

# Einsatz eines Simulators für ein smartes Stadtquartier zum Test neuer digitaler Dienste

Philipp Neuschwander, Frank Elberzhager

Fraunhofer-Institut für Experimentelles Software Engineering IESE, Fraunhofer-Platz 1, 67663 Kaiserslautern  
{philipp.neuschwander, frank.elberzhager}@iese.fraunhofer.de

## Abstract

Städte haben sich in den letzten Jahren immer stärker digitalisiert. Sie haben verschiedene digitale Dienste entwickelt, die sie ihren Bürgern anbieten. Allerdings ist es oft schwierig, Ideen für neue Dienste sowohl aus technischer als auch aus nutzerzentrierter Sicht zu testen. Dies liegt unter anderem daran, dass die bestehenden technischen Infrastrukturen ein komplexes Umfeld bieten, in dem die Einführung oft zeitaufwändig ist. Wir entwickeln digitale Lösungen für ein smartes Stadtquartier, und eine unserer größten Herausforderungen besteht darin, dass sich das Quartier noch im Aufbau befindet und bisher keine technische Infrastruktur vorhanden ist. Daher haben wir eine Mock-Umgebung für ein digitales Ökosystem entwickelt, in der wir neue Ideen und frühe Dienst-Prototypen leicht testen können. In diesem Beitrag berichten wir darüber, wie wir diese Umgebung bei einem Hackathon genutzt haben. Wir geben Beispiele für die Lösungen und erörtern, wie unsere technische Lösung die Entwicklung neuer digitaler Dienste unterstützt hat und welche Chancen für eine Qualitätsverbesserung sie bietet.

**Schlüsselwörter:** Smart City, Simulator, Digitale Dienste, Erprobung, Qualitätssicherung

## Digitale Transformation als Chance für Städte

Die digitale Transformation ist allgegenwärtig. Sie beeinflusst unseren persönlichen Alltag ebenso wie Unternehmen und Kommunen. Es entstehen fortwährend neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen. Auch Städte sind von dieser Entwicklung in den letzten Jahren nicht ausgenommen und bieten zunehmend digitale Dienstleistungen an [1]. Neben der digitalen Transformation sind jedoch oft auch andere Themen für Städte relevant, wie zum Beispiel die Nachhaltigkeit. Konkret müssen sich Städte mit Aspekten wie Mobilität, Energie und Wärme auseinandersetzen und neue, nachhaltige Lösungen entwickeln [2]. Die digitale Transformation kann in diesem Zusammenhang eine Chance darstellen und Unterstützung bieten.

## Projektkontext

Im Forschungsprojekt EnStadt:Pfaff [3] entwickeln wir ein klimaneutrales smartes Stadtquartier. Auch hier geht es um die Frage, wie die Digitalisierung helfen kann, klimafreundliches Verhalten von Bürgern und Unternehmen zu unterstützen. Wir haben zum Beispiel ein Spiel entwickelt, das neue Mobilitätskonzepte auf interessante Weise präsentiert und dem Spieler zeigt, wie die

Umsetzung solcher Lösungen bei den Bürgern ankommt. Ein weiteres Beispiel ist die von uns entwickelte App im Bereich Energie namens „Fish 'n Tipps“, bei der ein Fisch-Avatar dem Nutzer Energiespartipps gibt [4].

Die Tipps der App können entweder von anderen Nutzern beigesteuert oder alternativ von der App selbst generiert werden, indem verschiedene Datenquellen, die Teil des Ökosystems des smarten Stadtquartiers sind, einbezogen werden. Wenn die App Informationen über die Verfügbarkeit von Fahrrädern an der nahegelegenen Fahrradverleihstation, Daten über das aktuelle Wetter und den Terminkalender des Nutzers hat, kann sie etwa empfehlen, für einen anstehenden Termin ein Leihfahrrad zu nutzen. Denkbar ist hier natürlich die Nutzung Künstlicher Intelligenz für zunehmend bessere Hinweise für den Nutzer.

Das letzte Beispiel zeigt bereits, wie wichtig die Vernetzung von Diensten und die Nutzung von Daten in einem solchen Ökosystem sind, wenn ein echter Mehrwert für den Nutzer entstehen soll. Aus diesem Grund soll eine digitale Quartierplattform entstehen, die Bürgern und Gewerbetreibenden digitale Lösungen anbietet und ihnen hilft, nachhaltiger und klimafreundlicher zu agieren.

Der ursprüngliche Plan war die Entwicklung einer Quartierplattform mit verschiedenen Lösungen entsprechend den Bedürfnissen der zukünftigen Bewohner. Das Quartier befindet sich jedoch immer noch im Bau und die zukünftigen Bewohner und weitere Interessenvertreter sind noch immer weitgehend unbekannt. Wir haben also keinen Zugang zu echten Nutzern; die Ermittlung des Bedarfs und der Anforderungen an die digitalen Lösungen gestaltet sich daher schwierig.

Entsprechend hat sich der Fokus im Projekt geändert. Nun steht die Entwicklung von Konzeptideen im Mittelpunkt. Wir möchten das Thema für Bürger greifbar machen, Möglichkeiten aufzeigen, Interesse wecken, Bürger informieren, Beteiligung fördern und Diskussionen anregen. Dabei setzen wir auch neue Formate ein, wie zum Beispiel Apps, Lernspiele, Videos, Prototypen und Hackathons. Eine zentrale Frage für uns im Forschungsprojekt ist, wie wir Konzeptideen im Kontext einer digitalen Quartiersplattform entwickeln und evaluieren können.

## Bewertung von Konzeptideen im Plattformkontext

Vor der Umsetzung einer Lösung sollte zunächst die jeweilige Konzeptidee näher beleuchtet werden, denn nicht jede Idee ist umsetzbar, erfolgversprechend oder

zielführend. Die Konzeptidee ist zum Beispiel auf technische Realisierbarkeit zu überprüfen. Daraus ergibt sich für uns die Frage: *Wie können wir möglichst früh technische Einsichten und Erkenntnisse gewinnen?*

Weiterhin sollten Konzeptideen auf ihre tatsächliche Wirksamkeit hin überprüft werden. Das umfasst Aspekte wie zum Beispiel *Bedarf, Nutzen und Akzeptanz*. Wir wollen sicherstellen, dass wir die richtigen Lösungen entwickeln, bevor wir Aufwand in deren Umsetzung investieren. Das führt uns zu der Frage: *Wie können wir möglichst früh Rückmeldungen von Bürgern erhalten?* Und das wiederum führt zu der Frage: *Wie können wir Ideen für Bürger möglichst früh anfassbar und erlebbar machen?*

Die Antwort sind *Prototypen*. Es gibt verschiedene Arten von Prototypen, wie zum Beispiel Papierprototypen, Klick-Prototypen und funktionale Prototypen. Für unsere Zwecke eignen sich insbesondere funktionale Prototypen, da sie technische Einsichten ermöglichen.

Die zentrale Frage für uns ist folglich: *Wie können funktionale Prototypen im Plattformkontext möglichst effizient entwickelt und evaluiert werden?*

### **Prototypenentwicklung im Plattformkontext**

Es gibt verschiedene Optionen zur Entwicklung funktionaler Prototypen im Plattformkontext. Denkbar ist die Umsetzung des Prototyps unter *Verwendung der echten Zielplattform*. Alternativ kann auch ein *individuelles Mockup von Funktionen der Plattform* erstellt werden, das Interaktionen mit anderen Systemen simuliert, ohne tatsächlich eine Verbindung zu anderen Systemen herzustellen. Eine dritte Option ist der *Einsatz einer vollständigen „Mock-Plattform“*, bei der es sich um eine stark vereinfachte Version der Zielplattform mit reduzierter Komplexität handelt.

Für unsere Zwecke eignet sich insbesondere die letzte Option, da wir Hackathons durchführen möchten. Die Zielplattform oder das produktive System wäre hierfür zu komplex und schwergewichtig, ein individuelles Mockup von Funktionen durch die Hackathon-Teilnehmer zu aufwändig. Daher haben wir eine Mock-Plattform entwickelt, die wir den Teilnehmern bereitstellen und auf deren Basis sie neue Lösungen aufbauen können.

### **Lösungsbaustein „Mock-Plattform“**

Die Mock-Plattform stellt grundlegende Daten und Dienste bereit und organisiert die Vernetzung und Kommunikation zwischen den Komponenten [4]. Prototypen können an diese technische Plattform andocken, sie nutzen und frühe Konzeptideen damit einfacher und schneller greifbar machen. Dadurch können Konzeptideen früher vorgestellt, einfacher verstanden und durch Rückmeldungen genauer bewertet werden. Was von der Mock-Plattform alleine jedoch noch nicht ausreichend unterstützt wird, sind Prototypen umgebungssensitiver Lösungen. Hierfür haben wir den Quartierssimulator entwickelt.

### **Lösungsbaustein „Quartierssimulator“**

Der Quartierssimulator ergänzt die bestehende Mock-Plattform-Umgebung und ermöglicht die Erkundung und Erprobung umgebungssensitiver Lösungen [5][6].

Er unterstützt Entwickler von Smart-City-Lösungen bei der prototypischen Umsetzung von Ideen, bei der Untersuchung der technischen Machbarkeit und bei der Vorstellung des Prototyps in der Öffentlichkeit, um frühes Feedback zu erhalten.

Außerdem unterstützt der Simulator Interessenvertreter wie etwa Bürger beim Nachvollziehen von Problem- und Lösungsszenarien. Durch eine visuelle Darstellung von Szenarien können diese besser nachvollzogen und verstanden werden. Mit dem Simulator können wir für Bürger greifbar machen, wie angedachte Lösungen funktionieren und welchen Einfluss sie auf das tägliche Leben haben würden.

Umgebungssensitive Lösungen sind Lösungen, die auf ihre Umgebung reagieren oder mit ihr interagieren. Sie erhalten Daten über die Umgebung von Sensoren als Input oder Reiz und können Aktoren in der Umgebung steuern, indem sie deren technische Steuereinheiten aufrufen. Sensoren und die technischen Steuereinheiten der Aktoren sind die Verbindung der Dienste mit der Umwelt.

Wir können die reale Umgebung, reale Sensoren und reale Aktoren durch Softwarekomponenten ersetzen. Das reale Stadtquartier, d. h. das Pfaff-Quartier, das derzeit noch nicht verfügbar ist, wird durch unseren Quartierssimulator ersetzt, der ein virtuelles Stadtquartier bereitstellt, das dem zukünftigen Pfaff-Quartier ähnelt.

Ausgehend von dieser grundsätzlichen Idee haben wir ein Konzept und eine Referenzimplementierung entwickelt. Diese umfassen unter anderem softwarebasierte Sensoren sowie steuerbare virtuelle Aktoren, die mit dem virtuellen Stadtquartier verbunden sind. Abbildung 1 zeigt die grundlegenden Softwarekomponenten unseres Simulators sowie die Informationsflüsse zwischen diesen. Wir haben bei der Implementierung darauf geachtet, dass die Elemente einfach wiederverwendet und angepasst werden können, um individuelle Szenarien und Dienste abzubilden. Stellen, die für Anpassungen zur Umsetzung eigener Szenarien und Lösungen gedacht sind, sind mit einem Schraubenschlüsselsymbol gekennzeichnet.

Abbildung 2 zeigt die Benutzeroberfläche des Quartierssimulators, die den Zustand des virtuellen Stadtquartiers visualisiert. Das Layout der virtuellen Welt entspricht dem des geplanten Pfaff-Quartiers. Zudem sind Fußgänger, Fahrzeuge und Straßenlampen im virtuellen Quartier erkennbar.

In die Benutzeroberfläche haben wir eine Fernsteuerungsfunktion integriert, die das manuelle Steuern oder Bewegen von Elementen in der virtuellen Welt ermöglicht. Nutzer können damit zum Beispiel eine virtuelle Person im virtuellen Quartier bewegen und diese beispielsweise gezielt durch den Erfassungsbereich von Sensoren bewegen. Eine eventuelle Reaktion

umgebungssensitiver Lösungen auf den Reiz kann auf der Benutzeroberfläche ebenfalls beobachtet werden.

Unsere Mock-Plattform in Verbindung mit dem Simulator bietet eine leichtgewichtige Umgebung, die Entwickler verwenden können, um ihre Ideen für vernetzte und umgebungssensitive Dienste zu entwickeln, zu erproben und zu verbessern. Ist eine gewisse Güte des Dienstes in dieser Umgebung erreicht und besteht Interesse daran, den Dienst tatsächlich produktiv umzusetzen, kann der weitere Entwicklungsprozess auf dieser gereiften Basis aufbauen.

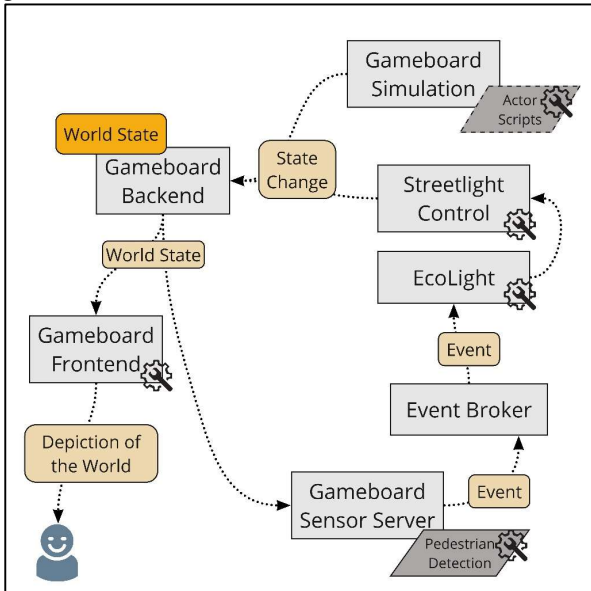


Abbildung 1: Softwarekomponenten des Simulators [6]

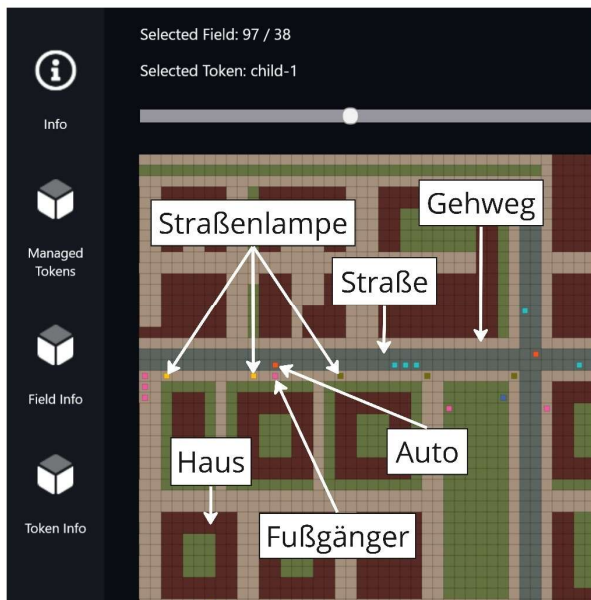


Abbildung 2: Benutzeroberfläche des Simulators (nach [6])

### Einsatz des Simulators bei einem Hackathon

Beim 5. PFAFF HACK haben wir unsere technische Umgebung (bestehend aus Mock-Plattform und Quartierssimulator) und eine Menge motivierter Menschen aus der Bevölkerung, die das Pfaff-Quartier mitgestalten möchten, zusammengebracht [6]. Der PFAFF HACK war ein jährlicher Hackathon im Rahmen des

Forschungsprojekts EnStadt: Pfaff und wurde von uns in Kaiserslautern ausgerichtet. Der 5. PFAFF HACK fand im November 2022 als 24-Stunden-Coding-Event statt. Die Veranstaltung hatte 35 Teilnehmer, verteilt auf neun Teams. Die Teilnehmer waren vorwiegend Studierende und Berufseinsteiger mit technischem Hintergrund.

Die Herausforderung für den Hackathon lautete: „Wie können Informationen aus und über öffentliche Räume den Bürgern helfen, sich nachhaltiger zu verhalten?“ Die Aufgabe der Teilnehmer war, im Team ein Lösungskonzept zu erstellen und einen programmierten Prototyp zu präsentieren. Unsere Hauptziele beim Hackathon waren die Sammlung von Ideen und Prototypen für digitale Lösungen sowie eine Förderung der Bürgerbeteiligung. Ein Sekundärziel war das Sammeln von Rückmeldungen zum Quartierssimulator.

Da die Teilnehmer des Hackathons mit unserer technischen Umgebung, also der Mock-Plattform und dem Simulator, nicht vertraut waren, führten wir verschiedene Onboarding-Maßnahmen durch, um die Teilnehmer zu befähigen, unsere Umgebung beim Hackathon möglichst schnell und effektiv zu verwenden. Vor der Veranstaltung stellten wir eine Dokumentation der Mock-Plattform und ihrer Dienste bereit sowie Source-Code-Beispiele, erklärende Videos und das Online Escape Game „Pfaffhack Adventure“. Während der Veranstaltung stellten wir unsere Umgebung und die dahinterliegenden Konzepte in einem Tech-Talk vor und betreuten die Teilnehmer kontinuierlich.

Drei von neun Teams setzten ihren Prototypen mit unserem Quartierssimulator um. Eines der Teams war das Team „bike punks“. Die Idee des Teams war eine dynamische Anpassung der Straßennutzung an die Bedürfnisse der Menschen und die Förderung einer nachhaltigen und klimafreundlichen Mobilität. Dazu sollen Nutzungsbeschränkungen im Kontext von Straßen (z. B. Geschwindigkeitsbeschränkungen und Zuweisungen von Fahrspuren an bestimmte Arten von Verkehrsteilnehmern) intelligent gesteuert werden. Beispielsweise sollen Radfahrer und Fußgänger Vorrang erhalten, und die Lösung soll ihnen mehr Verkehrssicherheit bieten.

Zur Umsetzung des Prototyps integrierte das Team ein eigenes Szenario in die virtuelle Welt (eine Gruppe von Radfahrern bewegt sich im Quartier), entwickelte Sensoren, die die aktuelle Straßennutzung detektieren (Anzahl und Art der Verkehrsteilnehmer in einem Straßenabschnitt), sowie einen prototypischen Dienst, der die Nutzungsbeschränkungen auf der Grundlage der aktuellen Straßennutzung steuert. Weiterhin passte das Team die Benutzeroberfläche des Simulators an, sodass die aktuell gültigen Straßennutzungsbeschränkungen dargestellt und dadurch beobachtbar werden.

Wir beobachteten den Einsatz des Simulators beim Hackathon und konnten erkennen, dass die Teams den Simulator zu ihrem Vorteil einsetzen konnten. Auch das Feedback der Teilnehmer zum Simulator im Gespräch war positiv. Wir schließen daraus, dass der Quartierssimulator eine sinnvolle Bereicherung der Mock-

Plattform darstellt. Nichtsdestotrotz konnten wir auch Grenzen erkennen, an die die Teilnehmer während der Veranstaltung stießen, und dadurch weitere Verbesserungsmöglichkeiten identifizieren. Es handelte sich im Wesentlichen um zwei Punkte:

1. *Anpassbarkeit des Layouts der virtuellen Welt*: Wir hatten das Layout der virtuellen Welt fest vorgegeben und die Teilnehmer hatten keine Möglichkeit, dieses anzupassen. Wäre das Layout anpassbar, hätten die Teams die virtuelle Umgebung besser auf ihren Anwendungsfall abstimmen können.
2. *Bereitstellung exklusiver Simulator-Instanzen*: Wir hatten den Teams nur eine Instanz des Simulators und der virtuellen Welt angeboten, die sich alle Teams teilten. Dadurch kam es teilweise zu Interferenzen bei der Entwicklung und Vorführung der Lösungen. Durch ein Angebot exklusiver Instanzen des Simulators hätten die Lösungen verschiedener Teams bei Bedarf voneinander isoliert werden können.

### Qualitätsverbesserungspotenziale

Wir sehen vielfältige Chancen für eine Qualitätsverbesserung durch den Simulator:

1. *Frühere Evaluationen und Gewinnung von Erkenntnissen*: Neue Ideen und Lösungsansätze können schon vor der ersten produktiven Codezeile evaluiert werden. Zudem sind frühe technische Einsichten möglich und Betroffene können frühe Rückmeldungen geben. Insgesamt ergibt sich hier die Chance, mögliche Qualitätsprobleme früher zu erkennen und zu adressieren.
2. *Bereitstellung einer kostengünstigen Testumgebung*: Der Quartiersimulator stellt in gewisser Weise einen „digitalen Zwilling“ des Stadtquartiers bereit. Lösungen können zunächst in der vereinfachten, simulierten Umgebung entwickelt und getestet werden, bevor teure Hardware beschafft wird. Damit sinkt die Einstiegshürde für die Entwicklung neuer Lösungen.
3. *Niederschwelliges Angebot zur aktiven Partizipation von Nicht-Experten*: Interessierte Bürger können ihre Ideen und Perspektiven einfach einbringen. Wir sehen hier Chancen für eine Qualitätsverbesserung durch *Ko-Kreation*. Das bedeutet, verschiedene Akteure (z. B. Kunden oder Bürger) im Entwicklungsprozess stärker zu beteiligen und einzubinden [7]. Eine gemeinsame, kooperative Entwicklung neuartiger Lösungen kann die Akzeptanz und den Nutzen der entstehenden Lösungen positiv beeinflussen. Weiterhin können Entwickler die tatsächlichen Bedarfe der Zielgruppe besser verstehen und bei der Entwicklung berücksichtigen.

### Zusammenfassung und Ausblick

Wir haben unsere Mock-Plattform und den Simulator bei einem von uns organisierten Hackathon eingesetzt und den Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Mehrere Teams benutzten den Simulator, um ihre Ideen

prototypisch umzusetzen. Aufgrund der Umgebungssensitivität der Lösungen wurden diese durch Reize des virtuellen Stadtquartiers stimuliert und ihr Wirken wurde dadurch ausgelöst. Sofern eine Lösung durch die Steuerung von Aktoren auf die Umgebung einwirkt, kann diese Wirkung zum Beispiel auf der Benutzeroberfläche des Simulators beobachtet werden.

Mit dem Simulator sind wir in der Lage, verschiedene Aspekte zu simulieren und so ein genaueres Feedback über die Wirksamkeit und die Auswirkungen der neuen digitalen Dienste oder der Ideen, die wir testen möchten, zu erhalten. Für unseren Projektkontext war die Entwicklung der Mock-Plattform und des Simulators eine hilfreiche Unterstützung. Nun gilt es zu untersuchen, inwiefern eine solche Lösung auch in anderen Kontexten und Domänen vorteilhaft eingesetzt werden kann.

### Schlussbemerkungen

Dieser Beitrag wurde im Kontext des Projekts EnStadt:Pfaff (Förderkennzeichen: 03SBE112D und 03SBE112G) erstellt, gefördert vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF). Der Beitrag wurde beim 48. Treffen der Fachgruppe TAV präsentiert [8]. Teile des Beitrags wurden bei der „9th International Conference on Connected Smart Cities“ (CSC 2023) der International Association for Development of the Information Society (IADIS) veröffentlicht [6]. Wir danken Reinhard Schwarz und Sonnhild Namingha für das Korrekturlesen.

### Referenzen

- [1] Neirotti, P. et al. (2014). Current trends in Smart City initiatives: Some stylised facts. Cities 2014.
- [2] Lea, R. (2017). Smart Cities: An Overview of the Technology Trends Driving Smart Cities, IEEE.
- [3] Projekt EnStadt:Pfaff. <https://pfaff-reallabor.de/>, zuletzt besucht: 2023-07-10
- [4] Elberzhager, F. et al. (2021). Towards a Digital Ecosystem for a Smart City District: Procedure, Results, and Lessons Learned. Smart Cities 2021.
- [5] Ajdari, A. et al. (2022). Smart City District Simulator – How we Made a Virtual Smart City District Come Alive. Connected Smart Cities 2022.
- [6] Neuschwander, P. et al. (2023). Using a Smart City District Simulator to Test New Digital Services. Connected Smart Cities 2023.
- [7] Hieber, N. (2022). Ko-Kreation oder: Warum wir aufhören sollten, Innovationen im stillen Kämmerlein zu entwickeln. Fraunhofer IAO Blog. <https://blog.iao.fraunhofer.de/ko-kreation-oder-warum-wir-aufhoeren-sollten-innovationen-im-stillen-kaemmerlein-zu-entwickeln/>, zuletzt besucht: 2023-07-10
- [8] Fachgruppe TAV. (2023). 48. Treffen der Fachgruppe TAV. <https://fg-tav.gi.de/veranstaltung/tav-48>, zuletzt besucht: 2023-07-10