

ESPRESSO – systEmic Standardisation apPROach to Empower Smart citieS and cOMmunities

Martin Fabisch, Sascha Henninger

(Dr.-Ing. Martin Fabisch, Technische Universität Kaiserslautern, Pfaffenbergstr. 95, 67633 Kaiserslautern,
martin.fabisch@ru.uni-kl.de)

(Prof. Dr. rer. nat. Sascha Henninger, Technische Universität Kaiserslautern, Pfaffenbergstr. 95, 67633 Kaiserslautern,
sascha.henninger@ru.uni-kl.de)

1 ABSTRACT

Innovative Informations- und Kommunikationstechnologie ist ein Schlüsselement bei der Transformation zur Smart City. Aus technologischer Sicht muss in den städtischen IKT-Netzwerken ein bestimmter Standardisierungsgrad erreicht werden. Diese Standards müssen gleichermaßen für Stadtverwaltungen, Unternehmen und Bürger offen sein und so innovative Bottom-up-Lösungen ermöglichen.

Das ESPRESSO-Konsortium umfasst Partner aus Smart Cities, öffentlichen Verwaltungen, europäischen Normungsorganisationen, nationalen Normungsgremien, Standardentwicklungsorganisationen, Industrievertretern und Forschungseinrichtungen. Das Hauptziel von ESPRESSO ist es, die Interoperabilität von Smart City-Lösungen sicherzustellen. Dies hilft Städten, Eintrittsbarrieren oder die Abhängigkeit von Anbietern zu vermeiden, indem sie gemeinsame Metadatenstrukturen und Anstelle von Proprietäten, offene interoperable Schnittstellen verwenden. Um dieses Ziel zu erreichen, hat ESPRESSO ein konzeptionelles Smart-City-Information-Framework entwickelt, das auf offenen Standards basiert. Für diesen Rahmen ist es notwendig, ein gemeinsames Smart City-Vokabular zu entwickeln und Referenzarchitektur sowie Stadtinformationsindikatoren zu definieren.

Im Rahmen des Projekts wurde ein auf Fallstudien basierender Ansatz verwendet, um Schlüsselanforderungen für weitere Standardanalyseaktivitäten zu identifizieren. Durch eine zusätzliche Stärken-Schwächen-Analyse wurden sowohl existierende als auch neu entwickelte Standards untersucht, um die aktuell verwendeten Standards zu verbessern und verlässlichere für die Zukunft zu entwickeln. Die meisten der ursprünglich entwickelten Smart City Konzepte konzentrieren sich auf die Optimierung und Effizienz des Siedlungsraums. Häufig sind diese Ansätze top-down organisiert und betrachten den sozialen Stadtbereich nur unzureichend. Um die sozialen Auswirkungen und die gesellschaftliche Akzeptanz der entwickelten Lösungen zu verbessern, hat ESPRESSO ein Stakeholder-Kommunikationsnetzwerk eingerichtet, das einen frühen Dialog zwischen allen Beteiligten ermöglicht.

Zur Unterstützung des theoretischen Ansatzes hat ESPRESSO vier Fallstudien in zwei Pilotstädten, Rotterdam (Niederlande) und Tartu (Estland), durchgeführt. Dabei wurde in unterschiedlichen Szenarien der Einsatz von standardisierten Smart City Lösungen getestet und anschließend analysiert.

Keywords: MIM & PPO, Standardisierung, Interoperabilität, Standards, Smart City

2 EINLEITUNG

Den Begriff "Smart City" verstehen die meisten Menschen, allerdings können nur wenige ihn tatsächlich definieren. Sicherlich ist es verlockend an Definitionen zu denken, die Sensoren und andere technische Lösungen beinhalten. Was eine Stadt aber wirklich "intelligent" macht, ist die Art und Weise, wie Daten zum Nutzen ihrer Bürger verwendet werden.

Diese Intelligenz kommt insbesondere in Städten zu tragen, die „Big Data“-Prinzipien nutzen: Sowohl Entscheidungsträger als auch Bürger haben die Möglichkeit, nützliche Informationen aus verschiedenen Kombinationen von Datensätzen zu extrahieren, die ursprünglich nicht für diese Kombination erhoben wurden.

Der Hauptfokus einer „Smart City“ liegt auf der Verbindung von Benutzern und Daten über mehrere Domänen hinweg, um Informationen gemeinsam zu nutzen. Daten stellen die größte Herausforderung für ein Smart City-Ökosystem dar. Das skalierbare, kostengünstige und zeitnahe Erfassen, Sammeln und Nutzen von Daten aus einem breiten Spektrum heterogener Systeme, Lösungen und Plattformen erfordert optimierte Designs, die zumindest teilweise standardisiert sind. Viele Städte kämpfen mit der Herausforderung, ihre schnell wachsende Datenmengen aus bestehenden Servicevorgängen, neuen Sensoren, sozialen Interaktionen und dergleichen miteinander zu verknüpfen, um bessere Ergebnisse für ihre Bürger und ihre lokale Wirtschaft zu erzielen.

Ziel des ESPRESSO-Projekts ist es, ein Bewusstsein für Standardisierung in der „Smart“ City zu schaffen. Ein Konsortium aus unterschiedlichen Projektpartnern (z. B. TU Kaiserslautern, DIN, ISOCARP, OGCE) erarbeitete maßgeschneiderte Inhalte für die unterschiedlichen Zielgruppen aus Politik, Forschung und Industrie. Von einem anfänglichen Fokus auf die theoretischen/ high-level Aspekte der Standardisierung wurde in einem weiteren Projektschritt die Aufmerksamkeit auf konkrete praktische Aspekte verlagert, die mit den Fallstudien der Pilotstädte (Rotterdam/ Niederlande und Tartu/ Estland) umgesetzt wurden.

Über einen Zeitraum von zwei Jahren entwickelte ESPRESSO einen konzeptionellen Smart Cities-Informationsrahmen, der Städte unterstützt effizienter und intelligenter zu werden. ESPRESSO ist Teil der EIP-SCC Urban-Plattform. Diese Plattform ist in die Initiativen „Demand Side Management“, „Supply Side MoU“ und „Standards (SCC03)“ unterteilt. ESPRESSO ist Teil der "Standards" -Initiative und konzentriert sich auf den technischen Ansatz zu Standards in Smart Cities.

3 ESPRESSO UND DIE STÄDTISCHE PLATTFORM

3.1 Der smarte Hamburger – ein Visualisierungstool

In Städten ist eine Vielzahl mit Sensoren ausgestatteten technischen Geräten verbaut, die einen konstanten Informationsfluss liefern, der in der Vergangenheit entweder unmöglich oder nur relativ schwer zu erfassen war. Diese Geräte sammeln Informationen über verschiedene Parameter, die für die Optimierung der täglichen Abläufe in der Stadt sowie für die längerfristige Entwicklungsplanung enorm an Bedeutung gewonnen haben. Sensoren können beispielsweise Informationen über öffentliche Verkehrsmittel (Echtzeitstandort, -nutzung), Verkehrsintensität, Umweltdaten (Luftqualität, Lärm), Belegung von Parkplätzen, Überwachung von Abfallbehältern, Energieverbrauch in öffentlichen Gebäuden sammeln.

Eine effektive Smart City-Architektur mit ihren unzähligen Datenströmen lässt sich sehr anschaulich durch einen „intelligenten Hamburger“ visualisieren. Das untere "Brötchen" repräsentiert die Geräte und Sensoren, die Daten in der ganzen Stadt erfassen. Das "Pattie" stellt die Daten, die von Sensoren erzeugt werden (auch als "Data Lake" bezeichnet), dar. Das oberste "Brötchen" steht für alle Anwendungen zusammen, die diese verwenden können, um Bürgerinnen, Bürger und Entscheidungsträger mit Hilfe von Analysen und Visualisierungen zu informieren (Abb. 1).

Der Ansatz wurde in Zusammenarbeit mit der Europäischen Innovationspartnerschaft für intelligente Städte und Gemeinden (EIP SCC) entwickelt

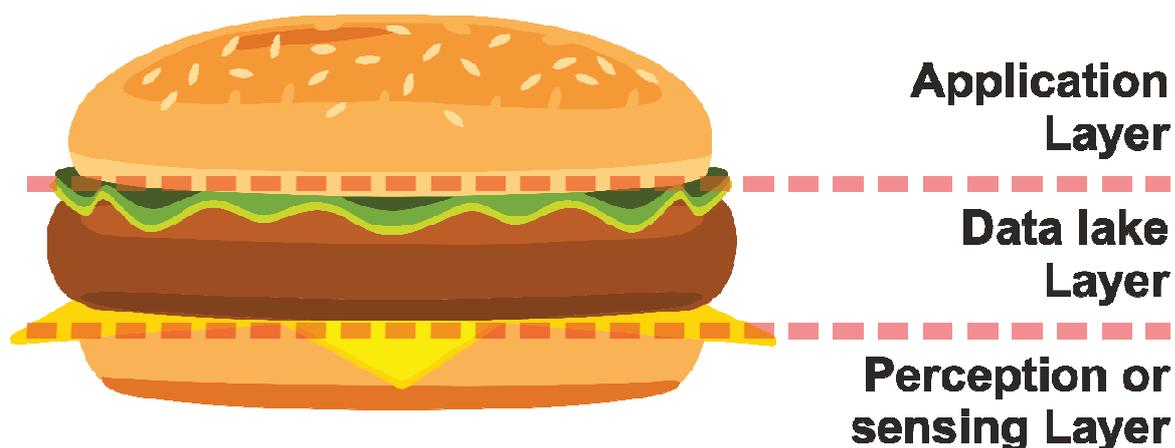


Abb. 1: Der smarte Hamburger (Eigene Abbildung, 2018)

Auf technischer Ebene umfasst die Smart City-Architektur die folgenden Layer:

- Wahrnehmungs- oder Erfassungslayer: Die mit Sensoren ausgestatteten Komponenten der Stadt wie unter anderem Straßen, Fahrzeuge, Endbenutzergeräte
 - Zusätzliche mögliche Datenfassung durch Machine-to-Machine-Kommunikation (M2M) und dem Internet der Dinge (IoT)

- Spezielle Sensoren könnten auch zum Sammeln von Daten verwendet werden, die zur Erstellung von 3D-Stadtmodellen dienen (z. B.: LIDAR)
- Databaselayer (Data Lake): Ermöglicht die Datenspeicherung und umfasst eine Anwendungsunterstützungsschicht und umfangreiche Datenverarbeitungsfunktionen mithilfe von Cloud Computing
 - Cloud Computing soll die für die meisten Smart-City Anwendungen notwendige Echtzeitdatenverarbeitung sicherstellen
- Anwendungsebene: Verarbeitung und Aufbereitung der Daten für den Anwender bzw. Endnutzer

Zwischen jeder Ebene befindet sich eine Netzwerkschicht („die Hamburger-Sauce“), die die Datenübertragung zwischen der darunter- bzw. darüberliegenden über drahtgebundene oder drahtlose Verbindungen ermöglicht. Einige Anwendungen erfordern Echtzeitverbindungen, andere eignen sich für verzögerungstolerante Netzwerke (DTN).

Die Voraussetzungen für die Umsetzung dieses konzeptionellen Modells einer „Smart City“ sind sehr einfach: Wenn Datenersteller in einer Stadt ihre Daten über eine standardisierte, offene Schnittstelle zur Verfügung stellen, können alle Anwendungen über dieselbe frei implementierbare Schnittstelle auf diese Daten zugreifen.

3.2 Open Data

3.2.1 Linked Open Data

Der Linked Data-Ansatz bietet gegenüber anderen Praktiken deutliche Vorteile bei der Erstellung und Bereitstellung von Bibliotheksdaten. Linked Data und insbesondere Linked Open Data (LOD) können durch mehrere Nutzer verwendet werden und erlauben die Nutzung über den ursprünglichen Erfassungszweck hinaus. LOD ermöglicht es, individuelles Know-how einzubringen und anderen Nutzern zur Weiterverwendung zur Verfügung zu stellen. Durch sinnvolle Verknüpfungen der Daten innerhalb der Datensammlung und Ergänzung von Daten aus vertrauenswürdigen Quellen können Datenbibliotheken den Nutzen ihrer eigenen Daten erheblich steigern.

Die Fähigkeit Daten zu kombinieren, die ursprünglich nicht primär dafür erhoben wurden, definiert eine „Smart City“. Das Potential von Linked Data zeigt sich darin, dass einige Städte bereits einige Datensätze als Linked Open Data (LOD) zur Verfügung stellen. Das Programm ISA² (<https://ec.europa.eu/isa2/>) unterstützt die Entwicklung digitaler Lösungen, mit denen öffentliche Verwaltungen, Unternehmen und Bürgerinnen und Bürgern in Europa von interoperablen grenzüberschreitenden und sektorübergreifenden öffentlichen Diensten profitieren können.

Die „Smart Appliances REference“ Ontologie (SAREF) wurde vom ESPRESSO-Projekt als gemeinsames Konsensmodell identifiziert, das den Smart City-Anforderungen an LOD am ehesten gerecht wird.

3.2.2 Open Data für Smart Cities

Städte, die ihre Daten für die Bürger öffnen, sind ein wachsender Trend, nicht nur zum Vorteil für die Bürger, wie nachfolgende Ausführungen darlegen werden. Einige Städte zögern jedoch noch mehrere Datensätze zu öffnen, da sie befürchten, dass über das Kombinieren von Daten Informationen über einzelne Bürger gewonnen werden können.

Die Stadt Rotterdam hat eine gemeinnützige Organisation gegründet, in der alle ihre offenen Daten gehostet werden. Dieser offene Datensatz ist einer der umfangreichsten unter allen Smart Cities in Europa. Sie teilen 113 verschiedene Datensätze (Januar 2019), um die Entwicklung von Smart City-Lösungen in Rotterdam zu unterstützen.

3.3 Minimal Interoperability Mechanism and Pivotal Points of Interoperability

Um eine „Smart City“ und die urbane Plattform mit ihrer Intelligenz zu implementieren, ist es notwendig, einen Nährboden für neue, kreative und derzeit unerwartete Datenanwendungen und -analysen zu schaffen. Das ESPRESSO-Projekt identifizierte den Weg vorhandene Standards und Technologien zu verwenden, wo immer dies möglich ist, als effizienteste Strategie. Diesen Lösungsansatz beschreiben beispielsweise der „Minimal Interoperability Mechanism“- und der „Pivotal Points of Interoperability“-Ansatz.

3.3.1 Minimal Interoperability Mechanism - MIM

Anstatt zu versuchen, umfassende Spezifikationen und Architekturen zu erstellen, die alle nur denkbaren Aspekte einer Stadt umfassen, nutzt der MIM-Ansatz das Gegenteil: Er schafft ein Minimum an Interoperabilitätsmechanismen, die den Benutzern gerade genug bieten, um Systeme und Datensätze bei Bedarf miteinander zu verbinden.

MIMs sind für die Welt der Standards das, was ein Minimum Viable Product (MVP) für die Welt der Dienstleistungen ist. MIMs können als Vorläufer für klar definierte grundlegende Verbindungsstandards wie GSM, Wi-Fi und USB angesehen werden. In der Praxis bilden die „Open & Agile Smart Cities“-MIMs (OASC) eine Grundlage allgemeiner APIs (für den Zugriff auf Daten), gemeinsamer Datenmodelle (zur Strukturierung von Daten) und eine optionale Datenplattform (zum Speichern und Bereitstellen von Daten). Darüber hinaus vervollständigen eine Referenzarchitektur und eine Referenzimplementierung den Satz von MIMs.

MIMs helfen der Nutzerseite die Gefahr durch Anbieterabhängigkeit (Vendor Lock-in) zu vermeiden. Gleichzeitig ermöglichen MIMs eine fortlaufende Weiterentwicklung und das Austauschen einzelner Systembausteine während des Betriebs, ohne einen "Big Bang"-Systemwechsel durchführen zu müssen. Weiterhin tragen MIMs dazu bei, globale und offene Märkte für Produkte und Dienstleistungen innerhalb der Smart Cities Branche zu schaffen und so können daher auch als Innovationsmotor angesehen werden.

Bei den OASC-MIMs handelt es sich um ein sich ständig weiterentwickelndes Set technischer Mechanismen, die ausgehend von globalen Best-Practice-Beispielen ausgewählt werden. Gleichzeitig fließen die Entwicklungen der OASC-MIMs in die Standardisierungsaktivitäten von ETSI, ISO und ITU ein.

3.3.2 Pivotal Points of Interoperability - PPI

Eine der wichtigsten Herausforderungen ist die Fülle an Standards und Technologien, die für IoT und „Smart Cities“ zur Verfügung stehen. Es gibt jedoch einige Konzepte und Komponentenstandards die unabhängige Teams entwickelt bzw. gefunden haben. Diese nennen sind „Pivotal Points of Interoperability“ (PPI). Wenn PPIs verwendet werden, wird die Integration einer neuen Komponente oder der Austausch einer veralteten Komponente in eine vorhandene Umgebung vereinfacht. Beispielsweise ist die Umwandlung von Datensätzen von XML in JSON mit nur geringem Aufwand möglich. Sollen hingegen Komponenten verknüpft werden, die nicht unter Berücksichtigung der PPIs entwickelt wurden, ist dieser Integrationsprozess in der Regel deutlich aufwendiger. Das Konzept wird in der folgenden Abbildung 2 veranschaulicht, die die potenziellen Vorteile einer Integration zeigt, wenn PPI bekannt sind:

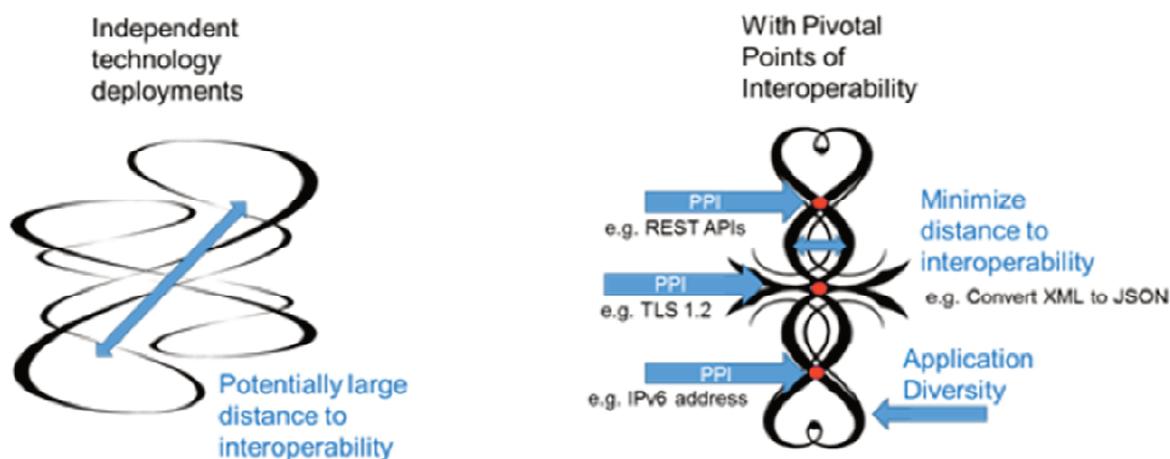


Abb. 2: Pivotal Points of Interoperability (Burns, 2016)

Bei der Analyse von Smart City-Lösungen wird deutlich, dass die meisten Anwendungen auf einer dreischichtigen Architektur beruhen, die dem „smarten Hamburger“ entspricht. Aus diesem Aufbau lässt sich ableiten, dass diese nur zwei Schnittstellen verwenden. Diese Schnittstellen werden im PPI-Ansatz „Northbound“ (Datalayer <> Anwendungslayer) und „Southbound“ (Sensorlayer <> Datalayer) genannt (s. Abb. 3).

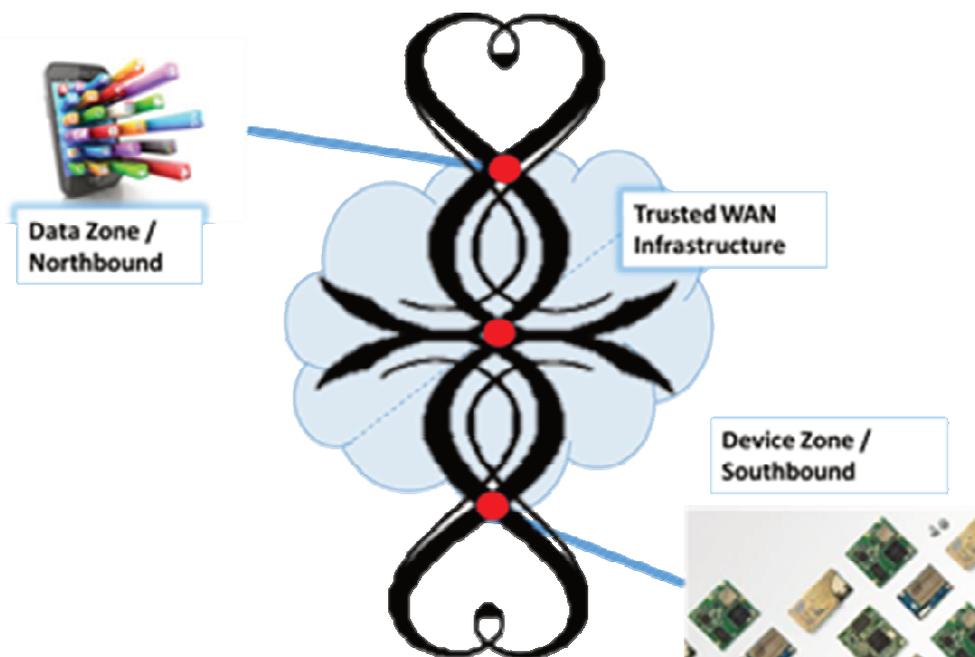


Abb. 3: Der PPI nach Norden und Süden (Burns, 2016)

Durch Standardisierung an den Schnittstellen kann ein sehr hoher Grad an Interoperabilität erreicht werden. So wird sichergestellt, dass die entwickelten Lösungen geräteunabhängig funktionieren. Zusätzlich entsteht für die Städte der Vorteil, dass sie nicht auf fertige End-to-End-Lösungen zurückgreifen müssen, sondern ihr Smart City-Konzept kontinuierlich umsetzen und ausbauen können.

3.4 Offene Standards

Viele Städte geben an, in den letzten Jahren Smart City-Initiativen ohne zugrundeliegende Standards entwickelt zu haben. Aufgrund dieses Mangels können Lösungen, die für eine bestimmte Stadt funktionieren, nicht ohne erheblichen Anpassungsaufwand in einer anderen Stadt eingesetzt werden. Die eigentliche Herausforderung besteht jedoch in der Entwicklung von Standards, die in verschiedenen Städten angewendet werden können, um die Übertragbarkeit von Stadt zu Stadt zu ermöglichen.

Es gibt keinen eindeutigen Gewinner unter den bestehenden IoT-Architekturen und Smart City-Ansätzen. Offensichtlich ist allerdings, dass Interoperabilität zwischen verschiedenen Geräten/ Plattformen zwingend erforderlich ist. Als optimale Option wird die Verwendung offener Standards angesehen, die unter Berücksichtigung des kompletten Smart Cities-Modells entwickelt. OneM2M zeichnet sich als eine weltweite Organisation aus, die einen Standard definiert, der eine einfache horizontale Plattformarchitektur verwendet, die sich dem Drei-Ebenen-Modell anpasst.

In Bezug auf den Datenaustausch ist CityGML derzeit das vielversprechendste Format für die Repräsentation von offenen Stadtdateien mit einer zunehmend breiteren Unterstützung für Softwareanbieter.

4 ESPRESSO USE CASES

4.1 Rotterdam

Die Stadt Rotterdam hat die ESPRESSO Use Cases in ihr 3D Digital City-Programm integriert. Das Ziel ist, dass innerhalb weniger Jahre ein detailliertes 3D-Stadtmodell online verfügbar ist, das ein breites Spektrum zusätzlicher Informationen (z. B.: Sensoren und Verwaltungsdaten) darstellt, die von jedem genutzt werden können. Rotterdam verwendet bereits seit mehreren Jahren ein 3D-Stadtmodell, das allerdings zunächst an die neuesten CityGML-Spezifikationen zu einem intelligenten, objektorientierten 3D-Stadtmodell angepasst werden musste. Auch das Verbinden von Sensorinformationen auf standardisierte, flexible und skalierbare Weise musste zunächst weiter untersucht werden. Diese Analyse wurde im Rahmen der ESPRESSO Use Cases durchgeführt.

Getestet wurden drei verschiedene Sensortypen von verschiedenen Lieferanten: Abfallbehältersensoren, Sensoren zur Messung des Grundwasserstandes und Sensoren für die Verfügbarkeit von Parklücken. Diese

sollten alle nach dem MIM- und PPI-Ansatz mit den API-Standards CityGML, WFS und SensorThings als PPIs verbunden werden.

Technisch scheint dieser Ansatz gut zu funktionieren. Sobald die Sensorinformationen in diese Standards umgewandelt wurden, ist es einfach, sie zu integrieren und für alle Arten von Anwendungen zu verwenden. Die wichtigsten Lehren sind, dass Dateneigentum und die Formate, in denen die Sensorinformationen bereitgestellt werden, im Voraus festgelegt werden sollten. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass IoT zwar eine große Sache ist, es sich jedoch als schwierig erweist, die richtigen Personen mit fundiertem Wissen auf der Lieferantenseite zu finden. Dies erschwert es, auf tatsächliche Sensorinformationen zuzugreifen.

Der MIM- und PPI-Ansatz und die verwendeten Standards werden bei der Weiterentwicklung des 3D Digital City-Programms in Rotterdam als wichtige Voraussetzung verwendet. Dateneigentums- und Datenlieferungsspezifikationen wurden in die Rotterdam-Lieferbedingungen aufgenommen. Die 3D Digital City-Infrastruktur wird auch im europäischen Lighthouse-Projekt Ruggedised (<http://www.ruggedised.eu/>) und im Programm „Roadmap Next Economy“ verwendet, an dem die Stadt Rotterdam ebenfalls arbeitet (Abb. 4).

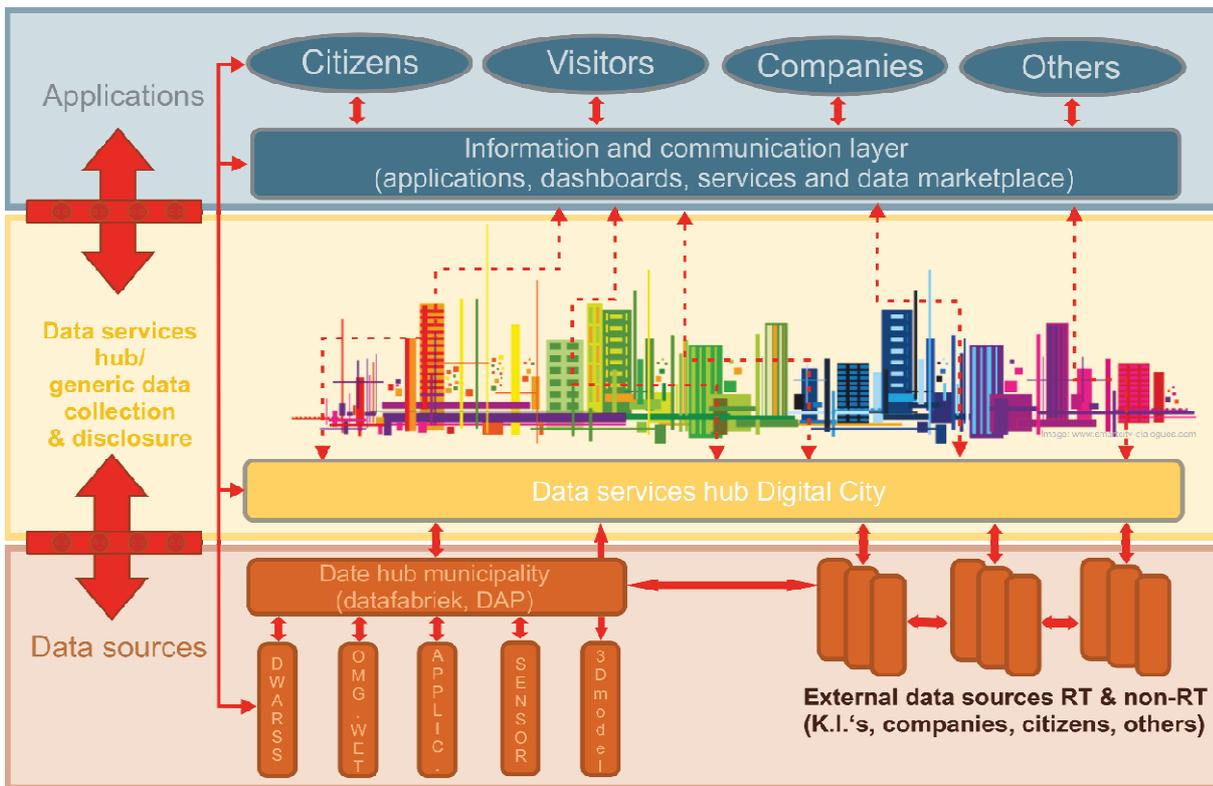


Abb. 4: 3D-Digital-City-Infrastruktur Rotterdam (Eigene Darstellung, 2019)

4.2 Tartu

Das Hauptziel des Pilotprojekts bestand darin, zur Steigerung der Energieeffizienz in dem neuen, im Stadtzentrum von Tartu entwickelten, Smart District beizutragen. Im Rahmen des Horizon2020-Leuchtturmprojekts „SmartEnCity“ (<http://smartencity.eu/>) wurden in dem Gebiet eine Reihe von alten Wohngebäuden aus der Zeit der Sowjetunion renoviert. Dabei wurden mehrere Smart City-Lösungen berücksichtigt und ein besonderes Augenmerk auf die Energieeffizienz gelegt. Ziel ist es, den Energieverbrauch von 270 kWh m⁻² a⁻¹ um ein Drittel auf 90 kWh m⁻² a⁻¹ zu senken.

Die konkreten Ziele waren:

- Unterstützung mobilisieren und Impulse für ein intelligentes Energiemanagement bei den Bewohnern des neuen intelligenten Viertels in Tartu und der allgemeinen Öffentlichkeit durch bessere Visualisierung der positiven Veränderungen im Rahmen der Initiative „SmartEnCity“ setzen,
- Fundiertere Entscheidungen über die Nutzung der Sonnenenergie treffen - basierend auf Daten zur Analyse des Solarpotentials, die im Rahmen des Pilotprojekts in das Stadtinformationsmodell integriert sind.

Das Pilotprojekt wurde erfolgreich abgeschlossen und das 3D-Stadtinformationsmodell (basierend auf CityGML) ermöglicht nun eine bessere Analyse der Energieeffizienz im Pilotgebiet. Im Rahmen des Use cases wurden ebenfalls zielgruppenspezifische Visualisierungen geschaffen, die sich hinsichtlich Verständlichkeit und Detaillierungsgrad bzw. Informationsgehalt unterschieden.

Durch die Umsetzung des Pilotprojekts wurde gezeigt, was erforderlich ist, um verschiedene Daten zusammenzuführen und intelligente Lösungen zu implementieren. Der derzeit weit verbreitete Ansatz, nur Datensätze eines Themas (Datensilos) zu verwenden, verhindert innovative, intelligente und verknüpfende Lösungen. Als Fazit für Tartu lässt sich festhalten, dass durch die Verwendung von Standards, die für die Use Cases genutzten Datensätze wurden, ohne größere Hindernisse in überschaubarer Zeit (ca. 10 Monate) zusammengeführt werden konnten. Einer der wichtigsten Lernpunkte aus der Arbeit in Tartu ist, dass die Einrichtung gut funktionierender Kommunikationsflüsse Zeit erfordert. Da die verschiedenen Datensätze in verschiedenen Abteilungen der Stadtverwaltung verstreut waren oder von anderen Interessengruppen (z. B. regionale Energieagentur Tartu) aufbewahrt wurden, wurden sie von verschiedenen Personen mit unterschiedlichen Perspektiven hinsichtlich der Aufgaben auf der Grundlage ihrer unterschiedlichen täglichen Verantwortlichkeiten, ihres Engagements und auch ihrer Kommunikationsfähigkeiten koordiniert. Diese Tatsache hat teilweise zu erheblichen Verzögerungen geführt.

4.3 Vorteile von Standards in intelligenten Gemeinden

Intelligente Lösungen sind nicht nur für Großstädte wichtig. Intelligente Lösungen können auch in kleinen Gemeinden soziale und wirtschaftliche Vorteile generieren und die Lebensqualität der Bewohner verbessern. Gerade für diese ist es entscheidend, dass die gewählten Lösungen so einfach wie möglich zu implementieren sind. Im Gegensatz zu gewachsenen Einzellösungen können standardisierte Lösungen problemlos an die Größe der Stadt oder Gemeinde angepasst werden. Der standardisierte Ansatz erfordert ein geringeres technisches Verständnis, um detaillierte und komplexe Smart City-Lösungen zu implementieren.

5 CONCLUSION

Insgesamt hat das ESPRESSO-Projekt gezeigt, dass für die Nutzung das Bewusstsein für offene internationale Standards erforderlich ist, um eine sinnvolle Interoperabilität in jeder Smart City-Initiative zu erreichen. Nur so kann die Stadt effektiv hohe Folgekosten vermeiden und sich selbst vor kritischen Anbieterabhängigkeiten schützen.

Ein 3D-GIS ist ein üblicher Ort für Smart Cities, um ihre Daten zusammenzuführen. 3D-Stadtmodelle ermöglichen das Visualisieren und Analysieren statischer und dynamischer Stadtdaten aus unterschiedlichen Quellen.

MIM- und PPI-Ansätze können dabei helfen, bezahlbare, kleine Schritte hin zu einer größeren Smart City-Infrastruktur zu unternehmen. So kann es Städten und Gemeinden ermöglicht werden sich kontinuierlich zur „Smart City“ zu entwickeln.

Weiterführende Informationen zu diesem Projekt finden sich auf der ESPRESSO-Website (<http://www.espresso-project.eu>).

6 REFERENCES

- BURNS, Martin: The PPI north- and southbound (ETSI IoT/M2M Workshop). Sophia, 2016.
 BURNS, Martin: Pivotal Points of interoperability (ETSI IoT/M2M Workshop). Sophia, 2016.