sMArt

sMArt roots Technisches Gesamtkonzept

sMArt City Mannheim
Stand 16.02.2023

Inhalt

Inhalt 2
Tabellen 5
Abbildungen 5
1 Einleitung 6
1.1 Eingrenzung des Arbeitsbereiches 6
1.2 Disclaimer 6
1.3 Zielbeschreibung 6
1.4 Flexible Lösung nach DIN SPEC 91357 7
2 Grundlagen 7
2.1 EIP SCC 7
2.2 DIN SPEC 91357 7
2.3 Begrifflichkeiten 7
2.3.1 Open Data 7
2.3.2 Programmierschnittstelle bzw. API 8
2.3.3 Offene Programmierschnittstellen 8
2.3.4 OpenAPI 8
2.3.5 REST 8
2.3.6 Datenplattform 8
2.3.7 Fähigkeit 8
2.3.8 Smart City 8
2.3.9 System of Systems 9
3 Rahmenbedingen 9
4 Anforderungen 9
4.1 Zukunftssicherheit, Anbieterunabhängigkeit und Unabhängigkeit vom Anwendungsfall 9
4.2 Technologische Anforderungen an das Projekt 9
4.3 Abgeleitete Anforderungen an das Projekt 9
4.3.1 Smart Services 9
4.3.2 Datenanalyse 9
4.3.3 Datenplattform 10
4.3.4 DIN SPEC 91357 10
4.3.5 System of Systems 10
5 Beschreibung einer offenen (urbanen) Datenplattform 11
5.1 Implementierung der offen urbanen Plattform (OUP) 11
5.2 Rollen und Verantwortlichkeiten nach DIN SPEC92357 12
5.2.1 Eigentümer 12
5.2.2 Betreiber 12

6 Architektur der offenen urbanen Plattform der Smart City Mannheim (SCM) ... 12
6.1 Allgemeines ... 12
6.2 Die urbane Datenplattform als System of Systems ... 13
6.3 Fähigkeiten der urbanen Datenplattform ... 15
6.4 EIP SCC-Fähigkeitskategorien ... 16
6.5 Die EIP-SCC Capability Map ... 17
6.6 Offene Schnittstellen ... 17
6.6.1 Allgemeines ... 17
6.6.2 Rohdatenschnittstellen ... 18
6.6.3 Datenverarbeitungsschnittstellen ... 18
6.6.4 Datenintegrationsschnittstellen ... 19
6.6.5 Verwaltungsschnittstellen ... 19
6.6.6 Checkliste ... 19
6.7 Die Datenwertschöpfungskette ... 19
6.8 Datenschutz ... 20
6.9 Intelligente Daten- und Dienstbereitstellung ... 21
7 Implementierung der Architektur durch die SCM- Datenplattform ... 21
7.1 SAAS-Software ... 22
7.2 Energieeffizienz und CO2 ... 22
7.3 Skalierbarkeit und Erweiterung, Zukunftsfähigkeit ... 23
7.4 Mandantenfähigkeit ... 23
7.5 Nutzermanagement ... 23
7.6 Echtzeitfähigkeit ... 23
7.7 Barrierearmut ... 24
7.8 Data Ownership ... 24
7.9 Vendor Lock-in bzw. Unabhängigkeit vom Anbieter ... 24
7.10 IT-Sicherheit ... 24
7.11 Sicherheit und Datenschutz ... 25
7.12 Modulare Systemarchitektur nach DIN SPEC 91357 ... 25
7.13 Fähigkeitsprofil der SCM-Datenplattformnach EIP SCC ... 26
7.13.1 Asset Management ... 26
7.13.2 Datenspeicher ... 27
7.13.3 Daten API ... 27
7.13.4 Automation ... 27
7.13.5 Analyse ... 27
7.13.6 Visualisierung ... 27
1.1.1. Modul Dashboards ... 28
7.13.7 Public Dashboards ... 29

7.13.8 Datenexporte 29
7.13.9 Apps 29
7.13.10 Digitaler Zwilling / Digital Twin 29
7.14 Erweiterbarkeit 30
8 Zusammenfassung 30
9 Literaturverzeichnis 30

Tabellen

Tabelle 1: EIP SCC-Fähigkeitskategorien aus DIN SPEC 91357 übernommen und übersetzt 16
Tabelle 2: Datenwertschöpfungskette 20
Tabelle 3: Backup Policy 25

Abbildungen

Abbildung 1 Schematische Darstellung einer Open Urban Platform nach DIN SPEC 91357 11
Abbildung 2: Framework für die Referenzsystemarchitektur einer offenen urbanen Plattform nach DIN SPEC 91357 14
Abbildung 3: Overall EIP SCC Open Urban Platform Capability Map – overall level..... 17
Abbildung 4: Übersicht Architektur SCM-Datenplattform 21
Abbildung 5: PUE MS Datacenters [28] 22
Abbildung 6: PUE MS Datacenters [28] 23
Abbildung 7: Fähigkeitsprofil SCM-Datenplattform nach EIP SCC 26

1 Einleitung

1.1 Eingrenzung des Arbeitsbereiches

In diesem technischen Gesamtkonzept wird auf die technologischen Aspekte von sMArt roots eingegangen. Darin enthalten sind Motivation und grundlegende Konzepte für den Aufbau der Datenplattform und das Zusammenspiel mit anderen Systemen.

Es kann jedoch nicht auf gesellschaftliche, verwaltungstechnische und juristische Gegebenheiten eingegangen werden. Sollten diese im Dokument erwähnt werden, dann in der Regel als zu berücksichtigende Rahmenbedingungen.

Dieses Konzept beschäftigt sich mit den technologischen Aspekten des Projektes, wie z.B. der Auswahl und Gestaltung von Architektur, Systemen, Protokollen und Schnittstellen.

1.2 Disclaimer

Das hier dargestellte Konzept soll eine schlüssige Nachvollziehbarkeit bei der Gestaltung des Gesamtsystems schaffen. Es werden durchwegs gebräuchliche Architekturen, Normen, Systeme und Schnittstellen verwendet, die für jedermann bereits hinreichend gut dokumentiert sind.

Entsprechend häufig kommen in diesem Konzept auch Texte aus frei verfügbaren Quellen zum Einsatz. Einige Texte wurden direkt aus den entsprechenden Artikeln übernommen.

Im besten Sinne sind alle Ansätze und Komponenten bekannt und häufig in Verwendung. Es soll ein interoperables System entstehen, das vielfältige Formen der Vernetzung und Kooperation ermöglicht.

1.3 Zielbeschreibung

Die digitale Transformation betrifft öffentliche Einrichtungen und Stadtverwaltungen ebenso wie andere Unternehmungen. Städte sind hoch komplexe Gebilde mit zahlreichen Teilbereichen. Diese Teilbereiche sind in manchen Fällen hochintegriert, in anderen Fällen nur sehr lose gekoppelt. In einigen Fällen sind Teilbereiche komplett unabhängig von anderen Bereichen der Stadt.

Dementsprechend sind die informationstechnischen Systeme einer Stadt sehr heterogen, in einigen Fällen miteinander vernetzt, gekoppelt oder auch grundsätzlich als unabhängiges System konzipiert.

Städte stehen vor dem Problem, dass die Daten dieser heterogenen Systeme kontrolliert, verwaltet, bearbeitet und bereitgestellt werden müssen. Es bietet sich deshalb an, eine Datenplattform für die Lösung dieser Herausforderungen zu nutzen.

Es ist das Ziel, ein System nach Stand der Technik zu gestalten, nicht jedoch den Stand der Technik voranzubringen. Es ist notwendig, dass sich die Bevölkerung auf die Systeme der Smart City verlassen kann. Nur Systeme mit hinreichend großer Zuverlässigkeit und Nachvollziehbarkeit ihrer Leistungen werden breite Akzeptanz finden. Damit ist der Einsatz experimenteller Software in zentralen Bereichen von vornherein ausgeschlossen.

1.4 Flexible Lösung nach DIN SPEC 91357

Zum Zeitpunkt der Erstellung des technischen Gesamtkonzeptes sind noch nicht alle Anforderungen an die zu verwendende Lösung bekannt. Es soll daher eine möglichst flexible Lösung zum Einsatz kommen.

Aus den Ausschreibungsunterlagen geht hervor, dass eine auf Open Source Komponenten basierende Lösung bevorzugt wird, bei guter Begründung aber auch nicht quelloffene Softwarekomponenten zum Einsatz kommen können, solange die grundsätzlichen Anforderungen des Projektes erfüllt werden.

Um der Forderung nach Flexibilität zu entsprechen, soll das technische Gesamtkonzept grundsätzlich nach dem Vorbild einer Open Urban Platform [1](OUP), wie in DIN SPEC 91357 spezifiziert, gestaltet werden.

2 Grundlagen

2.1 EIP SCC

Die Europäische Innovationspartnerschaft für intelligente Städte und Gemeinden (EIP SCC[i]) hat die Notwendigkeit eines Ansatzes stärker integrierter Infrastrukturen identifiziert. Im Jahr 2015 wurde das Memorandum of Understanding „Towards Open Urban Platforms for Smart Cities and Communities“ [2] von der EIP SCC initiiert und seitdem von einer Vielzahl von Unternehmen und einem damit verbundenen „Letter of Intent“ von Städten unterzeichnet.

Ziel ist es, einen offenen und abgestimmten Ansatz zur Erfassung städtischer Daten zu schaffen, indem proprietäre und damit von einzelnen Anbietern dominierte Infrastrukturen vermieden werden. Stattdessen wird ein föderierter und offener Ansatz zum Austausch und zur gemeinsamen Nutzung von Daten zum beiderseitigen sozialen und kommerziellen Nutzen angestrebt.

2.2 DIN SPEC 91357

Die DIN SPEC 91357 [1] beschreibt eine offene Referenzarchitektur für die Zusammenarbeit städtische Systeme, die folgende Vorteile bietet:

- Bereitstellung einer gemeinsamen Sprache für die verschiedenen Beteiligten
- Bereitstellung einer konsistenten Technologieimplementierung zur Lösung von Problemen
- Unterstützung der Validierung von Lösungen anhand einer bewährten Referenzarchitektur
- Förderung der Einhaltung gemeinsamer Standards, Spezifikationen und Muster

Die DIN SPEC 91357 stellt ein Referenzarchitekturmodell „Open Urban Platform“ als integrierte Datenaustauschplattform in der digitalen Infrastruktur einer Stadt oder Gemeinde im Sinne einer „Match-Making“-Plattform zur Verfügung.

2.3 Begrifflichkeiten

2.3.1 Open Data

Offene Daten ("Open Data") sind für jedermann frei zugänglich und können auf Grund von offenen und diskriminierungsfreien Lizenzen frei weiterverwendet werden. [3]

2.3.2 Programmierschnittstelle bzw. API

Eine Programmierschnittstelle ist ein Teil eines Softwaresystems, das anderen Systemen oder Programmen zu Anbindung dient. Im Unterschied zu einer Hardware- oder Binärschnittstelle arbeitet eine Programmierschnittstelle auf der Ebene des Quelltextes eines Softwaresystems.

2.3.3 Offene Programmierschnittstellen

Offen Programmierschnittstellen sind Programmierschnittstellen, die für jedermann frei zugängig, einsetzbar und dokumentiert sind.

2.3.4 OpenAPI

Die OpenAPI Specification ist ein Standard zur Beschreibung von REST-konformen Programmierschnittstellen. [4]

2.3.5 REST

Representational State Transfer (abgekürzt REST) [5] ist ein Paradigma für die Softwarearchitektur von verteilten Systemen. Der Zweck von REST liegt hauptsächlich auf der Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Der Vorteil von REST liegt darin, dass im World Wide Web [6] bereits ein Großteil der für REST nötigen Infrastruktur (z. B. Web- und Application-Server, HTTP-fähige Clients, HTML- und XML-Parser, Sicherheitsmechanismen) vorhanden ist und viele Web-Dienste per se REST-konform sind.

Jede REST-Nachricht enthält alle Informationen, die für den Server bzw. Client notwendig sind, um die Nachricht zu verstehen. Weder der Server noch die Anwendung soll Zustandsinformationen zwischen zwei Nachrichten speichern. Man spricht daher von einem zustandslosen (englisch: stateless) Protokoll. Als Anwendungsschicht-Protokolle werden hauptsächlich HTTP [7] und HTTPS [8] eingesetzt.

2.3.6 Datenplattform

Im Weiteren soll eine Datenplattform wie folgt verstanden werden:

Eine Datenplattform ist eine Komplettlösung für das Erfassen, Verarbeiten, Analysieren und Präsentieren von Daten, die von den Systemen, Prozessen und Infrastrukturen moderner, digitaler Städte erzeugt werden. [9]

Sie geht damit über den minimalen Funktionsumfang einer urbanen Plattform hinaus, indem sie nicht nur als Austausch-, sondern auch als Analyse-, IoT- und Präsentationsinstrument dient.

2.3.7 Fähigkeit

Inhalt und Umfang dessen, was eine Organisation oder eine Person unternehmen muss, um ein bestimmtes Ziel zu erreichen.

2.3.8 Smart City

Eine Smart City versucht Städte durch den Einsatz von informationstechnischen Systemen effizienter, technologisch fortschrittlicher, lebenswerter, bürgerfreundlicher, grüner und sozial inklusiver zu gestalten. [10]

2.3.9 System of Systems

3 Rahmenbedingen

Die Infrastruktur von Städten ist weitgehend durch spezialisierte, anwendungsfallbezogene und spezialisierte Systeme gekennzeichnet. In vielen Fällen ist die Zusammenarbeit dieser Systeme weder geplant, noch beabsichtig oder erwünscht.

Diese Situation ist im Begriff sich zu ändern, so dass verstärktes Interesse an einer bereichsübergreifenden Nutzung von städtischen Systemen entsteht. Durch die gemeinsame Nutzung und die Vernetzung unterschiedlichster Systeme ergeben sich Vorteile für die Verwaltung, Bürgerschaft und Besucher einer Stadt.

Um die Möglichkeiten der Digitalisierung bereichs- und unter Umständen auch städteübergreifend nutzen zu können, wird eine Zusammenarbeit unterschiedlichster Systeme benötigt.

4 Anforderungen

4.1 Zukunftssicherheit, Anbieterunabhängigkeit und Unabhängigkeit vom Anwendungsfall

Eine Datenplattform sollte zur Schaffung von Zukunftssicherheit, der Vermeidung von Abhängigkeiten von einem speziellen Anbieter und zur Erhöhung der Interoperabilität möglichst offene Standards und Schnittstellen nutzen. Idealerweise werden herstellerunabhängige Referenzarchitekturen umgesetzt, die die Interoperabilität mit anderen Systemen in derselben oder anderen Städten ermöglicht.

Ein System of Systems [11] ist der Zusammenschluss einer Menge von aufgabenorientierten oder dedizierten Systemen, die ihre Ressourcen und Fähigkeiten bündeln, um ein neues, komplexeres System zu erstellen, das mehr Funktionalität und Leistung bietet als nur die Summe der einzelnen Systeme.

4.2 Technologische Anforderungen an das Projekt

1. Bereichs- und sektorenübergreifende Vernetzung von Systemen
2. Nutzung von offenen Schnittstellen und Standards
3. Die langfristige Nutzbarkeit und Erweiterbarkeit des Systems sollen sichergestellt werden
4. Bereitstellung von Open Data
5. Verwendung von Open Source Software

4.3 Abgeleitete Anforderungen an das Projekt

4.3.1 Smart Services

Um die Möglichkeiten der Digitalisierung, der Vernetzung und integrierten Nutzung zu schaffen, ist eine sektorenübergreifende Zusammenarbeit von smarten Services notwendig. [12]

4.3.2 Datenanalyse

Die bereichs- und sektorenübergreifende Zusammenarbeit von Systemen mach eine ebenso übergreifende Datenanalysefähigkeit notwendig.

4.3.3 Datenplattform

Diese Zusammenarbeit über mehrere städtische Infrastrukturen hinweg erfordert einen abgestimmten und zentralen Ansatz, um zu vermeiden, dass sich die unterschiedlichen Systeme jeweils unabhängig voneinander immer wieder mit denselben Problemstellung auseinandersetzen müssen.

Dieses Problem wird in der Regel durch den Einsatz einer zentralen, integrierenden, urbanen (Daten-)Plattform gelöst. Diese zentrale Datenplattform reduziert die Komplexität des Systems enorm und ermöglicht eine Vernetzung aller relevanten Systeme im ökonomischen und zeitlichen Rahmen des Projektes.

4.3.4 DIN SPEC 91357

Die DIN SPEC 91357 [1] für offene urbane Plattformen stellt ein Referenzarchitekturmodell zur Verfügung, das die meisten Anforderungen, die im Rahmen des Modellprojektes auftreten, erfüllt. Es stellt ein weithin geschätztes und akzeptiertes Referenzarchitekturmodell dar. Es dient daher als Vorlage für die Architektur der konkreten Implementierung im Rahmen des Projektes sMArt roots.

4.3.5 System of Systems

Zentraler Bestandteil der Architektur nach DIN SPEC 91357 ist ein System of Systems Ansatz [11], der bestehende und neue städtische Systeme miteinander vernetzt und die Fähigkeiten der jeweiligen Teilsystemen in diesen weiter bestehen lässt. Durch die Vernetzung der Teilsysteme ergeben sich neue emergente Eigenschaften des Gesamtsystems.

Gleichzeitig wird durch die weiterbestehende lokale Verantwortung der jeweiligen Teilsysteme ein großer Teil der Komplexität des Teilsystems vor den anderen Systemen versteckt, so dass die Komplexität des Gesamtsystems beherrschbar bleibt.

Es werden also weiterhin spezialisierte und aufgabenorientierte Systeme in den Teilbereichen benötigt sowie eine zentrale Datenplattform für den koordinierten Zugriff auf diese Systeme.

5 Beschreibung einer offenen (urbanen) Datenplattform

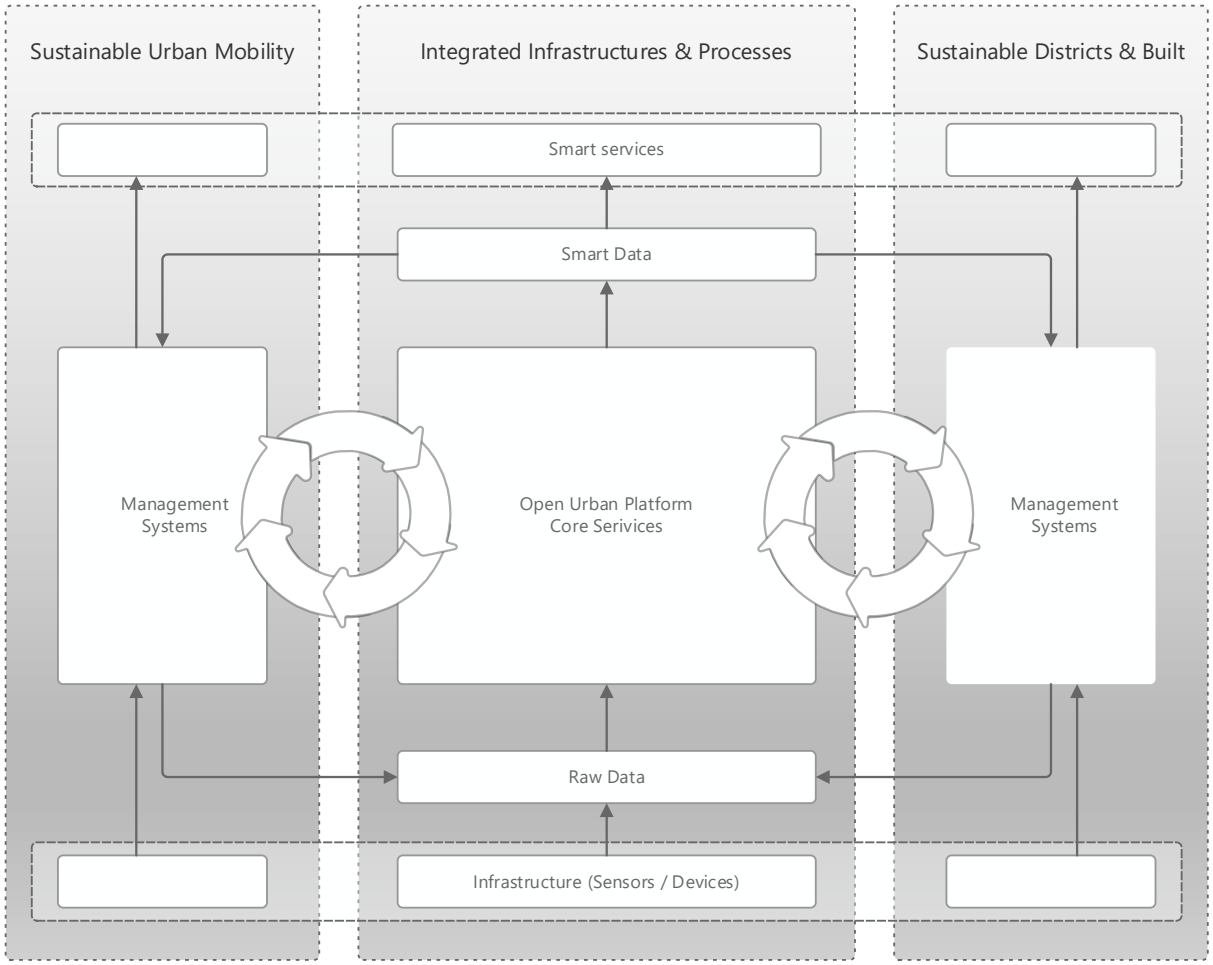

Abbildung 1 Schematische Darstellung einer Open Urban Platform nach DIN SPEC 91357

5.1 Implementierung der offen urbanen Plattform (OUP)

Die offene urbane Datenplattform bietet alle Möglichkeiten der DIN SPEC 92357, setzt jedoch die Implementierung von vielen der in der DIN SPEC 91357 abgebildeten optionalen Fähigkeiten voraus.

Eine urbane Plattform nach DIN SPEC ist als „Bauprojekt“ zu verstehen, das mehr oder weniger Fähigkeiten einbinden kann. Die urbane Datenplattform setzt aber voraus, dass viele der in der DIN SPEC gezeigten optionalen Fähigkeiten ausimplementiert sind.

Sie ist daher gleichzeitig eine Implementierung der Referenzarchitektur wie ein Präzisieren des Standards durch eine konkrete Implementierung, die den Nutzern der Plattform bereits viele fertige Services anbietet. Insbesondere wird vorausgesetzt, dass die bei Datenplattformen übliche zentrale Fähigkeit zur konsolidierten Datenspeicherung, -analyse und -nutzung bereitsteht.

In diesem Sinne kann die offene urbane Datenplattform als Infrastruktur wahrgenommen werden, die die Erreichung von bereichsübergreifenden Zielen wie Resilienz, Klimafreundlichkeit, optimierter Mobilität und Transparenz für Bürgerinnen unterstützt und Umsetzungszeiten deutlich reduziert.

5.2 Rollen und Verantwortlichkeiten nach DIN SPEC92357

5.2.1 Eigentümer

Der Eigentümer bietet die Vertrauenswürdigkeit eines diskriminierungsfreien Vermittlers zwischen den verschiedenen Nutzern der Datenplattform, die unterschiedliche vertikale Geschäftsanforderungen und damit verbundene Lösungen haben.

Der Eigentümer stellt sicher, dass die große Vielfalt von IoT-bezogenen Diensten in die Lage versetzt wird, die Plattform und die zugehörigen digitalen Daten und Dienste einschließlich eines zugehörigen Governance-Modells zu nutzen und davon zu profitieren.

5.2.2 Betreiber

Der Betreiber einer Plattform stellt sicher, dass die Plattform die vereinbarte Servicequalität bietet.

Dazu gehören:

- **Skalierbarkeit:** Eine Plattform sollte nicht durch die Anzahl der Branchen, die Anzahl der Teilnehmer, die Anzahl der IoT-Geräte oder die Anzahl der Dienste begrenzt sein. Moderne Systemarchitekturen ermöglichen skalierbare Lösungen.
- **Verfügbarkeit:** Eine Plattform sollte immer verfügbar sein und erfordert eine ähnliche Betriebszeit wie andere kritische Infrastrukturen. Da viele Smart-City-Dienste Echtzeitfunktionalität bieten, erfordern sie eine hohe Verfügbarkeit der Daten und Dienste, die über den Marktplatz gehandelt und über die Plattform bereitgestellt werden.
- **Datenschutz:** Daten, die über die Plattform bereitgestellt werden, müssen in dem Sinne sicher sein, dass sie nicht beschädigt, gefälscht oder gestohlen werden können, d.h. gegen Lizenzvereinbarungen verstoßen. Daher spielt die Datenintegrität eine entscheidende Rolle.
- **Autorisierung:** Eine Plattform sollte den Zugang zu digitalen Daten und Diensten nur autorisierten Organisationen und Einzelpersonen ermöglichen.
- **Authentifizierung:** Eine Plattform muss sicherstellen, dass benannte Benutzer identifiziert und überprüft werden können.

6 Architektur der offenen urbanen Plattform der Smart City Mannheim (SCM)

Die Systemarchitektur wird an der DIN SPEC 91357 orientiert. Diese schreibt folgendes vor:

6.1 Allgemeines

Städte verfügen über vielfältige städtische Infrastrukturen, die von unterschiedlichen Infrastrukturanbietern betrieben werden. Diese Infrastrukturen werden größtenteils mit bestehenden Managementsystemen betrieben. Beispiele sind Verkehrsleit- und Managementsysteme, Straßenlaternenmanagementsysteme, Stromnetzsysteme oder Wassermanagementsysteme. Darüber hinaus werden immer mehr Gebäude durch Gebäudemanagementsysteme verwaltet.

Insgesamt stellen wir fest, dass es bereits eine Vielzahl von Managementsystemen gibt, an die sich eine urbane Datenplattform anschließen soll. Es besteht Einigkeit darüber, dass diese Systeme nicht ersetzt werden sollten, da sie dazu dienen, die spezifischen Bedürfnisse der einzelnen städtischen Infrastrukturen zu erfüllen. Heute sind diese Systeme meist nicht miteinander vernetzt und tauschen kaum Daten aus. Dies ist die Rolle einer urbanen Datenplattform und damit muss die Systemarchitektur und die Fähigkeiten einer urbanen Plattform dieser Rolle Genüge tun.

Die Kernaufgabe einer urbane Datenplattform besteht darin, als Zentrale für digitale Daten und Dienste zu dienen. Die Anreicherung von Rohdaten mit domänenbasiertem Wissen und durch die Integration verschiedener Datensätze von verschiedenen Datenanbietern ist eine Kernfunktionalität.

Darüber hinaus ist die Möglichkeit, intelligente Dienste entweder direkt oder über die miteinander verbundenen Managementsysteme bereitzustellen, die andere Kernfunktionalität. Schließlich ermöglicht die Verbindung verschiedener Verwaltungssysteme städtischer Infrastrukturen die Erweiterung bestehender Systeme durch die Wiederverwendung und Umnutzung bestehender städtischer Daten und Dienste.

Im Folgenden wird eine Systemarchitektur vorgestellt, die dem Gestaltungsprinzip eines „System of Systems“ folgt.

6.2 Die urbane Datenplattform als System of Systems

Die urbane Datenplattform kann als ein „System of Systems“ [11] betrachtet werden, das verschiedene Managementsysteme verbindet und selbst verschiedene Systemkomponenten verwendet. Daher ersetzt die urbane Datenplattform keine bestehenden Systeme, sondern liefert stattdessen den „Klebstoff“, um Synergien zwischen solchen bestehenden und zukünftigen neuen Systemen zu schaffen.

Um die erforderliche Interaktion und Interoperabilität zu unterstützen, die offene urbane Datenplattformen auszeichnen, ist die Befolgung von Standards von entscheidender Bedeutung. Diese Standards können Standards für Kommunikationsprotokolle, neu entstehende Standards für das Internet der Dinge und Datenaustausch- oder Datenontologiestandards umfassen.

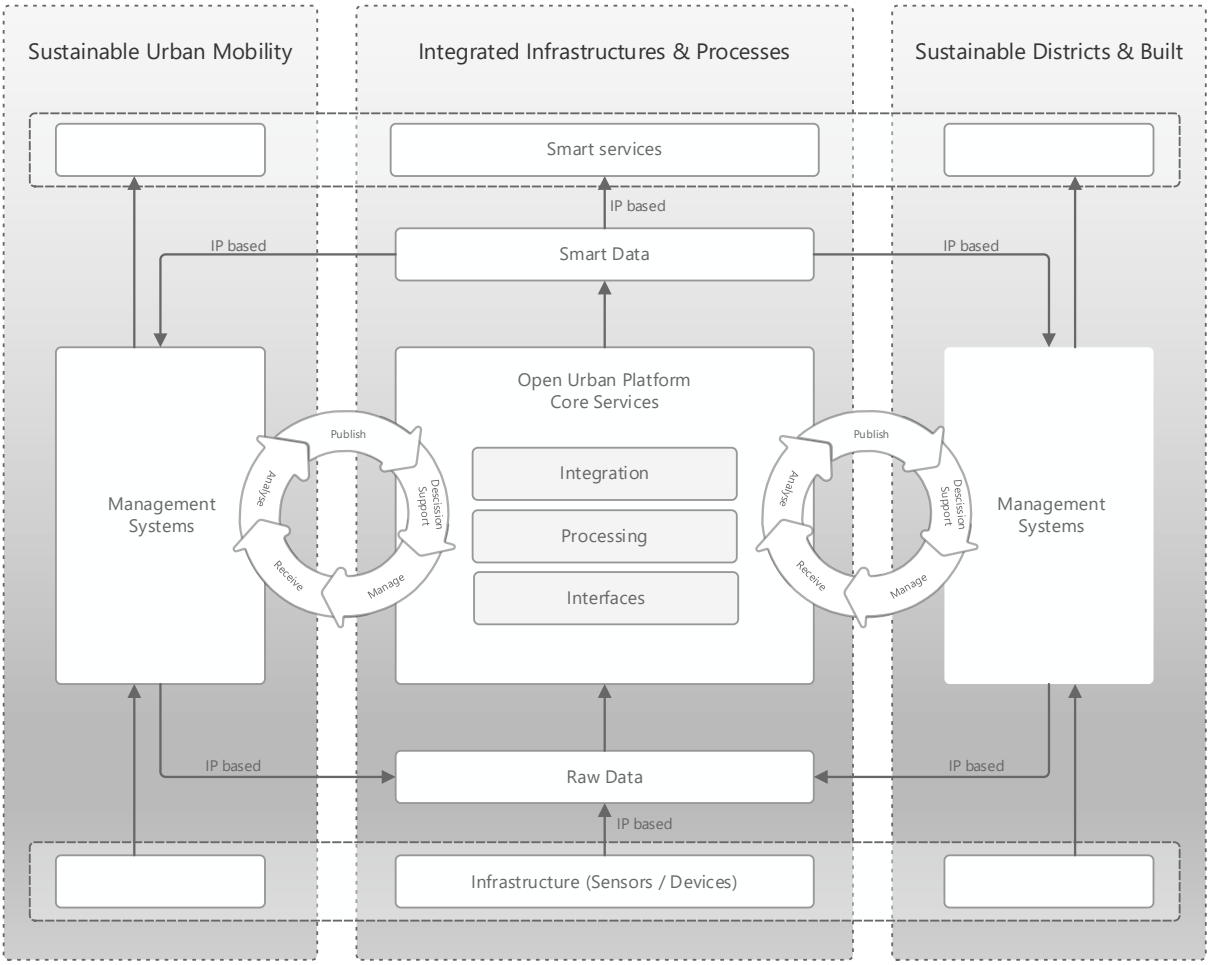

Abbildung 2: Framework für die Referenzsystemarchitektur einer offenen urbanen Plattform nach DIN SPEC 91357

Abbildung *2: Framework für die Referenzsystemarchitektur einer offenen urbanen Plattform nach DIN SPEC 91357* zeigt den Rahmen, in dem die Referenzsystemarchitektur existiert, und hebt den spezifischen Fokus des EIP SCC auf die drei vertikalen Prioritätsbereiche Integrierte Infrastruktur und Prozesse, nachhaltige urbane Mobilität sowie nachhaltige Quartiere und gebaute Umwelt hervor. Andere Domänen werden von der offenen urbanen Plattform gleichermaßen unterstützt.

Übernommen aus der Vision der Referenzarchitektur der EIP-SCC Open Urban Platform und abgeleiteten Designprinzipien:

- Die Systemarchitektur folgt einem mehrschichtigen Ansatz.
- Fähigkeiten sind das zentrale Element der Architekturen.
- Die Systemarchitektur soll inkrementelle, iterative evolutionäre Ansätze für die Implementierung offener urbaner Plattformen zulassen und keinesfalls behindern, typischerweise beginnend mit der Konzentration auf bestehende Chancen/ Schmerzpunkte und dann der schrittweise weitere Ausbau der Plattform im Laufe der Zeit.
- Offene städtische Plattformen sollten so weit wie möglich auf offenen Standards basieren, vorzugsweise auf der Grundlage groß angelegter Bereitstellungen. Insbesondere zwischen den verschiedenen Schichten in einer Open Urban Platform werden offene Standards gefördert, um Flexibilität zu unterstützen und z.B. eine Abhängigkeit von bestimmten Herstellern zu verhindern.

- Datenschutz- und Sicherheitsprinzipien sind integraler Bestandteil jeder Open Urban Platform und ihrer Architektur (oft als „Privacy and Security by Design“ bezeichnet).
- Städtische Daten werden derzeit oft zu wenig genutzt und dann oft in einer einzigen vertikalen Anwendung. Trotz synergetischer Möglichkeiten werden Daten kaum über vertikale Domänen hinweg genutzt. Ein wichtiger Fokusbereich städtischer Plattformen sollte daher auf der Harmonisierung von Daten aus verschiedenen Domänen und Datenanbietern liegen, um die Wiederverwendung und Umwidmung bestehender städtischer Daten und Infrastrukturen zu steigern.
- Städtische Plattformen sollten die Veröffentlichung von (Linked) Open Data sowie die Bereitstellung einer lizenzbasierten Datennutzung ermöglichen. Die Leistungsbeschreibung des Datenanbieters sollte die Verfügbarkeit und Nutzung bestimmen und von der OUP angemessen behandelt werden

Vor diesem Hintergrund bietet der folgende Abschnitt eine gemeinsame Systemarchitektur in Form einer sogenannten „Fähigkeitskarte“ für urbane Plattformen, abgeleitet von der Open Urban Plattform-Referenzarchitektur der zugehörigen EIP-SCC-Lead-Initiative und des H2020- Projekts ESPRESSO.

6.3 Fähigkeiten der urbanen Datenplattform

Eine Fähigkeit stellt eine Abstraktion derjenigen Dinge dar, die eine Organisation unternehmen muss, um Ihre Leistungen zu erbringen.

Fähigkeiten werden durch Prozesse, Dienste, Komponenten oder menschliche Eingriffe verwirklicht. Ein bekannter und weithin akzeptierter Ansatz besteht darin, diese Fähigkeiten durch Services digital zu implementieren.

Die interne Umsetzung der Services ist dabei nicht so wichtig, wie die nach außen hin sichtbaren Schnittstellen der Services. Der Vorteil eines Service besteht darin, dass er genutzt werden kann, ohne die internen Abläufe genau zu kennen.

Die Services stellen die Fähigkeiten bereit.

Service-orientierte Architekturen können diese Fähigkeiten bzw. Services nun integrieren und gemeinsam komplexere Services bilden. Die Services können leicht auf mehrere Systeme verteilt werden und sind lose gekoppelt zu implementieren, damit die Änderungen eines Service nicht dazu führen können, dass die gesamte Lösung nicht mehr funktioniert.

Ein solcher Ansatz wird allgemein als Microservice Architektur bezeichnet.

Im Rahmen der EIP SCC Lead Initiative „Towards Open Urban Platforms“ [2], wurden zehn Fähigkeitskategorien bzw. Servicekategorien spezifiziert, die die Services einer Stadt auf einer höheren Ebene zusammenfassen. (Tabelle 1: EIP SCC-Fähigkeitskategorien)

Fähigkeiten werden in einer „Capability Map“ strukturiert und gruppiert. Die Capability Map dient als Planungs- und Bewertungsinstrument, welche Fähigkeiten bereits vorhanden sind, welche weiterentwickelt werden müssen, können oder fehlen. (Abbildung 3: Overall EIP SCC Open Urban Platform Capability Map – overall level)

6.4 EIP SCC-Fähigkeitskategorien

Die Fähigkeitskategorien wurden im Rahmen der EIP SCC wie folgt definiert:

Tabelle 1: EIP SCC-Fähigkeitskategorien aus DIN SPEC 91357 übernommen und übersetzt

NR	Bezeichnung	Beschreibung
0	Field Equipment / Device Capabilities	Funktionen, die es ermöglichen, die Umwelt und Umgebung zu erfassen, zu messen und zu steuern (Geräte, Sensoren, IoT).
1	Communications, Network and Transport Capabilities	Fähigkeiten, die die Interaktion und damit den Austausch von Daten zwischen Geräten und Systemen untereinander und mit Anwendungen ermöglichen, die sich auf sogenannten Backend-Systemen“ befinden (Managementsysteme).
2	Device Asset Management and Operational Services Capabilities	Funktionen, die die Bereitstellung und Sicherung der Assets ermöglichen, die die Gerätekommunikation und -integration unterstützen, einschließlich Positionierungsfunktionen.
3	Data Management and Analytics Capabilities	Funktionen, die die Nutzung von städtischen Daten durch Anwendungen ermöglichen. Dies beinhaltet Kernfunktionen für Datenmanagement und den Lebenszyklus der Daten (z. B. Erfassen, Löschen, Bearbeiten und Sicherung) sowie Funktionen zum Analysieren, Teilen und Veröffentlichen von Daten.
4	Integration, Choreography and Orchestration Capabilities	Fähigkeiten zum Verwalten und Orchestrieren von Prozessen und Diensten als Unterstützung zur Systemintegration und Mensch-Computer-Interaktion.
5	Generic City and Community Capabilities	Fähigkeiten, die den Einsatz generischer (nicht stadt- oder gemeinschaftsspezifischer) Fähigkeiten in Bezug auf die Rollen und Aufgaben innerhalb einer gegebenen städtischen Umgebung ermöglichen.
6	Specific City and Community Capabilities	Fähigkeiten, die den Einsatz einer bestimmten Stadt/Gemeinde ermöglichen.
7	Stakeholder Engagement and Collaboration Capabilities	Fähigkeiten, die es Städten und Gemeinden ermöglichen, sich mit einer Vielzahl von Interessengruppen auseinander zu setzen, zusammenzuarbeiten und die Agenda bzw. Roadmap der strategischen Ziele zu verwalten.
8	Privacy and Security Capabilities	Funktionen in Bezug auf Datenschutz und Sicherheit für physische Standorte und Assets, Geräte, Netzwerke, Daten, Anwendungen und Personen.
9	Common Services Capabilities	Fähigkeiten, die andere Fähigkeiten unterstützen, unabhängig von der Ebene, in der sich die Fähigkeit befindet; Dies sind allgemeinere technische Fähigkeiten, nicht stadtbezogene Programme oder zielspezifische.

6.5 Die EIP-SCC Capability Map

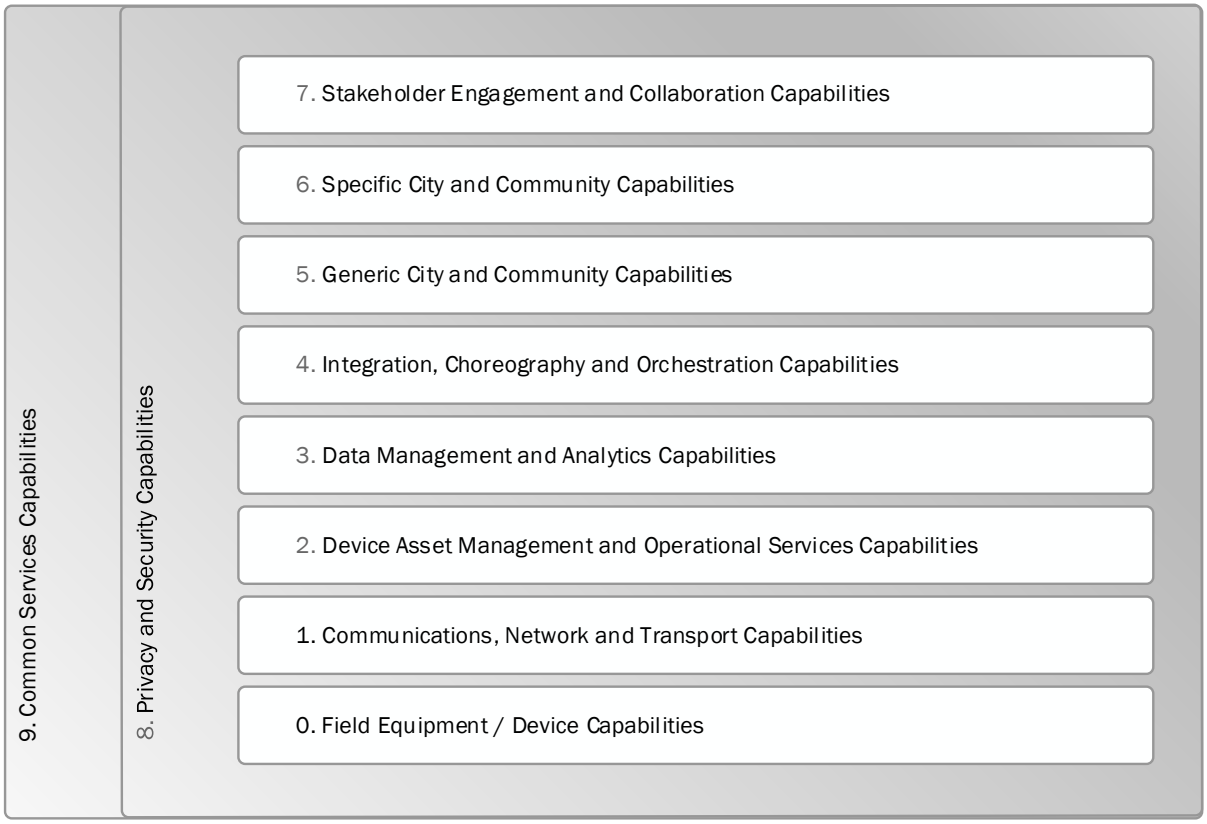

Abbildung 3: Overall EIP SCC Open Urban Platform Capability Map – overall level

Die Kategorien sind nach einem Schichtenmodell angeordnet. Die bedeutet, dass die darüberliegende Schicht immer auf der darunter liegenden aufbaut. Kategorie 0 bildet z.B. eine Grundlage für Kategorie 1, Kategorie 1 für Kategorie 2 und so weiter. Die Kommunikation ist jedoch nicht auf den direkten Weg zur nächsten Schicht eingeschränkt, sondern kann auch über die Schichten hinweg geschehen.

Die Kategorien 8 und 9 bilden sogenannte „Cross-Cutting Concerns“ ab. Dies sind sogenannte *querschnittliche Belange*, die modulübergreifend zu berücksichtigen sind.

6.6 Offene Schnittstellen

6.6.1 Allgemeines

Das Ziel der Datenplattform als Infrastruktur einer Stadt ist die gemeinsame Nutzung städtischer Daten über die verschiedenen Dienste und Verwaltungssysteme hinweg, um einen allgemeinen Zugriff auf die städtischen Daten zu ermöglichen. Eine urbane Datenplattform sichert die Wiederverwendbarkeit und den Austausch städtischer Daten für neue innovative Dienste und Verbesserung bestehender Abläufe.

Darüber hinaus ist die Offenheit einer urbanen Plattform eine der Hauptanforderungen für die Interoperabilität mit Managementsystemen oder anderen Plattformen.

Aus technischer Sicht erfolgt die Interaktion mit der urbanen Plattform über offene Schnittstellen. Das bedeutet, dass

- für die Nutzung der Schnittstellen keine zusätzlichen Lizenzgebühren zu entrichten sind

- die Schnittstellen für jedermann frei zugängig dokumentiert sind
- ein möglichst einfacher Zugang zu den Daten der Plattform ermöglicht werden soll

Für das vorliegende Projekt bedeutet dies jedoch nicht, dass jedermann auf alle Daten des Projektes freien Zugriff erhalten kann, denn im Rahmen der städtischen Nutzung entstehen auch Datenbestände, die nur teilweise oder ggfls. auch gar nicht für einen Veröffentlichung geeignet sind. Die Gründe, die gegen eine Veröffentlichung sprechen können, sind unter anderem:

- der Schutz personenbezogener Daten
- der Schutz von Rechten von Dritten
- Vermeidung von Gefahren für Personen oder Infrastruktur

Darüber hinaus können offene Schnittstellen in und zwischen den verschiedenen Schichten der urbanen Plattform Architektur vorhanden sein.

6.6.2 Rohdatenschnittstellen

Sensoren und Managementsysteme sind die Hauptquelle für städtische Daten. Diese Daten können von vielfältigem Interesse sein.

Jede Aktualisierung der Daten sollte nahezu in Echtzeit an die urbane Plattform gepusht werden, um zeitkritische Mehrwertdienste zu unterstützen. Wenn das Managementsystem selbst keine solche API bereitstellt, kann die Entwicklung von Wrappern, die in der Lage sind, mit z. B. proprietären Schnittstellen zu kommunizieren, eine geeignete Option sein, um Daten aus dem proprietären System in die urbane Plattform zu übertragen.

Empfangene Daten werden in einem Wrapper in einen offenen Standard umgewandelt, z. B. JSON-Objektnachricht [13]. Anschließend werden diese über ein gesichertes offenes Protokoll wie HTTPS [8], AMQP [14] oder MQTT [15] über TLS [16] an die urbane Plattform gepusht. Dabei muss der Inhalt der Nachrichten menschen- und maschinenlesbar beschrieben werden.

Um die Datenquellen zu verwalten und Nachrichten zu identifizieren, die von den Datenquellen gepusht oder gezogen werden, sollte ein Endpunkt einen minimalen Satz von Anforderungen erfüllen. Erstens sollte das System in der Lage sein, die verbundenen Datenquellen der urbanen Plattform via REST-Schnittstelle zu verwalten. Das heißt, es sollte in der Lage sein, Ressourcen innerhalb der OUP zu erstellen, zu aktualisieren, zu empfangen und zu löschen. Jede Ressource sollte durch eine einheitliche Ressourcenkennung identifiziert werden.

In Bezug auf die übermittelten Nachrichten sollte der Endpunkt in der Lage sein, Nachrichten zu senden und zu empfangen, wodurch sichergestellt wird, dass das Format (der übertragenen Nachrichten) einer offenen, für Menschen und Maschinen lesbaren Schemadefinition folgt.

Beispiele sind XML [17] oder JSON [13], XML-Schema [18] oder JSON-Schema [19] und Ontologie-basierte
Ansätze. Der Inhalt kann Daten in verschiedenen Formaten wie JSON, XML oder CSV [20] enthalten.

Jede der Nachrichten muss die einheitliche Ressourcenkennung der Datenquelle sowie einen Zeitstempel enthalten.

6.6.3 Datenverarbeitungsschnittstellen

Rohdaten sind oft von begrenztem Nutzen für Abnehmer der Daten, die sogenannte smarte Daten erwarten. Die Kerndienste der Datenverarbeitungsschicht erfüllen verschiedene Aufgaben innerhalb der Datenverarbeitungskette und stellen dir Managementfähigkeiten der urbanen Plattform bereit.

Jeder der Services sollte Nachrichten von anderen Services und Anwendungen auf REST-konforme Weise senden und empfangen.

Wie bereits für die Rohdatenschnittstellen, ist es auch für smarte Daten zwingend erforderlich, die Interoperabilität von Diensten verschiedenster Anbieter zu unterstützen. Daher müssen die Kommunikation und die übertragenen Nachrichten gängigen Standards folgen, die das Verhalten jedes Dienstes und Endpunktes beschreiben.

6.6.4 Datenintegrationsschnittstellen

Die Akzeptanz und Adaption der urbanen Plattform werden durch offene und barrierefreie Schnittstellen gefördert. Um Hindernisse zu vermeiden und die Wiederverwendung und Wiederverwendung städtischer Daten für neue innovative Dienste zu ermöglichen, müssen die Schnittstellen gut dokumentiert und standardisiert sein. Eine Mindestanforderung ist die Unterstützung einer HTTPS- und JSON-basierten Datenverbreitung, um die Nutzung der urbanen Plattform und die Entwicklung von Mehrwertdiensten auf den urbanen Plattformen zu beschleunigen.

Darüber hinaus wird das verwendete Transportprotokoll, das Schema und die Semantik der übertragenen Nachrichten im Rahmen der Schnittstellendokumentation standardisiert bereitgestellt. Auch hier sollten Standards wie JSON oder XML und das entsprechende Schema verwendet werden, um Informationen zu beschreiben. Darüber hinaus sollten ein offener Datenkatalog wie CKAN bereitgestellt werden, um weitere Informationen über die Datenquellen offenzulegen.

6.6.5 Verwaltungsschnittstellen

Bevor Daten von der urbanen Plattform bereitgestellt oder konsumiert werden, müssen einige Registrierungs- und Konfigurationsschritte durchgeführt werden. Um Barrieren in Bezug auf diese Aufgaben zu vermeiden, müssen die Verwaltungsfunktionen der urbanen Plattform über HTTPS zugänglich sein und dem REST-Paradigma folgen.

Darüber hinaus soll die API eine öffentlich verfügbare, menschen- und maschinenlesbare API-Dokumentation basierend auf OpenAPI bereitstellen. Durch die Durchsetzung dieser Funktionalität kann die Verwaltungs-API einfach in Dienste und Anwendungen von Drittanbietern integriert werden, indem die Dokumentation für die automatische Codegenerierung verwendet wird.

6.6.6 Checkliste

- Offene Schnittstellen sind gut dokumentiert und die Dokumentation steht allen Beteiligten zur Verfügung.
- Offene Schnittstellen sollten den REST-Prinzipien folgen.
- Offene Schnittstellen und übertragene Daten sollten auf offenen Standards basieren.
- Die Beschreibung der offenen Schnittstellen ist maschinenlesbar.
- Die von einer offenen API bereitgestellten Daten sind möglicherweise nicht für jedermann zugängig, d.h. eine offene API impliziert keine „Open Data Lizenzierung“.
- Offene Schnittstellen sind für die allgemeine Interoperabilität einer urbanen Plattform und der Systeme in einer Stadt zwingend erforderlich

6.7 Die Datenwertschöpfungskette

Daten müssen effizient und effektiv gehandhabt werden. Dies liegt an den enormen Mengen und der zunehmenden Datendichte im Smart City Umfeld. Die gesamte Datenverarbeitung folgt derselben Wertschöpfungskette, die die Grundlage für die Datenarchitektur bildet:

Tabelle 2: Datenwertschöpfungskette

Bezeichnung	Aktivität	Schicht	Beschreibung
Data Management	Datenerfassung und -speicherung	Infrastruktur und Schnittstellen	Erfassen und Extrahieren von beliebigen Daten aus unterschiedlichsten Quellen
Data Governance	Datenbereinigung und -sicherung	Schnittstellen	Die Validierung und Bereinigung von Daten in einer gesicherten Umgebung
Data Analytics	Daten erschließen und analysieren	Businessschicht	Aggregation und Verteilung von Daten zu Analysezwecken. Analysen und Algorithmen werden auf die Daten angewendet, um intelligente Dienste zu ermöglichen.
Insights Delivery	Handeln basierend auf Daten und Analysen und Automatisierung	Smart Services	Basierend auf den bereitgestellten Daten werden Erkenntnisse geliefert, auf die Dienste und Management-systeme reagieren können

6.8 Datenschutz

Die urbane Datenplattform muss den gesetzlichen Anforderungen an den Datenschutz und damit auch der Datensicherheit genügen. Dafür sind geeignete technische und organisatorische Voraussetzungen zu treffen. Dazu gehören (unter anderem):

- Datensicherheit
- Zugangskontrolle
- Authentifizierung
- Sicherheitsüberwachung
- Transportverschlüsselung

Der Datenschutz ist bei dem Design und der Implementierung der Plattform maßgeblich und proaktiv zu berücksichtigen. (Data Protection by Design) [21]

Im Kontext der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) [21] sind personenbezogene Daten „alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person („betroffene Person“) beziehen; als identifizierbar wird eine natürliche Person angesehen, die direkt oder indirekt, insbesondere mittels Zuordnung zu einer Kennung wie einem Namen, zu einer Kennnummer, zu Standortdaten, zu einer Online-Kennung oder zu einem oder mehreren besonderen Merkmalen, die Ausdruck der physischen, physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind, identifiziert werden kann.

Die DSGVO sieht IP-Adressen, Standortdaten, Pseudonyme etc. als personenbezogene Daten und als solche müssen diese Daten behandelt und geschützt werden.

Es wird klargestellt, dass die Erhebung personenbezogener Daten einen klaren Zweck erfordert und dass es angemessen sein sollte, wann und wie die Einwilligung erteilt wurde. Es sollte immer eine Möglichkeit für den Benutzer geben, seine Einwilligung zur anonymen oder nicht anonymen Verwendung von Daten zu erteilen sowie die erteilte Einwilligung zu widerrufen.

Darüber hinaus formuliert sie das sogenannte „Recht auf Vergessenwerden“: „Die betroffene Person hat das Recht, von dem Verantwortlichen zu verlangen, dass sie betreffende personenbezogene

Daten unverzüglich gelöscht werden, und der Verantwortliche ist verpflichtet, personenbezogene Daten unverzüglich zu löschen“. Folglich verpflichtet die DSGVO den Dienstleister, Daten auf Verlangen zu löschen oder wenn sie nicht mehr zur Erfüllung des Dienstes benötigt werden.

Der Zugriff auf Daten von Ressourcen wie IoT-Geräten oder Sensoren erfordert eine ordnungsgemäße Autorisierung und Zugriffskontrolle.

6.9 Intelligente Daten- und Dienstbereitstellung

Gemäß der Referenzsystemarchitektur der DIN SPEC 91357 werden Rohdaten verarbeitet (gespeichert, analysiert, interpretiert und verknüpft), um Smart Data zu erstellen. Um einen Mehrwert zu schaffen, müssen die Smart Data durch Smart Services genutzt werden.

Hierbei wird die urbane Plattform als smarte Datenquelle genutzt, die die Bereitstellung von smarten Services als App ermöglicht.

7 Implementierung der Architektur durch die SCM-Datenplattform

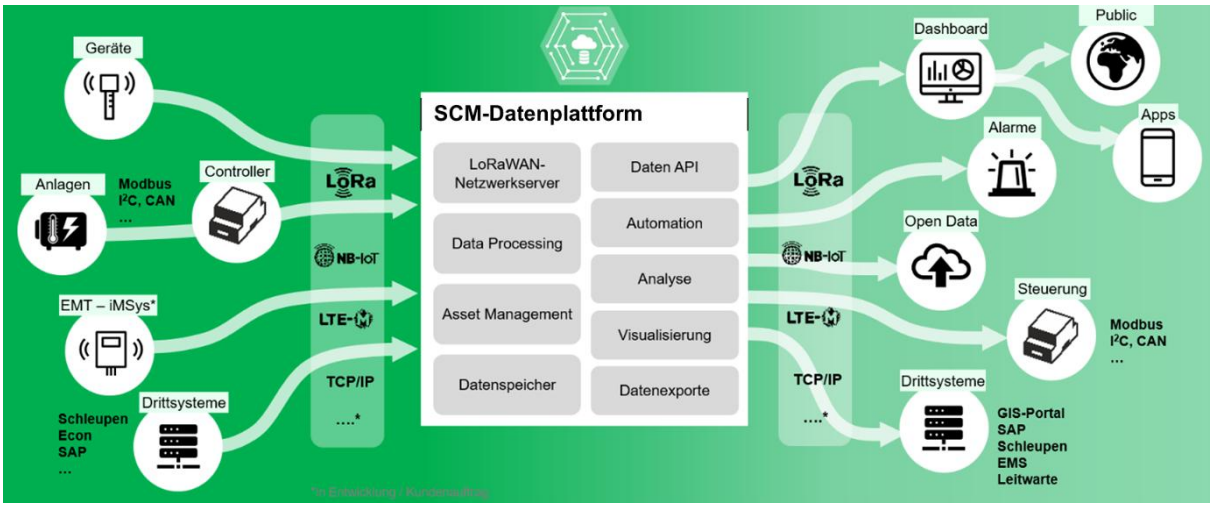

Abbildung 4: Übersicht Architektur SCM-Datenplattform

Bei der SCM-Datenplattform handelt es sich um eine konkrete und bereits einsatzbereit ausgestaltete Implementierung der in den vorigen Abschnitten genannten Anforderungen, Spezifikationen und Standards, insbesondere der DIN SPEC 91357. Sie bildet die gesamte Datenwertschöpfungskette nach Tabelle 2: Datenwertschöpfungskette ab.

Der Einsatz einer arbeitsbereiten Plattform ermöglicht die Hinwendung zu den Anwendungsfällen und der Digitalisierung mit den damit verbunden eigenen Problemen und macht die Technologie zu einem Wegbereiter, statt zu einem zu lösenden Problem.

Die SCM-Datenplattform ist eine integrierte Plattform zur Erfassung, Speicherung, Analyse, Import und Export von Daten und der Ausführung von daten-, ereignis- und zeitgesteuerten Regelwerken und Methoden der künstlichen Intelligenz. Sie bildet so das Fundament für eine optimierte Steuerung einer „Smart City“.

Die Lösung ist multiuser-, multiaccount- und multimandantenfähig. Die Lösung besteht standardmäßig aus den Modulen LNS, IoT-Plattform, Analytics, Dashboards und Automation. Grundsätzlich ist die

Lösung technologieagnostisch, so dass eine Vielzahl von Sensoren mit einer großen Zahl an Schnittstellen zum Einsatz kommen können.

Darüber hinaus profitiert die Lösung von der offenen Technologie, der modularen Microservicearchitektur mit Apps und API, die es ermöglichen, Bestandssysteme nach Bedarf einzubinden und zwischen unterschiedlichen Systemen zu kommunizieren.

7.1 SAAS-Software

Die SCM-Datenplattform wird in der Regel als SAAS-Software genutzt. Das SAAS-Modell basiert auf dem Grundsatz, dass die Software und die IT-Infrastruktur bei einem externen IT-Dienstleister betrieben und von der SCM als Dienstleistung genutzt werden. Für die Nutzung von Online-Diensten werden ein internetfähiger Computer sowie die Internetanbindung an den externen IT-Dienstleister benötigt. Der Zugriff auf die Software wird über einen Webbrowser realisiert.

Durch das SAAS-Modell werden der SCM die Anschaffungs- und Betriebskosten erspart, da der Anbieter die komplette IT-Administration und weitere Dienstleistungen wie Wartungsarbeiten und Softwareaktualisierungen übernimmt.

Durch die kontinuierliche Aktualisierung, Fehlerbehebung und Erweiterung des Funktionsumfanges, die in SAAS-Software inhärent sind, wird die Software quasi „automatisch“ leistungsfähiger, ohne dass weitere Kosten dabei entstehen.

7.2 Energieeffizienz und CO2

Durch den Einsatz von Cloud Computing lässt sich relevant CO2 einsparen [22, 23]. Neben der positiven Auswirkung auf das Klima und die Umwelt bietet der der nachhaltige Einsatz von Systemen

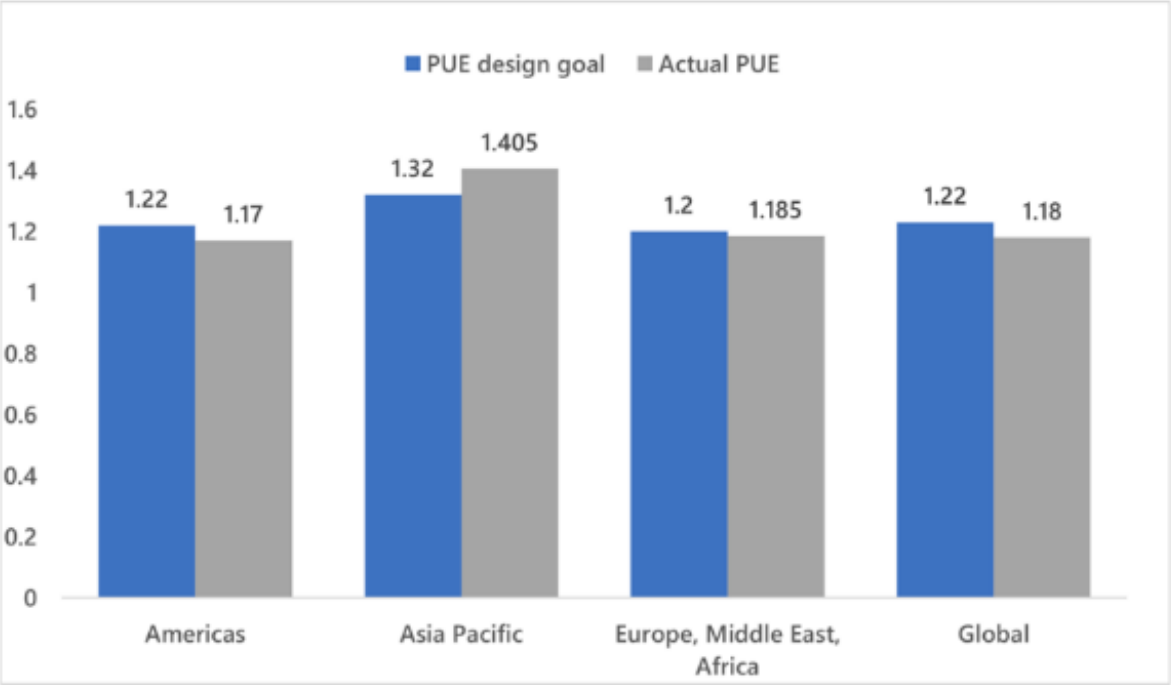

Abbildung 5: PUE MS Datacenters [28]

in einer Cloud auch finanzielle Vorteile. Die Energieeffizienz des verwendeten Rechenzentrums (PUE) liegt bei dem verwendeten MS Azure Rechenzentrum in Frankfurt bei 1,185.

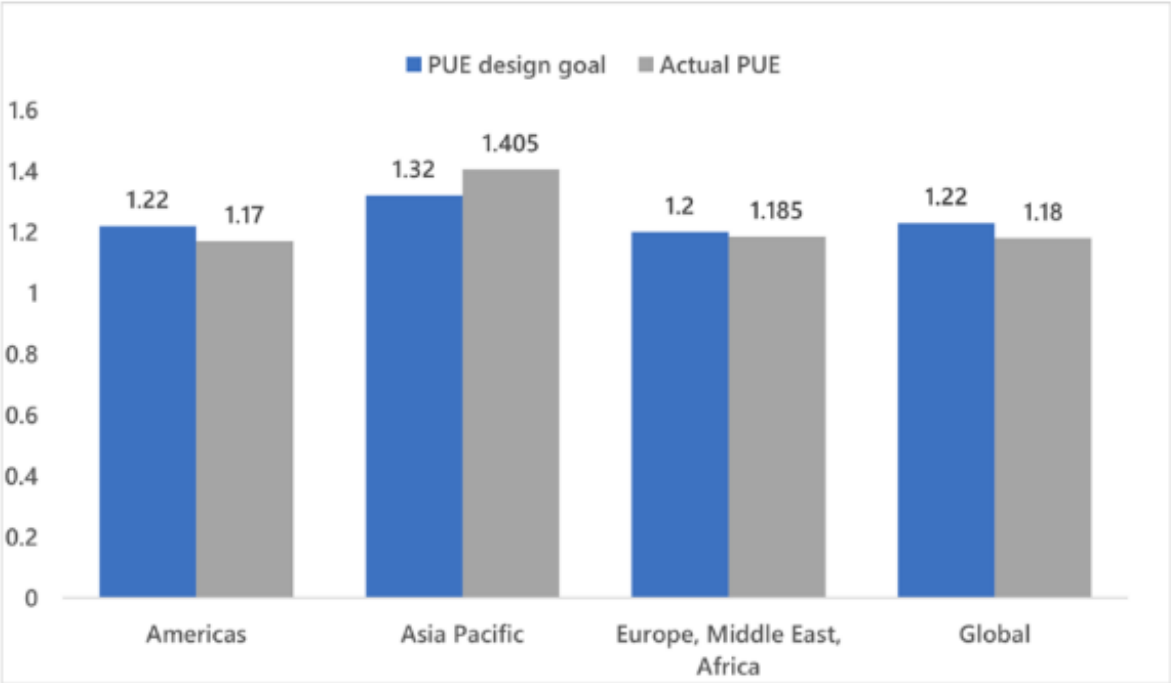

Abbildung 6: PUE MS Datacenters [28]

Die Energieeffizienz des verwendeten Rechenzentrums (PUE) liegt bei dem verwendeten MS Azure Rechenzentrum in Frankfurt bei 1,185.

7.3 Skalierbarkeit und Erweiterung, Zukunftsfähigkeit

Die SCM IoT-Datenplattform ist im Standardumfang horizontal und vertikal komplett skalierbar. Sie wird in einem agilen Prozess entwickelt (Scrum) [24] und in einem DevOps [25] System betrieben (Continuous Integration & Continuous Deployment).

Die Plattform stellt eine gut dokumentierte API zur Verfügung. Durch diese API erhält die SCM die Möglichkeit, eigene Erweiterungen, neue Anwendungsfälle und externe Systeme an- bzw. einzubinden.

Als SAAS-Lösung in einer Public Cloud steht der Analyse in „Public Clouds“ nichts im Wege, und wird aus Gründen der Ressourcenschonung empfohlen.

7.4 Mandantenfähigkeit

Die SCM-Datenplattform ist ein mehrstufiges hierarchisches mandantenfähiges System, das folgende Hierarchien anbietet: Mandant, Organisation und Account. Die Zuordnung von Nutzern zu (mehreren) Accounts in unterschiedlichen Rollen ist frei möglich.

7.5 Nutzermanagement

Die Autorisierung ist durch ein feingranulares Berechtigungskonzept mit Benutzern und Rollen regelbar. Die Authentifizierung erfolgt über Nutzername und Passwort. Externe Authentisierungsserver können angebunden werden.

7.6 Echtzeitfähigkeit

Die SCM-Datenplattformerfasst Daten „Near Realtime“ (Verzögerung im Sekundenbereich), jedoch nicht im Millisekunden-Bereich (harte Echtzeitanforderungen).

7.7 Barrierearmut

Bei der Entwicklung der SCM IoT-Datenplattform wird Barrierefreiheit mitberücksichtigt, z.B. sind Farben bei Darstellungen so wählbar, dass auch Menschen mit Achromatopsie eine gute Unterscheidbarkeit der Datenreihen haben. Die UI ist durchgängig mit hohen Kontrasten gestaltet. Die UI nutzt die „Material Design"-Sprache, die auch in Hinblick auf gute Barrierefreiheit entwickelt wurde. Das verwendete UI-Toolkit generiert Attribute wie "id, aria-labelledby, aria-selected" und "roles" wie "menuitem" im Standard. Perspektivisch kann die Barrierefreiheit der UI weiter vervollständigt werden.

7.8 Data Ownership

Die SCM-Datenplattformnutzt offene Standards. Zu jedem Zeitpunkt sind Daten auf Anweisung der SCM extrahierbar und können in andere Systeme überführt werden. Als Standardformat kommt JSON zum Einsatz. Andere Formate sind auf Wunsch möglich. (CSV, XML, etc…)

7.9 Vendor Lock-in bzw. Unabhängigkeit vom Anbieter

Durch die einfache Erweiterbarkeit, die Nutzung von offenen Standards und die volle Kontrolle über alle Datenbestände ist es verhältnismäßig einfach, Teile der SCM-Datenplattform zu nutzen und andere Teile oder gegebenenfalls die gesamte Plattform zu ersetzen.

Neue Software zu schaffen, sowie Daten zu exportieren ist immer mit Aufwand und damit auch mit Kosten verbunden. Das liegt in der Natur jeglicher Software-Migration.

Die Nutzung von selbst geschriebenen Lösungen oder der Nutzung von Open Source Komponenten ist keineswegs mit geringerem Aufwand verbunden. Insbesondere die Nutzung von unter Umständen sehr heterogenen Open Source Systemen ist oft mit hohen Betriebskosten und nachfolgend mit vergleichbarem Aufwand bei einem Wechsel der Software verbunden.

Durch die Nutzung der SCM-Datenplattform ist SCM daher nicht mehr gebunden als durch Open Source Lösungen, spart sich aber lange Einführungszeiten und Betriebskosten.

7.10 IT-Sicherheit

Momentan kommt Microsoft AZURE und Amazon AWS zum Einsatz. Die Lösung wird im Standort Frankfurt der Azure Cloud betrieben. Die Azure Cloud verfügt über mehr als hundert relevante

Zertifizierungen. Unter anderem [26]:
CSA STAR-Nachweis
CSA STAR-Zertifizierung
CSA STAR-Selbstbewertung
SOC 1
SOC 2
SOC 3
ISO 27001
ISO 27701
ISO 9001
EU-Datenschutz
Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO)
C5 Betriebliche Sicherheitsprüfung in Deutschland

Es finden kontinuierliche Scans der Software auf Schwachstellen statt. Bei allen Deploymentprozessen erfolgen automatisierte Unittests, Komponententests und E2E Tests. Es erfolgt ein intensives Monitoring und ausführliche Protokollierung.

Ein IT-Sicherheitsmanagement, Notfallmanagement und Datenschutzmanagement sind implementiert. Die technischen und organisatorischen Maßnahmen werden regelmäßig auditiert und dokumentiert. Die Dokumentation wird zur Verfügung gestellt.

Tabelle 3: Backup Policy

Frequency Unit	Every	Retention Time
Hourly Snapshot	6 hours	2 days
Daily Snapshot	1 day	7 days
Weekly Snapshot	Saturday	4 weeks
Monthly Snapshot	Last day of month	12 months

7.11 Sicherheit und Datenschutz

Sicherheit und Datenschutz sind in der regelmäßigen Überprüfung der technischen und organisatorischen Maßnahmen dokumentiert. Das Protokoll hierzu liegt vor, ist aber mit 13 Seiten zu umfangreich, um Bestandteil dieses Konzepts zu werden.

Die SCM-Datenplattform ist Bestandteil des MVV-Notfallmanagements, ISMS (Information Security Management System) und DSMS (Datenschutz Managementsystem). Es finden umfangreiche Maßnahmen zu Gewährleistung von Vertraulichkeit, Verfügbarkeit und Integrität der Daten statt.

Aus Gründen der Sicherheit werden die Details nicht an dieser Stelle dargestellt, weil sie a) vertraulich und b) zu umfangreich sind. Der Smart City Mannheim GmbH liegen diese Unterlagen aber vor.

Grundsätzlich lässt sich die Plattform mit Fremdsystemen gut vernetzen und durch die gut dokumentierten offenen Schnittstellen kann zusätzliche erweiterte Funktionalität entweder als Erweiterung der Plattform oder von „fremden“ Drittsystemen bereitgestellt werden.

7.12 Modulare Systemarchitektur nach DIN SPEC 91357

Die IoT-Architektur entspricht dem Referenzarchitekturmodell DIN SPEC 91357 für offene urbane Plattformen. Sie setzt damit auf ein standardisiertes Rahmenwerk als akzeptierte Vorlage für integrierte digitale Smart Cities Lösungen.

Die SCM-Datenplattformverfügt über einen Microservice Architektur. Die Services nutzen Kubernetes und Docker-Container für hohe Verfügbarkeit, Resilienz und Skalierbarkeit der Services.

7.13 Fähigkeitsprofil der SCM-Datenplattformnach EIP SCC

Abbildung 7: Fähigkeitsprofil SCM-Datenplattform nach EIP SCC

Die SCM-Datenplattformstellt vielfältige Fähigkeiten der Schichten 1-4 sowie 8 und 9 zur Verfügung.

7.13.1 Asset Management

7.13.1.1 Anbindung von Sensoren

Die Anbindung von LoRaWAN Sensoren und Gateways ist Standardumfang enthalten. Zusätzlich können auch IP-basierte Geräte angebunden werden. Perspektivisch wird NB-IoT unterstützt werden.

Die Anbindung über OPCUA, MQTT, IEC 60870-5-10x, Modbus und viele weitere Protokolle wird unterstützt.

7.13.1.2 Modul Assets

Die Lösung dekodiert und speichert Rohdaten und bietet Analysemöglichkeiten für die Daten der Geräte. Sie umfasst folgende Punkte:

- Anlegen, Verwalten, Löschen, Suchen von Devices und Metadaten (Standort, Konfiguration, ...)
- Anlegen, Verwalten, Löschen, Suchen von Devices-Gruppen
- Status von Devices
- Status von Gateways
- Datenanalyse
    - Rohdaten
    - Netzwerkinformationen (RSSI, SNR, etc.)
    - Dekodierte Nutzdaten
- Export der Analysedaten

- Export der Rohdaten

7.13.2 Datenspeicher

Als zentraler Datenspeicher kommt NoSQL Datenbank zum Einsatz, die Datenbank wird mehrfach redundant betrieben. Regelmäßige Backups finden statt. Der Restore-Prozess wird regelmäßig überprüft.

7.13.3 Daten API

7.13.3.1 Standardschnittstellen / Konnektoren

Als offene Standardschnittstellen bietet die SCM-Datenplattform REST und MQTT mit folgenden Datenformaten: JSON, CSV, XML. Die Anwender können Daten auch ad-hoc als XLSX exportieren. Kundenspezifische Datenexporte z.B. für die Veröffentlichung auf offenen Plattformen wie MobiDataBW werden unterstützt.

Die Einbindung von FIWARE-Komponenten ist problemlos auf Projektbasis möglich.

7.13.4 Automation

Im Modul Automation werden komplexe zeit- und/oder eventgesteuerte Regelwerke ausgeführt. Hierdurch wird ermöglich, dass die SCM-Datenplattformintelligent auf Vorkommnisse und Messdaten reagiert – oder regelmäßige Prozesse auslöst.

Anwendungsfälle hierfür sind unter anderem:

- Alarmierung bei bestimmten Ereignissen (Versand von Nachrichten per SMS, E-Mail, Messenger, etc.)
- Auslösen von Prozessen durch Ereignisse z.B. Schalte die Straßenbeleuchtung an, wenn der Dämmerungssensor ‚Dunkelheit' Meldet
- Regelmäßige und ad hoc? Exporte zu Drittsystemen
- Durchleitung von Datenströmen an Drittsysteme
- Berechnung von abgeleiteten Datenströmen oder Zeitreihen
- Datenanalyse und Steuerung durch neuronale Netze

7.13.5 Analyse

7.13.5.1 Künstliche Intelligenz / Maschine Learning

Es besteht die Möglichkeit regelbasierte und KI / Machine Learning - basierte Automatisierung zu verwenden. Die Wahl und Anpassung der verwendeten Technologie ist vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig. Als SAAS-Lösung in einer Public Cloud steht der Analyse in „Public Clouds" nichts im Wege, und wird aus Gründen der Ressourcenschonung empfohlen.

7.13.6 Visualisierung

7.13.6.1 Kundenspezifisches Corporate Design (CD)

Die SCM IoT-Datenplattform bietet als standardisiertes Produkt beschränkte Möglichkeiten zur Umsetzung des CI/CD des Backends für Kunden. Über individualisierte Apps können praktisch beliebige Designs umgesetzt werden.

7.13.6.2 Modul Analytics

Das Modul Analytics ermöglicht die Datenspeicherung in einer für Analysezwecke optimierten Form und damit flexible und performante Analysen und Reports. Sie ermöglicht Daten von Devices,

importierte Daten aus anderen Datenquellen und berechnete Daten gemeinsam auszuwerten und diese Auswertungen attraktiv zu gestalten.

Die Analysen und Reports bieten folgende Gestaltungselemente:

- Schaubilder der Daten
- Formatierte Texte und Tabellen
- Einbindung von Bildern, Grafiken und Videos

Die Gestaltungsmöglichkeiten bei Charts umfassen:

- Freie Wahl der Datenreihen
- Freie Wahl der Analysezeiträume
- Absoluten Analysezeiträume (Von – Bis)
- Relative Zeiträume (Gestern, letzte Woche, letzter Monat etc.)
- Vergleichszeiträume (z.B. Vergleich der Daten mit den gleichen Daten des letzten Monats)
- Export der Charts
- Freie Farbwahl
- Freie Benennung der Datenreihen und Einheiten
- Umfangreiche Charttypen:
    - Linien
    - Linien mit Markern
    - Marker
    - Fläche
    - Fläche gestapelt
    - Säulen
    - Säulen gestapelt
    - Indikator (optional mit Referenzwert/Benchmark)
    - Tachometer (optional mit Referenzwert/Benchmark)
    - Statusanzeigen mit wählbaren Symbolen
- Beliebig viele Datenreihen pro Chart
- Beliebig viele Y-Achsen pro Chart (Darstellung mit Subplots bei mehr als zwei Y-Achsen)
- Flexibel Anordnung der Subplots
- Flexible Aggregation (Rohdaten, Minuten, Stunden, Monat, Jahr)
- Einstellbare Aggregatsfunktionen (Minimum, Maximum, Durchschnittswert, Summe)
- Einstallbare Aktualisierung der Daten
- Tabellarische Darstellung mit freier Wahl/Kombination der Datenreihen
- Laden/Speichern/Suchen von Analysen

1.1.1. Modul Dashboards

Das Modul Dashboards bietet die Möglichkeit mehrere Analysen in übersichtlicher Form nebeneinander und untereinander darzustellen. Jeder Inhalt, der in einer Analyse dargestellt werden kann, kann auch auf einem Dashboard dargestellt werden. Ein Dashboard ist in Zeilen und Spalten organisiert. Dashboards bieten folgende Optionen:

- Freie Anordnung von Analysen in Zeilen und Spalten des Dashboards
- Überschreiben der Datumseinstellungen der Analysen zur Konsolidierung
- Automatische Aktualisierung
- Ein-Ausblenden von Bestandteilen von Analysen (z.B. Legende, begleitende Texte etc.)

- Synchronisieren der Analysedefinitionen
- Formatierbare Texte und Tabellen

7.13.7 Public Dashboards

Dashboards können auf einfache Weise (Mausklick) für einen großen Nutzerkreis publiziert werden. Das Dashboard erhält eine kryptische URL, die schwer zu erraten ist. Wer die URL mitgeteilt bekommt, hat lesenden Zugriff auf das publizierte Dashboard. Ein schreibender Zugriff über publizierte Dashboards ist technisch unterbunden.

7.13.8 Datenexporte

Analysen können als Grafik und in tabellarischer Form exportiert per Mausklick werden. Regelmäßige automatisierte Exporte sind im Modul Automation verfügbar.

7.13.9 Apps

Apps ermöglichen ein aufgabenorientiertes Userinterface. Manche Arbeitsabläufe, Kunden bzw. Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter werden bei Ihrer täglichen Arbeit besser durch speziell angepasste Weboberflächen oder Apps besser unterstützt.

Durch die stark an aktuellen Standards orientierte Microservicearchitektur der SCM-Datenplattformist es möglich mit überschaubarem Aufwand sehr gut auf Ihre Arbeitsabläufe abgestimmte Oberflächen und Apps zu erstellen. Beispiele sind:

- Anzeige der Parkplatzbelegung
- Anzeige der Raumluftqualität
- Unterstützung des Ordnungsamtes bei Parkverstößen
- Public Dashboards / öffentliche Anzeigetafeln

7.13.10 Digitaler Zwilling / Digital Twin

Natürlich unterstützt die SCM-Datenplattform auch digitale Zwillinge. Der digitale Zwilling kann für unterschiedliche Zwecke entwickelt und in unterschiedlichen Bereichen eingesetzt werden.

Die Spannbreite der Erfahrung der SCM mit Digitalen Zwillingen reicht von der kontinuierlichen quellenunabhängigen Erfassung und Bereitstellung von Daten, über Modelle für Verkehr, Umweltbelastung und Klima, bis zur Langfristigen Dokumentation des Zustandes von Grundwasserpegeln, Gewässerpegeln oder Regenüberlaufbecken.

Die SCM-Datenplattform unterstützt digitale Zwillinge direkt z.B. in Form von Kartendarstellungen und als Datengrundlage für spezialisierten Apps, Machine Learning und Simulationen. Die Anforderungen an digitale Zwillinge sind hochgradig individuell und werden daher in Form von kundenspezifischer Entwicklung und Projekten umgesetzt.

7.14 Erweiterbarkeit

Sollte das aktuelle Leistungsspektrum der SCM-Datenplattform nicht für die Erfüllung der Teilprojekte in sMArt roots nicht ausreichen, ist durch die Microservice-Architektur eine einfache Erweiterbarkeit gegeben.

8 Zusammenfassung

Das Gesamtkonzept für das Projekt sMArt roots kann wie folgt charakterisiert werden:

> Ein System of Systems nach DIN SPEC 91357 und EIP SCC unter Verwendung der SCM-Datenplattform, in das vielfältige Sensorik, städtische und externe Systeme eingebunden werden. Durch die offene und flexible Architektur werden auch neue zusätzliche Anforderungen, die im Projektverlauf entstehen werden, zukunftssicher abgebildet.

9 Literaturverzeichnis

[1] DIN Deutsches Institut für Normung e.V, *DIN SPEC 91357 - Referenzarchitekturmodell Offene Urbane Plattform (OUP),* 2017.

[2] European Innovation Partnership on Smart Cities and Communities, „Towards Open Urban Platforms for Smart Cities and Communities - Memorandum of Understanding," 21 Mai 2015. [Online]. Available: https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/Memorandum%20of%20Understanding_new.pdf.

[3] Bundesministerium des Innern und für Heimat, „Open Data," [Online]. Available: https://www.bmi.bund.de/DE/themen/moderne-verwaltung/open-government/open-data/open-data-node.html.

[4] OpenAPI Initiative, „OpenAPI Initiative," [Online]. Available: https://www.openapis.org/.

[5] R. T. Fielding, „Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures," 2000. [Online]. Available: https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/top.htm.

[6] T. Berners-Lee und R. Cailliau, „WorldWideWeb: Proposal for a HyperText Project," 12 November 1990. [Online]. Available: https://www.w3.org/Proposal.html.

[7] M. Bishop, „HTTP/3 - RFC 9114," Juni 2022. [Online]. Available: https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9114.

[8] R. Fielding, M. Nottingham und J. Reschke, „HTTP Semantics - RFC 9110," Juni 2022. [Online]. Available: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2818.

[9] Splunk Inc., „https://www.splunk.com/de_de/data-insider/what-is-a-data-platform.html," 1 Februar 2020. [Online]. Available: https://www.splunk.com/de_de/data-insider/what-is-a-data-platform.html.

[10] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, „Smart City," [Online]. Available: https://www.bsi.bund.de/DE/Themen/Unternehmen-und-Organisationen/Informationen-und-Empfehlungen/Smart-City/smart-city_node.html.

[11] IEEE SA, „IEEE/ISO/IEC 21839-2019 Systems and software engineering -- System of systems (SoS) considerations in life cycle stages of a system," 19 July 2019. [Online]. Available: https://standards.ieee.org/ieee/21839/6981/.

[12] acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, Arbeitskreis Smart Service Welt, *Smart Service Welt. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft,* Berlin, 2014.

[13] T. Bray, *The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format,* Internet Engineering Task Force (IETF), 2014.

[14] AMQP.org, „AMQP is the Internet Protocol for Business Messaging," 2023. [Online]. Available: https://www.amqp.org/about/what.

[15] International Business Machines Corporation (IBM) Eurotech, „MQTT V3.1 Protocol Specification," 2010. [Online]. Available: https://public.dhe.ibm.com/software/dw/webservices/ws-mqtt/mqtt-v3r1.html.

[16] E. Rescorla, „The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3," August 2018. [Online]. Available: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8446.html.

[17] T. Bray, J. Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, E. Maler und F. Yergeau, „Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)," 26 November 2008. [Online]. Available: https://web.archive.org/web/20060615212726/http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210.

[18] World Wide Web Consortium, „XML Schema Part 0: Primer Second Edition," 28 Oktober 2004. [Online]. Available: http://www.edition-w3.de/TR/2001/REC-xmlschema-0-20010502/.

[19] json-schema.org, „JSON Schema," [Online]. Available: https://json-schema.org/. [Zugriff am 2023].

[20] Y. Shafranovich, „Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files - RFC 4180," Oktober 2005. [Online]. Available: https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc4180.

[21] EUROPÄISCHE PARLAMENT UND DER RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, *VERORDNUNG (EU) 2016/679 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES,* 2016.

[22] Microsoft Corporation, „The carbon benefits of cloud computing," 2020. [Online]. Available: https://download.microsoft.com/download/7/3/9/739BC4AD-A855-436E-961D-9C95EB51DAF9/Microsoft_Cloud_Carbon_Study_2018.pdf.

[23] P. Lacy, P. Daugherty, P. Ponomarev und K. Durg, „The green behind the cloud," 22 September 2020. [Online]. Available: https://www.accenture.com/us-en/insights/strategy/green-behind-cloud?c=acn_glb_sustainabilitymediarelations_11307639&n=mrl_0920.

[24] K. Schwaber und J. Sutherland, „The 2020 Scrum Guide," November 2020. [Online]. Available: https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf#zoom=100.

[25] G. Kim, J. Humble, P. Debois, J. Willis und N. Forsgren, Das DevOps Handbuch. Teams, Tools und Infrastrukturen erfolgreich umgestalten, Heidelberg: O'Reilly, 2022.

[26] Microsoft Corporation, „Dokumentation zur Azure-Compliance," 2023. [Online]. Available: https://learn.microsoft.com/de-de/azure/compliance/.

[27] L. Heuser, J. Scheer, P. d. Hamer und B. d. Lathouwer, „EIP SCC Open Urban Platforms Work Stream 2 Reference Architecture & Design Principles," 2017.

[28] N. Walsh, „How Microsoft measures datacenter water and energy use to improve Azure Cloud sustainability," 22 April 2022. [Online]. Available: https://azure.microsoft.com/en-us/blog/how-microsoft-measures-datacenter-water-and-energy-use-to-improve-azure-cloud-sustainability/.

[i] Europäische Innovationspartnerschaft (EIP) „Smart Cities and Communities"