qualitative Erhebung ergeben, dass Fachressorts sowohl interne als auch externe Datenbestände nutzen. In den Fachressorts werden überwiegend interne Daten und Informationen genutzt, die nur

durch freizugängliche externe Daten ergänzt werden. Somit hat hierbei die Digitalisierung der Prozesse, die Verwendung und Strukturierung von Daten, sowie die Anbindung neuer Technologien in die Arbeitsprozesse eine erhöhte Relevanz in den Umfrageergebnissen bekommen.

Zum Thema Herausforderung und Umgang mit Daten ergab die Umfrage, dass die Herausforderungen vor allem in der bestehenden, unklaren Strukturierung der Prozesse zur Bewältigung der steigenden Datenmengen in hoher Qualität liegen. Neben Kompetenzhürden werden die strukturelle Organisation der Daten als Hürde angesehen, die die Auffindbarkeit, Kommunikation etc. erschweren. Zudem variieren die Daten in Qualität und Quantität. Entsprechend der identifizierten Herausforderungen im Umgang mit Daten werden Maßnahmen als nützlich eingeschätzt, die die Kollaboration erleichtern, Klarheit schaffen und als Prozesse definiert für Transparenz sorgen.

Die Analyse der Ergebnisse im Themenbereich der Verantwortlichkeiten in der Datenorganisation ergab eine tendenzielle Unklarheit über den Begriff der Data Governance. Das Konzept der Data Governance war zwar tendenziell einem Drittel der Befragten eher bekannt, jedoch nicht über die Organisation Solingens konsistent kommuniziert oder in die Prozesse integriert. Es gibt keine klar identifizierbaren Instanzen mit Verantwortungshierarchien für die heterogene Datenlandschaft, in der Daten in strukturierter und unstrukturierter Form verwendet werden.

Zur Thematik „Externes Netzwerk“ ergab sich, dass die übergeordnete Verantwortung nicht konsistent über die Organisation hinweg kommuniziert wird. Dies lässt Rückschlüsse auf die Datenstrategie zu, die nicht allen Befragten bekannt war. Ein Datenaustausch zwischen Ressorts findet statt. Dieser erfolgt über E-Mail-Verkehr, Cloud-Services, Laufwerke sowie eine Plattform für Geodatenaustausch. Über Cloud, Portale, Mail oder den Smart City Hub bezieht ein Teil der Befragten bereits standardisierte Datenformate von externen Stakeholdern. Intern sowie extern besteht bereits eine vielseitige Verflechtung zwischen Akteuren, die Daten austauschen. Die externen Akteure reichen von Privatpersonen, über Unternehmen bis zur Politik. Als vielversprechend wird von den Befragten ein vereinfachter und standardisierter Datenaustausch gesehen, bei gleichzeitiger tendenziell starker Datenhoheit auf Seiten der Stadt Solingen. Dabei wird Solingen als verantwortlich für hohe Sicherheitsstandards und Kontrolle gesehen, jedoch auch für die Bereitstellung zur Verwendung der Daten.

Das relationale Datenprodukt „Klimadashboard“ (Emissionsdashboard) validiert und spiegelt operativ den Ist-Zustand der Datenorganisation der Stadt Solingen. Hierdurch konnten die dafür benötigten Stakeholder und Datenquellen extrahiert und aufgeschlüsselt werden.

Es konnte somit ein Verständnis über den Status Quo der Datenorganisation Solingens gewonnen werden und interne und externe Datenflüsse verfolgt werden, die eine Verknüpfung zum umgebenden Ökosystem zeichnen. Die Synthese der Datenorganisation sowie der Analyse des Ökosystems der Stadt Solingen wurde unterstützt durch die Untersuchung relationierter Datenprodukte.

Durch **Informationsrecherche** konnten folgende Erkenntnisse generiert werden: Die intra-organisatorische Data Governance setzt Rahmenbedingungen in Form von Aufgaben, Prozessen und Richtlinien für das operative Datenmanagement (z.B. Weber 2009; Abraham et al. 2019). Diese Sicht wird nun vermehrt um eine organisationsübergreifende Ökosystem- bzw. Datenökosystemperspektive ergänzt (Jagals & Karger 2021; Lis & Otto 2021). Hierbei rückt die Orchestrierung von Datenflüssen über Organisationsgrenzen hinaus in den Fokus, welche sowohl Aspekte der organisationsinternen als auch Ökosystem-Data Governance berührt (Zimmermann & Schäffer 2022). Die inter-organisatorische Koordination von Datenproduzent und -konsument sowie dazwischen liegenden Instanzen im kooperativen Datenaustausch kann über Data Spaces technisch und strukturell organisiert werden (z.B. Otto et al. 2022). Im Rahmen des Projektes MobiDataSol werden beide Perspektiven der Data Governance Forschung integriert und in ein Rollenmodell überführt, welches den inter-organisatorischen Datenraum mit Verantwortlichkeiten versieht und Rahmenbedingungen für die inter-organisatorische Erstellung und Nutzung von Datenprodukten ermöglicht.

Darauf aufbauend, konnte die Erarbeitung, Untersuchung und Evaluierung unterschiedlicher Gestaltungsoptionen für das Ökosystem MobiDataSol erfolgen, zu denen auch Governance Modi und Konzepte betrachtet wurden. Dazu wurden verschiedene Data Governance Modi, Gestaltungsoptionen und Konzepte erarbeitet, untersucht und in Bezug auf das Forschungsprojekt evaluiert. Auch konnten hierbei Parallelen zu bestehenden Systemen und Beispielen, unter anderem in der Datenwirtschaft sowie der Forschung zu Datenräumen, gezogen werden. Aufgrund dessen konnte sich hinsichtlich der Ausgestaltung des Ökosystems für das Projekt sowie die Stadt Solingen positioniert werden. Konkret wurde so ein Ökosystem sowie Data Governance Zielzustand formuliert und ein interorganisatorisches Rollenmodell entwickelt, siehe Abbildung 8.

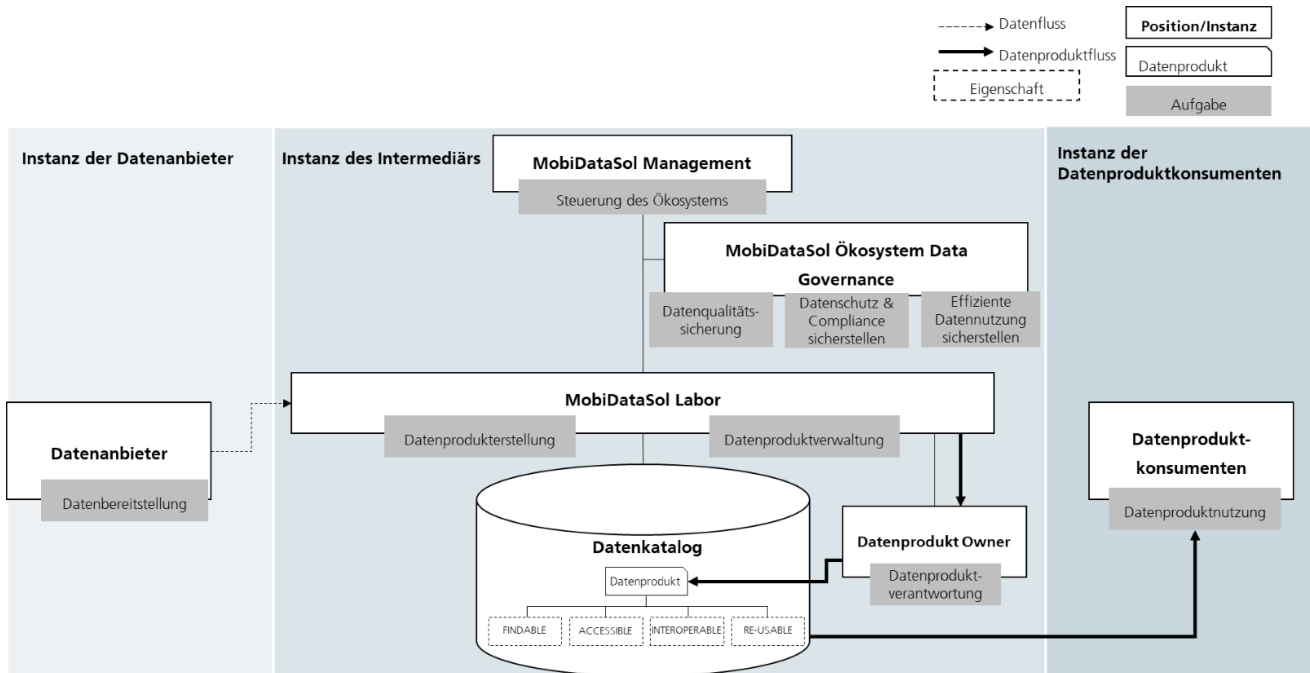


Abbildung 8: MobiDataSol Ökosystem (Aufbauorganisation)

In Arbeitspaket 3 wurde auf diese Weise der strukturelle Rahmen zur Zweckerfüllung des Ökosystems entwickelt: Die interorganisatorische Entwicklung, Nutzung und Verwaltung von intelligenten Datenprodukten im MobiDataSol-Ökosystem. Die Aufsetzung des Ökosystems für MobiDataSol und seine Stakeholder ging mit der Konzeptionierung einer Ökosystem Data Governance einher. Die finale Fassung der MobiDataSol Ökosystem Data Governance umfasst folgende Bausteine: Ökosystemgestaltung, Data Governance Prinzipien, Data Policies, Organisation inklusive Rollenmodell, Prozesse, Tools und Metriken bzw. KPI

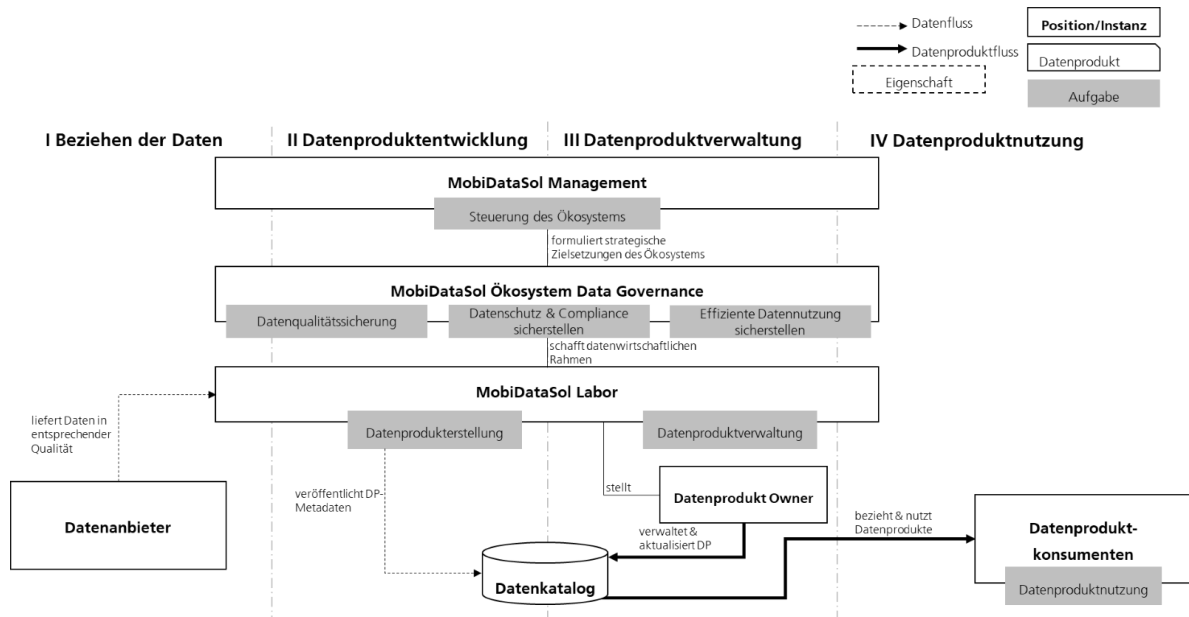


Abbildung 9: MobiDataSol Ökosystem (Ablauforganisation)

Neben der Aufsetzung der interorganisatorischen Ökosystem Data Governance wurden zudem noch Handlungsanweisungen für die intraorganisatorische Datenorganisation (siehe Abb. 2) der MobiDataSol-Stakeholder definiert. Diese umfassten Anweisungen zur Implementierung einer intraorganisatorischen Datenorganisation und Datenrollen sowie Handlungsanweisungen zum Onboarding einer Organisation hinsichtlich der Nutzung des MobiDataSol-Datenkatalogs. Dies hat neben der interorganisatorischen Ökosystem-Perspektive eine Grundlage für das Onboarding neuer MobiDataSol-Stakeholder geschaffen. Dazu dienen die Handlungsanweisungen in generischer Weise der internen Vorbereitung und Verbesserung Data Governance-relevanter Strukturen.

Zusammenfassend ist es im Rahmen des Arbeitspakets gelungen, ein Konzept für eine Ökosystem Data Governance zu erarbeiten. Diese Strukturen dienen als organisatorischer Rahmen für das Stadtökosystem Solingens und befähigen dieses, kollaborativ Datenprodukte zu entwickeln, zu verwalten und zu nutzen. Die Aufsetzung des Ökosystems, die (Daten-)rollen und Gremien können in einer weiteren Operationalisierung fortlaufend ausdefiniert werden und wachsen, denn der kollaborative Aspekt der Datenproduktentwicklung kann nur leben, wenn er von Stakeholdern mitgetragen und ausgestaltet wird. Vor dem Hintergrund der Datentreuhand-Forschung kann der Ansatz unter anderem als Interessensvertretung teilnehmender Stakeholder definiert werden, sodass eine Vertrauensinstanz zwischen verschiedenen Organisationen fungieren kann. Dadurch können schützenswerte oder wettbewerbsrelevante Daten (im Sinne von Daten als Vermögenswerten) in einem sicheren Umfeld zu Datenprodukten entwickelt werden.

Für mögliche Folgeprojekte und weiterführende Forschung könnte das Data Governance Konzept aus AP3 weiter ausdetailliert werden und durch Operationalisierung in iterativen Schritten angepasst werden. Ebenso bietet sich eine Aufsetzung einer Data Governance Charter an, die sich an den Bausteinen des Konzeptes orientiert. Die Offenheit und Skalierbarkeit des Ökosystem können erprobt werden und die Erkenntnisse als Feedback für das Ökosystemkonzept dienen. Darüber hinaus können die Ergebnisse aus Arbeitspaket 3 weiterführend auf den Datentreuhandforschungsstand und Data Mesh-Ansätze angewendet werden, um thematische Überschneidungen, Potentiale und Limitationen zu erforschen.

3.1.5 Konzept Datenarchitektur

Im Arbeitspaket 5 wurde eine Ist-Analyse von Städten, die sich aktuell mit Datenexzellenz und Data Governance auseinandersetzen, durchgeführt. Daraufhin wurden die Bedarfe und Herausforderungen von diesen Städten angebunden. Es wurde weiterhin eine Dokumentation der Anforderungen an einen Datenkatalog, sowie daran angebundene Systeme, erstellt.

Die Datenarchitektur für das gesamte MobiDataSol-Projekt konnte finalisiert werden. Damit einhergehend konnten die Funktionsbausteine Datenkatalog und Datenrepositorium weiterentwickelt werden. Hierbei fand die Evaluation

und abschließende Entscheidung statt, eine Open-Source Lösung für Metadatenmanagement für interne ebenso wie die Möglichkeit eines externen Zugriffs auf Metadatenätze von Datenprodukten einzusetzen. Die Barrierefreiheit hinsichtlich Nutzbarkeit konnte hierdurch mittels Open-Source Lösung sichergestellt werden.

Im Funktionsbaustein Data Governance-System ist angedacht mit einem Commercial-Off-the-Shelf (COTS)-System spezifisch für Data-Governance-Aspekte zur langfristigen Wartung und Pflege im Ökosystem zu arbeiten. Es besteht eine konzeptionelle Verankerung zur Sicherstellung des Verbleibs der Datensouveränität bei den Mitgliedsorganisationen und deren Datenstrategien und zugehörigen Informationssystemen.

Der Seaport Dataspace, aus der Rotterdam Case Study, konnte weiterhin als Impuls zur Realisierung des dezentralen Ansatzes genutzt werden.

Auf der Ebene des Ökosystems ist eine Anbindung an den Mobility Dataspace einerseits und an die Mobilithek andererseits im Sinne der Konzeption avisiert. Diese kann mittels technischer Anbindungen von IDS⁸-Konnektoren an das Ingrid-System realisiert werden. Abb. 9 visualisiert die Datenarchitektur anhand unterschiedlicher Bausteine.

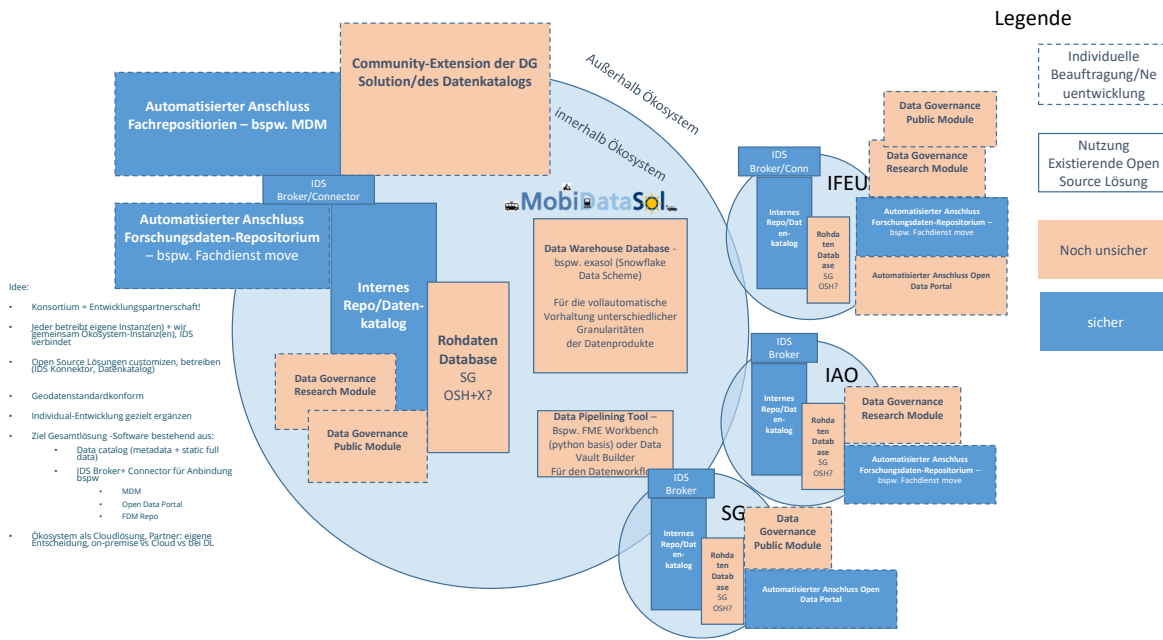


Abbildung 10: Datenarchitektur des MobiDataSol-Ökosystems am Beispiel der Pilot-Organisationen des MobiDataSol-Konsortiums Stadt Solingen, IFEU-Institut, Fraunhofer IAO

Insgesamt fungiert das MobiDataSol Ökosystem nicht nur als gemeinsame Organisationsstruktur mit gemeinsamer Datenarchitektur (vgl. Abb. 3), sondern auch als Entwicklungspartnerschaft für das Ingrid Open-Source-System, an das spezifische für die Bedarfe von MobiDataSol IDS-Konnektoren angebunden werden. Ferner sind spezifische Anpassungen zur Integration von Data Governance sowie Data Pipelining Lösungen angedacht.

⁸ International Dataspace

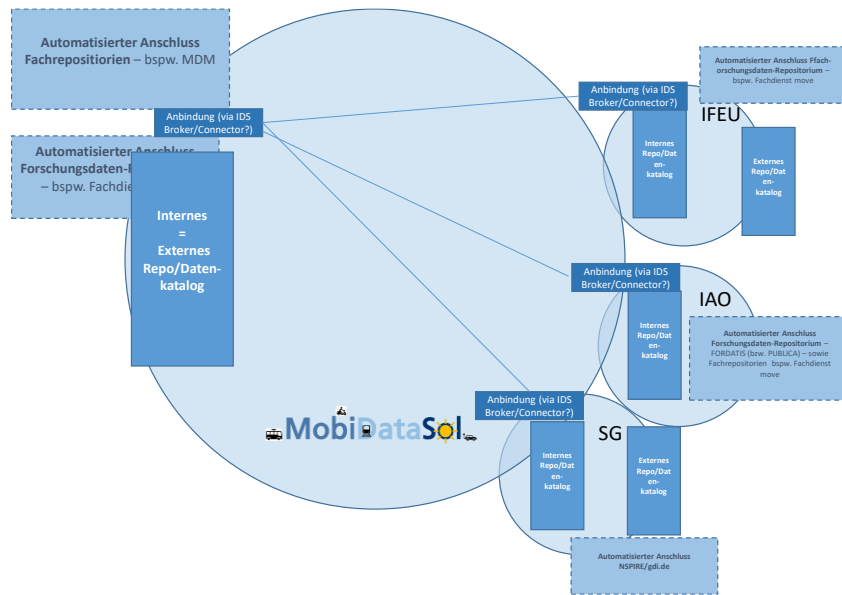


Abbildung 11: Einordnung des Datenkatalogs in die Datenarchitektur

Qualitativ hochwertige Datenprodukte sollen dabei auf dem Datenkatalog des MobiDataSol-Ökosystems (großer Kreis) gespeichert werden. Ferner kann jede Partnerorganisation auf deren lokaler Instanz der Datenkatalog-Software (Open Source, Geodatenkompatibel sowie LDAP-Verzeichnisdienst-kompatibel) jeweils interne (oder ans Ökosystem angebundene) Datenprodukte speichern, pflegen und verwalten. Je nach Charakter der Partnerorganisation (Stadt vs. Forschung) besteht überdies der Bedarfe einer Anbindung an ein städtisches Open Data Portal, eine Fachdatenplattform (bspw. Mobilithek/MDM) oder Forschungsdatenrepositorium.

Anforderungen an die Datenarchitektur

Folgende Anforderungen an die gesamte Datenarchitektur wurden definiert und diskutiert:

Anforderung #1: Datenobjekte intern intelligent verwalten

- **Intelligente Verwaltung von Datenobjekten:**
 - Vergabe einer Nummer und idealerweise eines Persistent Identifiers (PID) für jedes Datenobjekt.
 - Möglichkeit der externen Zugänglichkeit der PID.
 - Zusätzlich Rev-Nr. zur Versionskontrolle.
 - Klärung auf welcher Ebene die PID definiert wird (Fachebene).
- **Unterscheidung zwischen Datentypen:**
 - Statische Datenobjekte (z.B. Liste der Parkplätze in Solingen).
 - Dynamische Datenobjekte (z.B. aktuelle Luftfeuchtigkeit an Laterne Schlossallee).

- **Zeitbezug für statische Daten:**

- Beispiele: Parkplätze 2019 und 2022.
- Einbindung einer Versionsnummer für historische Daten.

Anforderung #2: Datenfluss modellieren und intern intelligent verwalten

- **Modellierung des Datenflusses:**

- Nutzung einfacher Datenprodukte (statisch/dynamisch).
- Berücksichtigung interner und externer Datenquellen.

- **Visualisierung:**

- Entscheidung über die Notwendigkeit einer Visualisierung.

- **Logging:**

- Transparentes und nachvollziehbares Logging aller Prozesse.

- **WYSIWYG-Parametrisierung:**

- Implementierung von "What you see is what you get" für die Benutzeroberfläche.

- **Dokumentation und Programmierung:**

- Einhaltung von Kommentier- und Software-Engineering-Richtlinien.
- Verwendung von Codeschnipseln für spezifische Implementierungen, während der Rest der Arbeit WYSIWYG bleibt.

Anforderung #3: Intelligente Datenprodukte zur Verfügung stellen

- **Verwaltung intelligenter Datenprodukte:**

- Erstellung und Pflege von Datenprodukten, die auf mehreren internen/externen einfachen Datenprodukten basieren.

- **Verantwortlichkeit:**

- Fachorientierte Verantwortlichkeit für die Datenprodukte und deren Quellen.

Anforderung #4: Sichtbarkeit der „Datenebene“ herstellen

- **Community-Ansatz:**

- Förderung von Transparenz und Visualisierung von Bedürfnissen und Granularitäten (pro Stunde/pro Jahr).

- **Zugang für Bürger und Forschende:**

- Bereitstellung eines visuellen Zugangs zu Daten.

- Entwicklung eines mentalen Modells (z.B. Flughafen- und Fluggesellschaften-Metapher).
- **Interaktive Feedback-Mechanismen:**
 - Implementierung von Bewertungssystemen (Like, Rating etc.).

Anforderung #5: Interne Data Governance in Organisationen

- **Konsistente Fachdatenmodelle:**
 - Verwendung von UML-Klassendiagrammen zur Beschreibung der Modelle.
- **Transparente Metadaten:**
 - Klarheit über Lizenzen und Nutzungsrechte der Daten.
- **Wiedernutzbarkeit und FAIR-Prinzipien:**
 - Sicherstellung, dass Daten wiederverwendbar und FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) sind.
- **Zustimmung und Rollenhierarchie:**
 - Klärung der Zustimmung zu Änderungen innerhalb einer bestimmten Rollenhierarchie.
- **Persistent Identifiers (PIDs):**
 - Möglichkeit zur Vergabe von PIDs pro Datenobjekt und für einfache sowie intelligente Datenprodukte.
- **Datenklassifizierung:**
 - Entwicklung eines Systems zur Klassifizierung von Daten (vertraulich, intern, öffentlich).
- **Lebenszyklusmanagement:**
 - Definition des Lebenszyklus von Datenobjekten (Create, Read, Update, Delete).
- **Datenqualitätsmonitoring:**
 - Implementierung eines Systems zur Überwachung der Datenqualität und Berichtswesen.
- **Zugriffsrechte und Rollenmodell:**
 - Klärung von Zugriffsrechten und die Benennung von Rollen, insbesondere in Abwesenheit von Data Stewards

Anforderungen an einen Datenkatalog⁹

An den Datenkatalog als ein Baustein der Datenarchitektur wurden vertiefend Anforderungen definiert. In Data-Governance-Projekten, die darauf abzielen, die Datenexzellenz einer Organisation zu konsolidieren, ist die Einführung eines Datenkatalogs zur Verbesserung der Transparenz von Datentypen, -qualitäten und -mengen ein typischer früher Schritt. Aus Sicht der (fachkundigen und nicht fachkundigen) Benutzer ist beides erforderlich: Die Sicherstellung der Datenqualität sowie das Angebot von fachlicher Qualität z.B. im Bereich Mobilität. Außerdem sollte der Datenkatalog hohen Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit genügen.

Aus Sicht der Datenanalytik kommt die systematische Dokumentation und Beschreibung von Zwischenschritten und sogar die Bereitstellung von Datenprodukten für andere (externe) Stakeholder oft zu kurz. Darüber hinaus werden zentrale Datenmanagement-Paradigmen, wie z.B. "Machen Sie die Nutzung auch für die Zweitnutzung richtig, bevor Sie Daten erwerben oder auswerten", vor allem in kommunalen und Forschungskontexten oft nicht berücksichtigt. In Bezug auf personenbezogene Daten ist die Minimierung des Speicherbedarfs ein wichtiger Aspekt, der berücksichtigt werden muss. Generell ist die Verwendung von anonymen Daten vorzuziehen, da in diesem Fall die Datenschutzanforderungen nicht gelten.

In der folgenden Spezifikation unterscheiden wir zwischen dem Datenprodukt, dem physischen Objekt der realen Welt (z.B. einem Fahrzeug) und dem Datenobjekt (z.B. Tabellenzeile im Datenmodell/Strom des Datenprodukts). Die im Folgenden beschriebenen Anforderungen an einen Datenkatalog gehen über die klassischen Metadatenpezifikationen im eGovernment-, Forschungsdaten- und Geodatenbereich¹⁰ und Datenkatalog- bzw. Datenrepository-Features (vgl. Abschnitt 2) hinaus.

Bibliographische und identifizierende Metadaten für das Datenprodukt

Bei den Metadaten (Daten, die Daten beschreiben) unterscheiden wir zwischen bibliografischen und identifizierenden Metadaten und inhaltlich beschreibenden Metadaten. und inhaltlich beschreibenden Metadaten. und inhaltlich beschreibenden Metadaten. Daten zur Identifizierung (z. B. Titel, Zusammenfassung, Autor und Schlüsselwörter) und methodische Texte, die auf der Ebene des Datensatzes erfasst werden. Informationen über die Herkunft, den Erhebungszeitraum und die Art der Daten.

Durch die Verbindung von Anwendungen mit dem Datenkatalog kann dessen Wert in zweierlei Hinsicht weiter gesteigert werden. Erstens können die im Datenkatalog enthaltenen Metadaten in Business-Intelligence- oder Advanced-Analytics-Anwendungen genutzt werden, um die Genauigkeit und Vollständigkeit der Analyseergebnisse zu ver-

⁹ Sautter, Johannes; Fischer, Rudolf; Kräck, Jan; Soares Amorim, Marco Raul; Erlenhardt, Kai; Weitzel, Balthasar: Bridging the Data Analytics – Data Excellence Gap: Requirements for a Data Catalogue for Efficient Cross-Organizational Mobility and Smart City Data Analytics. In: Proceedings MCCSIS Connected Smart Cities, IADIS, Porto 2023. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.24406/publica-2434>.

¹⁰ <https://datacite.org/>, <https://www.dcat-ap.de/>, <https://www.dublincore.org/>, <https://inspire.ec.europa.eu/>

bessern. Zweitens können Datenkataloge durch die Integration externer Systeme oder Datenquellen die Zusammenarbeit der Benutzer erleichtern und die Arbeitsabläufe bei der Datenverwaltung optimieren. Anforderungen an bibliografische und identifizierende Metadaten sind: Dauerhafter Bezeichner

- Kurator/Reviewer
- Datenanbieter (Organisation/Geodatendienst/Integrationssebene/Datenlager)
- Datenverbraucher (und bekannte Qualitätsanforderungen)
- Datenschutz Level
- Datentyp/Format/Datenmodell (z. B. DATEX II)
- Verfügbarkeit/Lizenzierung
- (Beschränkt/unbeschränkt)
- Zertifikatslaufzeiten/Laufzeiten der Zertifikate
- Abhängigkeiten zu anderen Datenprodukten/-quellen
- Weitere Anforderungen ergeben sich aus den Metadatenstandards DublinCore, DataCite (Forschungsdaten), INSPIRE, OCG (Geodaten) und DCAT-AP (eGovernment/öffentliche Daten).

Objektreferenz

Räumlicher Bezug: Im Falle der EU und des Vereinigten Königreichs idealerweise Verwendung der NUTS-Nomenklatur (Eurostat 2021) bis hin zu den lokalen Verwaltungseinheiten (LAUs sind die Bausteine der NUTS, die die Gemeinden und Kommunen der Europäischen Union umfassen) und weiteren Untergliederungsebenen der Volkszählung, die die Gemeinden und Kommunen der Europäischen Union umfassen) und weiteren Untergliederungsebenen der Volkszählung, die die Gemeinden und Kommunen der Europäischen Union umfassen) und weiteren Untergliederungsebenen der Volkszählung. *Zeitbezug:* Auf welches Datum/welchen Zeitraum beziehen sich die Daten. Hier wird es komplex, denn die Beobachtungen sollten einem standardisierten Zeitformat zugeordnet werden, auch wenn sie sich auf einen bestimmten Zeitraum beziehen. Hierfür gibt es idealerweise einen Zeitstempel, der den Beginn des Zeitraums angibt, und ein weiteres Datenmerkmal, das die Dauer dieser Beobachtung angibt. Wenn es sich z. B. um einen monatlichen Wert handelt, müssen wir ihn auf eine standardisierte Weise festlegen; eine Möglichkeit besteht darin, den Wert auf den ersten Tag des entsprechenden Monats (im Falle eines Jahres auf den ersten Tag des entsprechenden Jahres) zu setzen und eine Variable "Zeitraum" hinzuzufügen, die die Dauer angibt.

Referenz der Einheit: Eine weitere wichtige Referenz ist die beobachtete Einheit. Im Smart-City-Kontext kann der Verkehr aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden. Betrachten wir den Verkehr auf Fahrzeug-, Straßen- oder Stadtteilebene als Ganzes oder unterscheiden wir zwischen Pkw, Bussen, Lkw und Fahrrädern. Dieser Punkt hängt

sowohl mit dem räumlichen Bezug als auch mit der Aggregationsebene zusammen. Dennoch verdient er in diesem Abschnitt Erwähnung.

In diesen Fällen ist es auch wichtig, anzugeben, ob und wie der beobachtete Wert aggregiert wurde (z. B. Durchschnitt mehrerer Beobachtungen, Summe mehrerer Beobachtungen usw.). Daher sollten die Einheiten im Allgemeinen ordnungsgemäß angegeben und in einen Zusammenhang gebracht werden: Wir sollten uns an das SI-System halten (sofern verfügbar), und im Falle von aggregierten Daten sollte diese Information folgen (z. B. kg/Fahrzeug). Das verwendete Einheitensystem und die Größen müssen immer angegeben werden, und falls erforderlich, sollte eine Umrechnung in das SI-System angeboten werden. angeboten werden. angeboten werden. Wenn Daten aggregiert werden, sollte auch die Aggregationsmethode klar beschrieben werden (in den Metadaten der Variablen?)

Messung von Objekten

Eine weitere wichtige Information ist die Quelle der Daten: Das Datenbereitstellungssystem (z.B. automatisiertes Verkehrserfassungssystem) und der Datenlieferant (z.B. kommunales Verkehrsamt) sowie die verfügbare technische Dokumentation zur Datenerfassung und -verarbeitung sollten in ihrer aktuellsten Version vollständig verfügbar sein. Es sollte klar sein, welche Geräte/Werkzeuge für die Datenerfassung verwendet wurden (folgen sie einer Norm wie z.B. ISO) oder zumindest deren Fähigkeiten und Einschränkungen. Die Techniken/Methoden zur Berechnung des endgültigen Wertes (z. B. wenn der angegebene Wert die Höhe ist, diese aber mit einem Drucksensor gemessen wird) müssen ebenfalls beschrieben werden, und die getroffenen Annahmen müssen erwähnt werden. Darüber hinaus ist es wichtig zu wissen, in welchen Abständen die Daten erhoben wurden. Handelt es sich um eine einmalige Erhebung oder werden die Messungen in einem regelmäßigen Zyklus (täglich, monatlich, jährlich) durchgeführt und werden sie auch in Zukunft weiter aufgezeichnet? Um die Genauigkeit einer Analyse beurteilen zu können, sind die Unsicherheiten und die Zuverlässigkeit (z. B. Ausfallraten) entscheidend.

Repräsentativität der Datenprodukte

Schließlich ist es wichtig, die Repräsentativität der erhobenen Daten zu verstehen: Was war die Stichprobe der Daten und was repräsentiert sie? (z. B. bei Erhebungen, wie groß war die Stichprobe? Ist sie repräsentativ für die räumliche Zusammensetzung der Bevölkerung?) Die Repräsentativität ist zwar nicht zwingend erforderlich, aber es sollte angegeben werden, ob dies der Fall ist, insbesondere dann, wenn die Datenerhebung auf einen bestimmten Personenkreis ausgerichtet war, z. B. auf die Nutzer öffentlicher Verkehrsmittel.

Inhalt des Datenprodukts mit Beschreibung der Metadaten und des Status

Unter inhaltsbeschreibenden Metadaten verstehen wir Merkmale, Struktur und Versionierung von strukturierten Daten (z. B. Spalten einer Tabelle), die entweder auf Datei-/Datenstromebene beschrieben werden (z. B. Dateityp, Rohdaten vs. verarbeitete Daten) oder in Dateien enthalten sind. Darüber hinaus werden Informationen über den

Status der Daten innerhalb der Datenpipeline benötigt (Verweis auf das Datenpipelinesystem vgl. Abschnitt 2). Das bedeutet, dass zum einen Statusmeldungen aus der Verarbeitungskette weitergeleitet werden müssen, die auf Fehler hinweisen. Andererseits gibt es Fälle, in denen eine Aktualisierung eines Zwischenprodukts nicht zwingend notwendig ist, um ein gültiges Endprodukt zu erzeugen.

- Name des Datenproduktes
- Inhaltsangabe und Objektbeschreibung
- Datentyp/Format/Datenmodell (d.h. DATEX II)
- Geografischer Geltungsbereich (regional/national/global)
- Bezugseinheit Umfang (Straße/Pkw/Entfernung)
- Umfang Verkehrsmittel (Auto/Halbzeug/Fahrrad)
- Grenze Zugehörigkeit zu einer Benutzergruppe
- Zeitraum der Datenerhebung
- Häufigkeit der Aktualisierung
- Vorgesehene Verfügbarkeit (einmalige vs. kontinuierliche Erhebung oder Sammlung)
- Präzision oder Unsicherheiten, falls verfügbar
- Datenpipeline Erfassungsmethode (Push- vs. Pull-API)
- Aggregation von Einheiten/Zeitraumen/räumlich
- Eignung für analytische Fragestellungen
- Einschränkungen bei der Analyse/Interpretation
- Genaue Beschreibung der Schlüsselkennzahlen und der entsprechenden Einheiten
- Statische oder dynamische Daten (Liste der Parkplätze im Vergleich zur zeitnahen Auslastung der Parkplätze)
- Status der vorgelagerten Daten (Produkte)
- Status der Wartung ("Fehler wurde erkannt und wird behoben")

Funktionalitäten des Datenkatalog-Bausteins

Die wichtigsten Merkmale einer geplanten Datenkataloglösung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Datenkatalogisierung für Metadaten und entsprechende Volldaten von intelligenten Datenprodukten (die auf andere Datenprodukte verweisen können)

2. Integration in Datenanalyseprozesse (Data Pipelining) und Unterstützung für "Zwischen"-Datenprodukte
3. Verwalten des Bezugs zu den realen Objekten, die hinter den Elementen des Datenkatalogs stehen (Bezug, Messung und Repräsentativität)
4. Integrierte Funktionen für die organisationsübergreifende Verwaltung von Zugriffsrechten und Data Governance ermöglichen Compliance und Datenqualität.
5. Benutzerfreundlichkeit für den öffentlichen Zugang von Bürgern (offene Datenplattform) sowie für interne Benutzer
6. Förderung der globalen Identifizierung (auch für interne Datenprodukte) und der globalen Auffindbarkeit

3.2. Wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Folgende Projekttreffen, Austauschformate sowie Teilnahmen an Veranstaltungen durch ProjektmitgliederInnen wurden durchgeführt:

--- 2022---

04.02.2022 Auftaktworkshop

25.02.2022 Statusmeeting

01.03.2022 AP2 Kickoff

28.03.2022 Expertenbeirat Kickoff

13.05.2022 Strategische Zielsetzung zum Datenökosystem in der Stadt Solingen

25.05.2022 Expertenimpuls bei Round Table Datenmanagement der KPMG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft

23.06.2022 Vernetzung BMBF

19.–21.06.2022 Präsentation des o.g. Papers auf der Connected Smart Cities Conference in Lissabon, Portugal

18.–21.05.2022 Teilnahme an der Messe »Polis Mobility 2022«

26.08.2022 Expertenmeeting

21.09.2022 Arbeitsmeeting

05.10.2022 Vortrag beim 4. Forum Urbane Daten

24.11.2022 Vernetzungsveranstaltung Recht der BMBF Datentreuhand-Projekte

07.12.2022 Austausch mit Stakeholdern der Stadt Solingen

--- 2023 ---

01.02.2023 Heidelberg Workshoptreffen Projektleiter

01.03.2023 Solingen Workshoptreffen Projektleiter + Stakeholder Solingen

07.05.2023 Austausch und Pitch mit diversen Anbietern zum Thema technische Infrastruktur/Architektur

17.05.2023 Expertenbeirat

26.06.2023 Besprechung Anforderungsanalyse mit dem Unterauftragnehmer WeMOVE

31.07.2023 Workshop WeMOVE + Konsortium

05.09.2023 Bundestag Kennenlerntermin Frau Dr. Carolin Wagner

06.09.2023 BMBF Vernetzungsveranstaltung

10.10.2023 Forum Urbane Daten & Präsenzworkshop MobiDataSol in Stuttgart

16.10.2023 Installationstermin MobiDataSol/WeMOVE

19.10.2023 Austauschrunde zum Thema Recht mit Max von Grafenstein

18.12.2023 Austausch Nürnberg MobiDataSol

--- 2024 ---

18.01.2024 Austausch mit der Regio-IT Fachgruppe Data Governance

26.02.2024 Impuls und Austausch mit Marcel Altendeitering, Fraunhofer ISST zum Thema IDS-Konnektoren

14.03.2024 Zukunftsevent und Abschlussveranstaltung (über 26 Teilnehmende aus Kommunen, Forschung, Unternehmen)

---- Ende der Projektlaufzeit ----

23.05.2024 Austausch mit Fraunhofer IMW, Leipzig zu Datentreuhand und MobiDataSol-Konzepten

23.05.2024 Interview mit der TU-Darmstadt zu MobiDataSol Im Rahmen der Begleitforschung

07.07.2024 Interview im Rahmen Projektträgerschaft/Begleitforschung

21.10.2024 Nutzung von MobiDataSol-Inhalten im Rahmen eines Immobilienseminars am Fraunhofer IAO

Folgende Unteraufträge wurden vergeben:

- Floating-Car-Data der Stadt Solingen: INRIX Ltd.
- Bereitstellung eines Servers für den Betrieb des Metadaten systems: RegioIT GmbH
- Adaptierung, Implementierung und Deployment der Open-Source-Systems INGRID: wemove GmbH

Weiterhin sind die unter 3.6 aufgeführten wissenschaftlichen sowie praxisorientierten Publikationen entstanden.

3.3. Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit im Rahmen des Projekts „MobiDataSol“ wird durch die zunehmend drängenden Herausforderungen im kommunalen Klimaschutz und der nachhaltigen Stadtentwicklung unterstrichen. Die umfassende Analyse und Entwicklung intelligenter Datenprodukte, wie die Kommunale THG-Bilanz, ist entscheidend, um Kommunen dabei zu unterstützen, ihre Klimaziele zu erreichen und ihre THG-Emissionen gezielt zu reduzieren.

Die Aktivitäten waren notwendig, um sich im Beispiel von Arbeitspaket 2 einen umfassenden und unvoreingenommenen Überblick über die bestehenden Datenherausforderungen sowie bewährten Praktiken innerhalb der Stadt Solingen zu schaffen. Dabei wurde ein einheitliches Bild über verschiedene Ämter hinweg gezeichnet, wodurch relevante Daten und Erkenntnisse, die bisher isoliert in den Verantwortungsbereichen einzelner Abteilungen und Personen vorlagen, gebündelt und transparent zusammengefasst wurden. Diese Transparenz war entscheidend, um organisatorische Silos aufzulösen und ein ganzheitliches Verständnis der Datenlage und -bedarfe zu ermöglichen. So konnte eine solide Grundlage für strategische Entscheidungen geschaffen werden, die für die weitere Entwicklung und Optimierung der datenbasierten Prozesse in der Verwaltung von großem Nutzen ist.

Angesichts der komplexen Wechselwirkungen zwischen Verkehr, Umwelt und Klimaschutz ist es unerlässlich, dass fundierte Datenanalysen und Szenarien erstellt werden, um politische Entscheidungen zu untermauern. Die Konzeptions-Arbeitspakete sowie das Arbeitspaket zu Pilotierung legen mittels Datenorganisation bzw. Datenarchitektur eine organisationsübergreifende Grundlage, um diese Analyse durchführen zu können. Die im Projekt entwickelten THG-Bilanzierung-Datenprodukte helfen nicht nur, den Handlungsbedarf zu identifizieren, sondern ermöglichen auch eine evidenzbasierte Priorisierung von Maßnahmen, die zur Reduktion der Treibhausgasemissionen führen. Somit leistet das Projekt einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung der Datenqualität und -verfügbarkeit, zur Förderung einer offenen Datenkultur und zur Stärkung der interkommunalen Zusammenarbeit.

3.4. Voraussichtlichen Nutzen, insbesondere der Verwertbarkeit des Ergebnisses im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans

Die entwickelten Datenprodukte, insbesondere die Kommunale THG-Bilanz, bieten Kommunen sowie Akteure aus der Forschung sowie bspw. aus Softwareunternehmen und indirekt Bürgerinnen und Bürgern wertvolle Informationen zur Analyse und Reduktion ihrer THG-Emissionen. Dies setzt voraus, dass das MobiDataSol-Angebot in eine operative Lösung mündet. Ergebnisse sind direkt in die strategische Planung von Klimaschutzmaßnahmen integrierbar und ermöglichen den Entscheidungsträgern, fundierte und evidenzbasierte Entscheidungen zu treffen. Im Sinne des fortgeschriebenen Verwertungsplans wird die Verwertbarkeit der Ergebnisse durch die Schaffung eines robusten Datenökosystems gestärkt, das den Austausch von Daten zwischen verschiedenen Akteuren, wie Kommunen, Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft, fördert.

Die Implementierung eines Dashboards für kommunale Fachdaten kann bspw. als Anwendungsfall, der die Datenprodukte nutzt, die Transparenz erhöhen und der Öffentlichkeit zugänglich machen, was das Bewusstsein für Klimaschutzmaßnahmen stärkt und die Bürgerbeteiligung fördert. Darüber hinaus kann die enge Zusammenarbeit mit Ingenieurbüros, Stadtwerken und anderen relevanten Stakeholdern sicherstellen, dass die entwickelten Instrumente und Methoden auch in vielschichtigen weiteren Anwendungsfällen der Praxis angewendet werden. Die Ergebnisse dokumentiert in wissenschaftlichen Publikationen sowie in diesem Bericht tragen zur weiteren Verbreitung der Erkenntnisse bei und fördert die Integration in bestehende Netzwerke.

Es wurden keine Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen im Rahmen des Projekts vorgenommen.

Insgesamt bietet das Projekt „MobiDataSol“ sowohl auf wissenschaftlicher als auch auf wirtschaftlicher Ebene eine solide Grundlage für zukünftige Entwicklungen und stellt sicher, dass die Erkenntnisse nachhaltig genutzt werden können.

Aus Sicht der Pilot-Kommune Solingen bestehen konkret folgende Mehrwerte

- Die entwickelten Datenprodukte ermöglichen eine signifikante Verbesserung bei der Erstellung von Klimaschutzberichten, indem sie einen schnelleren und fundierteren Zugriff auf präzise Daten bieten. Der Distributionsweg des MobiDataSol-Datenproduktes innerhalb des Stadtkonzerns Solingen über die Geodateninfrastruktur sowie das Geoportal wurde konzeptionell sichergestellt.
- Die Herausforderung des Metadatenmanagements wurde erfolgreich gelöst durch die Adaptierung der Open-Source-Lösung INGRID für Geodaten sowie Verwaltungs-Metadaten, was die Transparenz und Nachvollziehbarkeit der Daten erhöht.
- Die Begrifflichkeiten Data Governance sowie die Entwicklung von Datenprodukten und Rollenkonzepten haben an Bedeutung gewonnen, insbesondere im Hinblick auf den aktuellen Fachkräftemangel.
- Der Verlust von Wissen durch den Weggang langjähriger Mitarbeiter kann nachhaltig gemindert werden, was ein weit verbreitetes Makroproblem in der kommunalen Landschaft adressiert.
- Insgesamt stärkt das Projekt die Position der Stadt Solingen als Vorreiter im Bereich nachhaltige Stadtentwicklung und Datenexzellenz.
- Zwischendatenprodukte im Bereich Verkehrsdaten stellen einen sehr großen Nutzen dar, da sie es ermöglichen, aktuelle Verkehrsströme präzise zu analysieren und somit fundierte Entscheidungen zur Verbesserung der Verkehrsinfrastruktur zu treffen.
- Wissen, das im Projekt weiterentwickelt wurde, ist die Grundlage für eine zukunftsfähige Datenstrategie

Die Ergebnisse des Projekts konnten nicht nur einen unmittelbaren Nutzen für die teilnehmenden Kommunen, sondern leisten auch einen wertvollen Beitrag zur Entwicklung und Optimierung von Klimaschutzstrategien auf regionaler und überregionaler Ebene.

3.5. Während der Durchführung des Vorhabens dem ZE bekannt gewordenen Fortschritts auf dem Gebiet des Vorhabens bei anderen Stellen

Im Rahmen des MFUND-Vorhabens ReMo (07/2024 – 06/2027) des KIT und PTV¹¹ ist ein Fortschritt in der Datenfusion von Verkehrsmodellen, Mobilfunkdaten und Floating Car Data absehbar, der wertvollen Erkenntnisse für die Optimierung der Verkehrsanalyse und -planung bietet. Beteiligte des ReMo-Konsortiums und Beteiligte des MobiDataSol-Projektes standen in regem Austausch. Der gewählte Ansatz weist deutliche Parallelen zu dem vorliegenden Ansatz auf und untermauert diesen.

3.6. Erfolgte Veröffentlichungen der Ergebnisse

Folgende wissenschaftlichen Publikationen sowie Praxispublikationen sind entstanden:

- Fischer, Rudolf (2022): Präsentation eines Katalogs urbaner Daten im Bereich Mobilität und Umwelt. In: Fraunhofer IAO (Hg.): 4. Forum Urbane Daten. Vorträge. Unter Mitarbeit von Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Steffen Braun, Martin Feldwieser, Ekaterina Dobrokhotova und Johannes Sautter: Fraunhofer IAO. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/bitstreams/8350fa39-272e-436f-9006-a11b28796668/download>.
- Sautter, Johannes; Lis, Dominik; Kräck, Jan; Helsper, Andreas; Erlenhardt, Kai; Schnieders, Fabienne; Lambrecht, Udo (2022): Mobility Data Products for Smart City Ecosystems – a Greenhouse Gas Balancing Case Study. In: Yingcai Xiao (Hg.): International Conference on Computer Graphics, Visualization, Computer Vision and Image Processing (CGVCVIP2022), Connected Smart Cities (CSC2022), Big Data Analytics, Data Mining and Computational Intelligence (BIGDACI2022), Theory and Practice in Modern Computing (TPMC2022). Held at the 16th Multi-Conference on Computer Science and Information Systems (MCCSIS 2022) : Lisbon, Portugal, 19-22 July 2022. Red Hook, NY: Curran Associates Inc. Online verfügbar unter <https://publica.fraunhofer.de/handle/publica/425148>.
- Sautter, Johannes; Fischer, Rudolf; Kräck, Jan; Soares Amorim, Marco Raul; Erlenhardt, Kai; Weitzel, Balthasar: Bridging the Data Analytics – Data Excellence Gap: Requirements for a Data Catalogue for Efficient

¹¹ ReMo - Entwicklung eines regional differenzierten deutschlandweiten Verkehrsmodells zur Darstellung konsistenter Verkehrsnachfragekenngrößen (Regionallindikatoren Mobilität), vgl. https://www.ifv.kit.edu/forschungsprojekte_2232.php

Cross-Organizational Mobility and Smart City Data Analytics. In: Proceedings MCCSIS Connected Smart Cities, IADIS, Porto 2023. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.24406/publica-2434>.

- Kräck, Jan; Erlenhardt, Kai: Data Governance im Verbund mehrerer Kommunen sowie der Wissenschaft am Beispiel des Projektes MobiDataSol – Workshopergebnisse. In: Fraunhofer IAO (Hg.): 5. Forum Urbane Daten. Vorträge. Unter Mitarbeit von Wilhelm Bauer, Oliver Riedel, Steffen Braun, Martin Feldwieser, Ekaterina Dobrokhotova und Johannes Sautter: Fraunhofer IAO. Online verfügbar unter <http://s.fhg.de/forum-urbane-daten2023-tagungsband>.

4. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Visualisierung des Ökosystem-Data-Governance-Konzeptes am Beispiel von Städten und Forschungseinrichtungen.....	18
Abbildung 2: Auszug Datenkatalog (Excel)	31
Abbildung 3: Daten- und Prozessflussmodell. Initiale Version auf Basis ermittelter Datenquellen. Im Laufe der prototypischen Umsetzung ergaben sich bei Anpassungsbedarfen bspw. aufgrund tatsächlicher Datenverfügbarkeit oder Qualität Änderungen am Modell.....	33
Abbildung 4: Anteile der Floating Car Data Trajektorien an den erfassten Kfz der jeweiligen Dauerzählstellen auf Bundesstraßen und Bundesautobahnen.	34
Abbildung 5: Anteile der Floating Car Data Trajektorien an den erfassten Kfz der jeweiligen Zählschleifen auf dem Stadtgebiet Solingens.....	34
Abbildung 6: Mittlere tägliche Verkehrsstärken [Kfz/24h] auf Solinger Gemarkung basierend auf hochgerechneten Floating-Car-Trajektorien anhand lokaler Zählstellendaten in und um Solingen im vorliegenden Untersuchungszeitraum zur Prototypen-Entwicklung.	36
Abbildung 7: Ist-Analyse der internen und externen Datenflüsse zur Erstellung des Datenprodukts „Klimadashboard“ des Solinger Klimaschutzmanagements.....	38
Abbildung 8: MobiDataSol Ökosystem (Aufbauorganisation)	41
Abbildung 9: MobiDataSol Ökosystem (Ablauforganisation)	41
Abbildung 10: Datenarchitektur des MobiDataSol-Ökosystems am Beispiel der Pilot-Organisationen des MobiDataSol-Konsortiums Stadt Solingen, IFEU-Institut, Fraunhofer IAO	43
Abbildung 11: Einordnung des Datenkatalogs in die Datenarchitektur	44

3 Anlagen

- Erfolgskontrollbericht (nicht-öffentlich)

5. Abkürzungsverzeichnis

API	Application Programing Interface – Programmierschnittstelle für Datenprodukte
THG	Treibhausgas (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)
FCD	Floating Car Data
FTE	Full Time Equivalent (dt. VZÄ)
VZÄ	Vollzeitäquivalent (engl. FTE)