



# Umweltfreundliches Mobilitätsverhalten und Gesundheitsförderung mit Serious Games - SG4Mobility

Gefördert über die Innovationsförderung des Landes Hessen



# Bericht zum Forschungsvorhaben „Umweltfreundliches Mobilitätsverhalten und Gesundheitsförderung mit Serious Games - SG4Mobility“

---

## Verfasser/innen:

Dr.-Ing. (habil.) Stefan Göbel	Technische Universität Darmstadt
Alvar Gámez-Zerban, M.Sc.	Technische Universität Darmstadt
Philipp Müller, M.Sc.	Technische Universität Darmstadt
Thomas Tregel, M.Sc.	Technische Universität Darmstadt
Prof. Dr.-Ing. Petra K. Schäfer	Frankfurt University of Applied Sciences
Andreas Gilbert, M.Eng.	Frankfurt University of Applied Sciences
Dr. Robert Lokaiczky	wer denkt was GmbH
Jason Christian, M.Sc.	wer denkt was GmbH
Dr. Andreas Rösch M.S.	Rösch & Associates Information Engineering GmbH
Dr. David Schmoltd	Rösch & Associates Information Engineering GmbH

Projektlaufzeit: September 2018 bis Oktober 2019

Dieses Projekt (HA-Projekt-Nr.: 643/18-66) wurde aus Mitteln des Landes Hessen und der HOLM-Förderung im Rahmen der Maßnahme „Innovationen im Bereich Logistik und Mobilität“ des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung gefördert.



**HessenAgentur**

HA Hessen Agentur GmbH

**Darmstadt, Dezember 2019**

Abbildung Deckblatt: © PantherMedia / LDProd

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
2	Stand der Technik.....	5
2.1	Bestehende Mobilitätsanalysen in Deutschland.....	5
2.2	Weiterentwicklung der Mobilitätsanalyse.....	6
2.3	Multimodale Mobilität.....	6
2.4	Förderung der Motivation zur umweltfreundlichen Mobilität.....	7
2.5	Aktivitätserkennung.....	11
2.6	Spielerische Städteerkundung.....	14
3	Methodik.....	16
3.1	Evaluationsablauf.....	16
3.2	Nutzerakquise.....	16
3.3	Usability-Test.....	17
3.4	Validierung.....	17
4	Technisches Gesamtkonzept der Applikation.....	19
4.1	Graphische Benutzeroberfläche.....	19
4.2	Kommunikation der App.....	23
4.3	Mobilitätserkennung.....	23
4.4	Gamification Modul.....	25
4.5	Gestenerkennung.....	30
4.6	Features.....	31
4.7	StoryTec Web.....	32
4.8	Datenbank.....	35
4.9	Datenschutz.....	38
5	Evaluation.....	41
5.1	Untersuchungsraum.....	41
5.2	Erste Online-Befragung zur Nutzerakquise.....	41
5.3	Usability-Test.....	42
5.4	Validierung.....	45
6	Fazit und Ausblick.....	51

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Multimodales und intermodales Verkehrsverhalten .....	7
Abbildung 2: Evaluationsablauf .....	16
Abbildung 3: Technisches Gesamtkonzept .....	19
Abbildung 4: Login Screen.....	20
Abbildung 5: Tracking Screen mit aktiviertem Tracking .....	20
Abbildung 6: Übersicht Screen mit Platzierungs- und Punkteübersicht .....	21
Abbildung 7: Mobilität Screen mit Statistiken zu der zurückgelegten Strecke.....	21
Abbildung 8: Rangliste Screen mit dem Ranking der Mobilitätspunkte .....	22
Abbildung 9: Weltkarte Screen mit Markern für die Spiele und Münzen zum Einsammeln beim Vorbeigehen .	22
Abbildung 10: Schaubild zur Festlegung des Fahrzeugtyps anhand Routendaten des ÖV.....	24
Abbildung 11: Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr .....	27
Abbildung 12: StoryTec Web Weltkarte mit Spielen im Standort Offenbach.....	33
Abbildung 13: Auszug aus der Datenbank .....	35
Abbildung 14: Aufbau Log-Tabelle .....	35
Abbildung 15: Aufbau Json-Request .....	36
Abbildung 16: Projekthomepage .....	37
Abbildung 17: Altersverteilung der Teilnehmer/-innen der ersten Online-Befragung.....	41
Abbildung 18: Höchsttemperaturen [°C] in Offenbach a.M. im Untersuchungszeitraum.....	42
Abbildung 19: Niederschlag [mm] in Offenbach a.M. im Untersuchungszeitraum.....	43
Abbildung 20: SG4Mobility App im Google Play Store .....	44
Abbildung 21: Bewertung der einzelnen App-Screens und Anzeigen: 1,0=sehr schlecht; 5,0= sehr gut .....	46
Abbildung 22: Antworten auf die Frage „Welche Funktionen hätten Sie sich in der App noch gewünscht?“ .....	47
Abbildung 23: Bewertung von monetären und nicht-monetären Anreizen über die Methodik „Punkten“ .....	50

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Personenbezogene Mobilitätsdaten .....	5
Tabelle 2: Modalitätenbezeichnungen .....	25
Tabelle 3: Modalitäten und angesetzte Faktoren.....	28
Tabelle 4: Definierte Gesten .....	31
Tabelle 5: Nachrichten im JSON-Format über das android.js Skript.....	34

Genderhinweis:

Alein aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten für beide Geschlechter.

Die wissenschaftlich-technischen Ergebnisse wurden auch in den folgenden Publikationen veröffentlicht:

- S. Göbel, A. Gamez-Zerban, P. Müller, T. Tregel, A. Gilbert, J. Christian, D. Schmoltd: SG4Mobility: Educational Game for Environment-friendly Mobility Behaviour. In: Proceedings of European Conference on Games based Learning, 2019, p. 261-270. DOI: 10.34190/GBL.19.092
- Stefan Göbel: SG4Mobility – Serious Games and Gamification Principles for Environment-friendly Mobility Behaviour. In Proceedings of Gamification & Serious Games Symposium 2019, [https://gsgs.ch/wp-content/uploads/2019/08/gsgs19\\_web.pdf](https://gsgs.ch/wp-content/uploads/2019/08/gsgs19_web.pdf), Seite 115-118.

## 1 Einleitung

Laut dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) wird der Verkehr bis 2030 deutlich zunehmen, trotz abnehmender Einwohnerzahl. Es wird ein Anstieg an Personenkilometer im Personenverkehr um 19% beim Bahnverkehr und 10 % beim Pkw-Verkehr prognostiziert.<sup>1</sup>

Durch die zahlreichen Grenzwertüberschreitungen von Stickoxidwerten in deutschen Städten wird besonders im urbanen Raum der Ruf nach nachhaltigen Verkehrslösungen immer lauter. Dabei bestehen diese bereits. Zu den umweltfreundlichen Verkehrsmitteln zählen nicht motorisierte Verkehrsträger (zu Fuß gehen und öffentliche oder private Fahrräder), öffentliche Verkehrsmittel (Bahn, Bus und Taxis), sowie das CarSharing und Mitfahrgelegenheiten. Diese werden unter dem Begriff „Umweltverbund“ zusammengefasst. Planerisch und verkehrspolitisch ist es das Ziel, den Umweltverbund zu fördern und die Nutzung des eigenen Autos zu reduzieren, um Emissionen im Verkehrssektor zu senken.

Im Forschungsprojekt „SG4Mobility“ wurde mittels Aktivitätserkennung über das Smartphone die Mobilität der Nutzer erfasst, um einerseits die Mobilitätsanalyse durch konkrete Mobilitätsdaten zu verbessern und andererseits, um einzelnen Nutzern ihre persönliche Mobilität zu veranschaulichen und somit insgesamt spielerisch das umweltfreundliche Mobilitätsverhalten zu fördern. Im Rahmen des Projekts wurde hierfür eine spielerische App entwickelt, die Aktivitätserkennung und Gamification-Ansätze vereint. Durch ein Bewertungsschema erhielten die Nutzer ein Bewusstsein für den Einfluss ihrer Mobilität auf den CO<sub>2</sub> Haushalt und einen Anreiz für Verkehrsmittel des Umweltverbunds. Mit ortsbasierten Mini-Spielen z.B. an Haltestellen durften Nutzer ihre körperliche und geistige Aktivität unter Beweis stellen.

Das Projektkonsortium besteht aus der Technischen Universität Darmstadt (Fachgebiet Multimedia Kommunikation, Projektleitung), der Frankfurt University of Applied Sciences (Fachgruppe Neue Mobilität), der wer denkt was GmbH und Rösch & Associates Information Engineering GmbH. Assoziierte Partner in dem Forschungsprojekt sind die Stadtwerke Offenbach Holding (SOH) und der Rhein-Main-Verkehrsverbund (RMV). Das Untersuchungsgebiet beschränkte sich auf die Stadtgrenzen von Offenbach am Main. Die SOH wurden

<sup>1</sup> BMVI (Hg.) (2018): Mobilität in Deutschland. Kurzreport. Verkehrsaufkommen – Struktur – Trends. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur. Online verfügbar unter <https://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/G/mobilitaet-in-deutschland.html?nn=12830>, zuletzt geprüft am 17.01.2019.

daher als Betreiber des Nahverkehrs in Offenbach im Projekt eingebunden und für die Akquise von Test-Usern genutzt.

Im folgenden Projektabschlussbericht wird zunächst auf den Stand der Technik im Bereich der Mobilitätsanalyse, von motivierenden Methoden und Aktivitätserkennungen vorgestellt. Im Kapitel 3 wird die Methodik des Forschungsprojekts vorgestellt. Es folgt die Vorstellung des technischen Gesamtkonzepts und der entwickelten Smartphone-Applikation. In Kapitel 5 werden die Ergebnisse der Evaluation diskutiert. Der Bericht schließt mit einem Fazit und Ausblick.

## 2 Stand der Technik

In diesem Kapitel wird der Stand der Technik im Bereich der Mobilitätsanalyse vorgestellt. Des Weiteren werden Studien vorgestellt, die bereits motivierenden Methoden verwendeten, um das Mobilitätsverhalten zu beeinflussen. Anschließend wird auf den Technologiestand bei der Aktivitätserkennung, genauer der Mobilitäts- und Gestenerkennung eingegangen.

### 2.1 Bestehende Mobilitätsanalysen in Deutschland

Verkehrserhebungen liefern Daten über den bestehenden Verkehrszustand. Sie dienen als Grundlage für die Planung von Verkehrsinfrastrukturen. Dabei werden sowohl quantitative Methoden eingesetzt, wie Verkehrszählungen und Messungen, als auch qualitative Methoden, wie Beobachtungen oder Befragungen (vgl. FGSV<sup>2</sup>, Begriffsbestimmungen)

Groß angelegte Mobilitätsstudien, wie „Mobilität in Deutschland (MiD)“ und das „Deutsche Mobilitätspanel (MOP)“, die das grundsätzliche Mobilitätsverhalten der Bevölkerung widerspiegeln sollen, nutzen als Erhebungsmethode die Befragung. Dabei werden Fragebögen und (Telefon-)Interviews eingesetzt. Es wird eine Vielzahl an Kriterien für die Erfassung des Mobilitätsverhaltens abgefragt und erfasst. Diese gliedern sich übergeordnet in soziodemografische Daten, persönliche Mobilitätsmerkmale und Stichproben von Verkehrswegen (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1: Personenbezogene Mobilitätsdaten (eigene Darstellung nach MiD und MOP)

Soziodemographische Daten	Persönliche Mobilitätsmerkmale	Verkehrswege
Alter	Führerscheinbesitz	Verkehrsleistung
Geschlecht	Zeitkartenbesitz	Mobilitätszeiten
Bildungsabschluss	Verkehrsmittelverfügbarkeit	Wegezwecke
Erwerbstätigkeit	übliche Verkehrsmittelnutzung	Modal-Split
Räumliche Struktur des Wohnorts	Zufriedenheit und Einstellungen	
Haushaltsnettoeinkommen	Nutzung digitaler Mobilitätsdienste	
Haushaltsgröße		
Häufigkeit von Online-Shopping		

Bei der stichprobenartigen Erfassung der Verkehrswege, nutzt das MOP sogenannte Wegetagebücher. Hierbei führen die befragten Personen alle Wege in einem bestimmten Zeitraum in einem analogen Tagebuch auf, mit

<sup>2</sup> Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen

Angaben zum Wochentag, dem Zweck des Weges, der Distanz und den genutzten Verkehrsmitteln für diesen Weg. Bei einer Erhebung über einen längeren Untersuchungszeitraum bedeutet die analoge, schriftliche Dokumentation aller Wege einen hohen Aufwand.

„Bei derzeitigen Mobilitätshebungen [...] werden pro Weg alle genutzten Verkehrsmittel erhoben, nicht jedoch der Zeitanteil und der Entfernungsanteil, die auf die verschiedenen Verkehrsmittel entfallen.“<sup>3</sup> Diese sind jedoch die wesentlichen Faktoren, welche für die Verkehrsplanung von Bedeutung sind.

Um das Mobilitätsverhalten zu analysieren, hat sich in der Verkehrsplanung eine Kombination von quantitativen (Wegetagebüchern) und qualitativen Methoden (Fragebögen, Interviews und Workshops) als geeignet erwiesen. Durch die mehrdimensionale Methodenkombination zur Mobilitätsfassung kann eine sozialwissenschaftliche Differenzierung der gewonnenen Daten durchgeführt werden, sowie die Gründe der Verkehrsmittelwahl erörtert werden.

## 2.2 Weiterentwicklung der Mobilitätsanalyse

Die Erfassung von personenbezogenen Mobilitätsdaten hat sich mit der Digitalisierung weiterentwickelt. So lassen sich nicht nur Befragungen online durchführen, sondern auch Bewegungsdaten automatisch erfassen. Hierbei wird von „Tracking“ gesprochen. Die Verwendung von GPS-Daten wird als unangemessen betrachtet, da die Datensammlung einschränkende Bedingungen für die Umwelt darstellt.<sup>4</sup> Somit kann sich der Nutzer nicht in einer Nebenstraße oder einem Bahnhof oder einem anderen Gebäude befinden und sollte so nahe wie möglich an dem Fenster in einem Auto sitzen, um eine klare Sicht auf die Satelliten zu haben, die die GPS-Daten liefern. Eine andere Möglichkeit der Identifikation von Bewegungsarten ist das Beziehen auf die Inertialsensorik des Smartphones. Dieses liefert seine Daten auf Basis eines räumlichen Koordinatensystems auf drei Achsen, die diesen Raum aufspannen.

Google hat die Awareness-API auf der Google I / O 2016-Konferenz vorgestellt. Mit dieser API wurde eine erste Kontextererkennung ressourcen-schonend implementiert. Die verschiedenen Arten der Mobilität sind Fahrzeug, Fahrrad, Stehen, Laufen, Gehen, ohne Bewegung und unbekannt. Eine detaillierte Unterscheidung zwischen Fahrzeugen findet nicht statt.

## 2.3 Multimodale Mobilität

Multimodales Verkehrsverhalten bezeichnet die Nutzung grundsätzlich verschiedener Verkehrsmittel bei der Durchführung von Wegen. Beim multimodalen Verhalten findet im Vorfeld eine Entscheidung über die Verkehrsmittelwahl durch Abwägen von Alternativen statt. Wird der Alltagsverkehr betrachtet, umfasst der Betrachtungszeitraum zumeist eine Woche. In der Regel wiederholen sich viele Aktivitäten in diesem Zeitraum. Da Fußwege fast immer Bestandteil von Wegen sind, werden diese meist nicht berücksichtigt. Eine Sonderform von Multimodalität stellt das intermodale Verkehrsverhalten dar. Hierbei werden während einer Ortsveränderung verschiedene Verkehrsmittel genutzt und miteinander kombiniert. Beim intermodalen

---

<sup>3</sup> Schelewsky, M., H. Jonuschat, B. Bock und K. Stephan, 2014. Smartphones unterstützen die Mobilitätsforschung. Neue Einblicke in das Mobilitätsverhalten durch Wege-Tracking. Springer, Wiesbaden. ISBN 978-3-658-01848-1.

<sup>4</sup> Hemminki, S., Nurmi, P., & Tarkoma, S., 2013. Accelerometer-based Transportation Mode Detection on Smartphones. In Proceedings of the 11th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems.

Verhalten findet mindestens ein Umsteigevorgang an einer Schnittstelle statt, um ein Ziel zu erreichen (vgl. Abbildung 1). Auch bei der Intermodalität ist festzulegen, ab wann eine Fußetappe als eigenständiger Weg erfasst wird. Treten Fußwege beim Zugang oder Abgang auf, also z.B. beim Umsteigevorgang von der Fahrradabstellanlage zum Bus (B+R) oder vom Pkw auf die Bahn (P+R), werden diese i.d.R. nicht als eigener Modus bewertet. Wird der Fußweg hingegen bewusst gewählt, um eine Strecke zu überwinden, obwohl Verkehrsalternativen zur Verfügung stehen, ist dieser als eigener Modus einzustufen. Dies gilt auch für sehr weite Fußstrecken. Eine Definition, ab wann dies der Fall ist, gibt es nicht.<sup>5</sup>

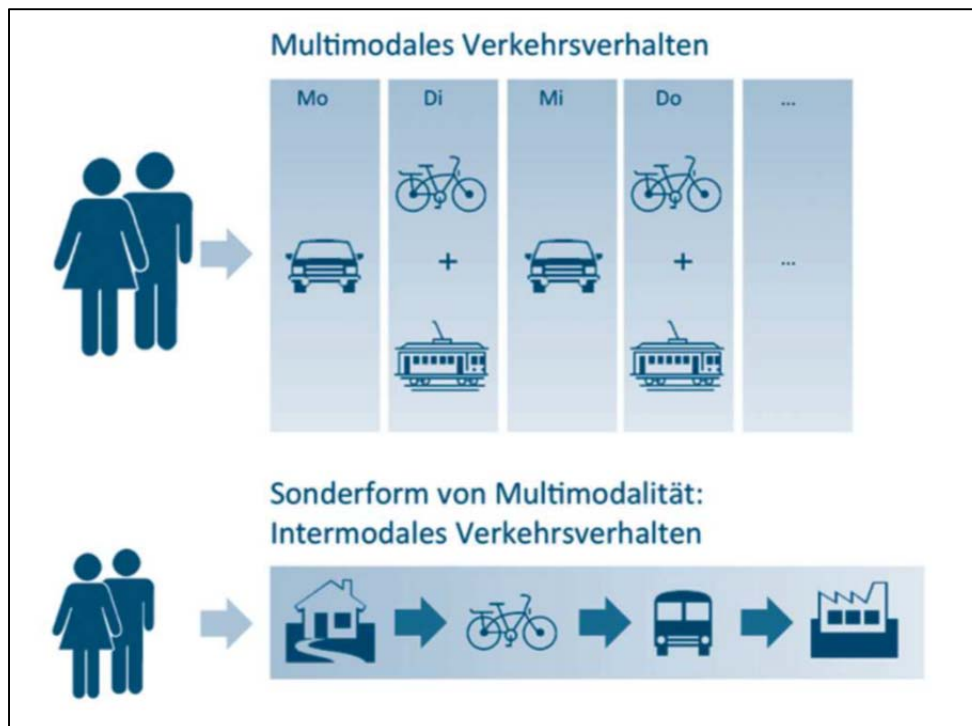


Abbildung 1: Multimodales und intermodales Verkehrsverhalten<sup>6</sup>

## 2.4 Förderung der Motivation zur umweltfreundlichen Mobilität

Umweltfreundliches Mobilitätsverhalten wird über eine persönliche Mobilitätsanalyse festgestellt. Mobilitätstagebücher dienen dabei als Grundlage der Auswertung. Nutzer müssen erfassen, wann und wo sie mit welcher Modalität wohin unterwegs waren. Dabei müssen sie Umstiege und Linien notieren. Mit diesen Daten kann dann unter anderem die Umweltfreundlichkeit nachgewiesen werden. Da jedoch das Notieren mit Papier und Stift sehr aufwendig ist, und nicht jeder die Zeit oder die Muße hat, seine Fahrzeiten und Strecken aufzuschreiben und zu bemessen, kann hier der technische Fortschritt genutzt werden. Durch die Nutzung der Smartphone-Sensoren zur Modalitätserkennung kann das Mobilitätsverhalten automatisch erfasst werden. Zusätzlich werden Methoden aus der Theorie des geplanten Verhaltens<sup>7</sup> und Persuasive Design<sup>8</sup> angewandt,

<sup>5</sup> Kagerbauer, M., Nobis, C., Sommer, C., Gertz, C., Ackermann, T. und Loose, W., 2018. Definitionen zu "Multi- und Intermodalität". In Straßenverkehrstechnik, 62(5): 366 - 372, Kirschbaum, Bonn.

<sup>6</sup> Reesas, G., 2014. Neue Mobilitätsformen, Mobilitätsstationen und Stadtgestalt. Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR), 45(1). Online verfügbar unter [http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ExWoSt/45/exwost45\\_1.pdf;jsessionid=5FE03E12ACC78B88CC65DB3503B262A4.live1041?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/Veroeffentlichungen/ExWoSt/45/exwost45_1.pdf;jsessionid=5FE03E12ACC78B88CC65DB3503B262A4.live1041?__blob=publicationFile&v=2), zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>7</sup> Ajzen, I., 1991. The theory of planned behavior. In Organizational behavior and human decision processes 50(2): 179-211.



um Nutzer zu motivieren, umweltfreundlichere Verkehrsmittel zu wählen. Zu diesen Methoden und Techniken gehört unter anderem das Quantified Self<sup>9</sup>, das Sammeln von Daten zu bestimmten Tätigkeiten, wie z.B. Schrittzähler-Apps, die zum Teil zusätzlich zu den Schritten noch Strecke und Kalorienverbrauch angeben. Diese werden verwendet, um dem Nutzer sein Verhalten vorzuzeigen und ihn ggf. durch Richtwerte oder Vergleiche mit seiner Historie zu einer Verhaltensänderung zu bringen. Eine weitere Methodik ist die Integration von Gamification<sup>10</sup>.

Gamification bezeichnet die Verwendung von spielerischen Elementen, wie man sie aus z.B. Video-Spielen kennt, in Kombination mit typischerweise nicht-spielerischen Tätigkeiten. Das Ziel von Gamification ist es, den Nutzer durch Belohnung anhand einer vorgegebenen Bewertungsstruktur eine Handlung oder einen Prozess attraktiver zu machen und ihn zu motivieren, diese zu wiederholen. In Bezug auf Mobilität, kann hier die Bewertung über die Nutzung von umweltfreundlicher Mobilität stattfinden und anhand der verwendeten Modalität belohnt werden.

Serious Games, Spiele, die zusätzlich zur Unterhaltung des Spielers noch ein charakteristisches Ziel verfolgen<sup>11</sup>, sind im Vergleich zu der Verwendung von Gamification vollständige Spiele, da sie vollwertige Spielwelten darbieten. Zum Beispiel motiviert das pervasive Spiel Pokémon Go<sup>12</sup> Nutzer dazu, sich mehr zu Fuß zu bewegen. Es misst die Strecken, die die Spieler zurückgelegt haben und belohnt sie dafür mit Fortschritten in dem Spiel. Der eigentliche Spielinhalt liegt jedoch im Erkunden der Welt in der man Pokémon fangen kann, die durch das Spiel mit der Umgebung verschmilzt.

Konzepte, die automatische Mobilitätstagebücher, Persuasive Design und Gamification verwenden, wurden in den letzten Jahren vermehrt erstellt und Prototypen für Studien entwickelt.

Damit Gamification und Spiel-Konzepte für die Mobilität erstellt werden können, muss die Mobilität erfasst werden. Dies geschieht häufig mit einer Aktivitätserkennung, die über ein Mobilgerät oder andere Spezialgeräte funktionieren. Dazu werden im Folgenden bereits absolvierte Studien auf ihre Verwendung von motivierenden Methoden und Aktivitätserkennungen analysiert.

## Studien

PerCues<sup>13</sup> will das Bewusstsein für Emission in der Mobilität stärken. Nutzer in Salzburg sollten davon überzeugt werden mit öffentlichen Verkehrsmitteln, anstatt dem Auto zu fahren. Dazu wurden ihnen die nächsten Abfahrtszeiten der Busse, als auch die Reduktion der Emission bei dem Kauf eines Busfahr Scheins angezeigt, die im Vergleich bei einer Fahrt mit dem Auto entstehen würden. Neben dem persönlichen

<sup>8</sup> Fogg, B. J., 2009. A behavior model for persuasive design. In Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology. ACM.

<sup>9</sup> Swan, M., 2013. The quantified self: Fundamental disruption in big data science and biological discovery. In Big data 1(2): 85-99.

<sup>10</sup> Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R. und Nacke, L., 2011. From game design elements to gamefulness: defining gamification. Proceedings of the 15th international academic MindTrek conference: Envisioning future media environments: 9-15. ACM.

<sup>11</sup> Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W. und Wiemeyer, J. (Hrsg.), 2016. Serious Games: Foundations, Concepts and Practice. Springer.

<sup>12</sup> Pokémon Go . Online verfügbar unter <https://www.pokemongo.com>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>13</sup> Reitberger, W. et al., 2007. The percues framework and its application for sustainable mobility. International Conference on Persuasive Technology. Springer, Berlin, Heidelberg.

Feedback wird auch das Verhalten aller Teilnehmer jedem Nutzer und der Öffentlichkeit angezeigt. Das Mobilitätsverhalten wird von PerCues allein nur über den Kauf des Bustickets erkannt.

UbiGreen<sup>14</sup> will das Mobilitätsverhalten über visuelles Feedback verändern. Dabei wird entweder eine Eisscholle oder ein Baum angezeigt, die über die Zeit mit der Nutzung von öffentlichen Verkehrsmitteln wachsen und sich wöchentlich zurücksetzen. Die Nutzung der Verkehrsmittel wird über einen getragenen MSP Sensor<sup>15</sup>, den Mobilfunk<sup>16</sup> über das Mobilgerät und den Nutzer selbst erkannt. Der MSP Sensor erkennt, ob der Nutzer stillsteht, ob er zu Fuß oder mit dem Fahrrad unterwegs ist. Mittels der Änderungen im Mobilfunknetzempfang können sie die Geschwindigkeit des Mobilgeräts erfassen. Dadurch erahnen sie, dass sich der Nutzer in einem Fahrzeug befindet. Es ist aber nicht möglich genau zu erkennen, um welchen Fahrzeugtyp (Bus, Bahn oder Auto) es sich handelt. Diese Information muss der Nutzer selbst eingeben.

Der Ansatz von TRIPZOOM<sup>17</sup> basiert darauf, dass Nutzer ihr persönliches Mobilitätsverhalten auf sozialen Netzwerken öffentlich machen und so alle Beteiligten (der Nutzer, die Gemeinschaft, die Stadt und Anbieter) daraus profitieren. Nutzer werden mit Belohnungen gelockt, an dem System teilzunehmen. Die Belohnungen werden durch das Absolvieren von Herausforderungen über die Mobilität oder durch den Erwerb mit Punkten vergeben. Punkte dienen auch als Vergleichsbasis mit anderen Nutzern. Wie Punkte erworben werden, wird nicht beschrieben. Das Mobilitätsverhalten wird mittels der App 24/7 ermittelt. Dazu werden die Sensoren auf dem Mobilgerät verwendet (GPS, Wi-Fi und Beschleunigungssensor). Fahrzeugtypen werden über ortsabhängige Modelle mittels Karteninformationen unterschieden. Zusätzlich werden persönliche Orte und Strecken erfasst. So kann das System erkennen, ob eine Person zuhause ist oder sich auf dem Weg zur Arbeit befindet.

Quantified Traveller<sup>18</sup> ersetzt einen persönlichen Mobilitätsberater und beeinflusst das Mobilitätsverhalten der Nutzer über einen automatisierten Prozess. Die Mobilität des Nutzers wird über sein Mobilgerät erkannt und aufgezeichnet. Dazu werden Daten wie Reiserouten, Zeit und Fortbewegungsart aufgezeichnet, um benötigte Zeit, Kosten, verbrannte Kalorien und CO<sub>2</sub>-Emissionen zu berechnen. Diese Daten werden auf einer Webseite als Routen oder Netzdiagramm visualisiert, mit denen Nutzer ihre Werte mit anderen vergleichen können. Um Nutzer zu überzeugen, ihr Mobilitätsverhalten zu ändern, setzen sie auf die Theorie des geplanten Verhaltens und „Quantified Self“, um anhand ihres Mobilitätstagebuchs ihre Mobilität zu einem umweltfreundlicheren Verhalten zu ändern.

Daten wie Position, vom Beschleunigungssensor des Mobilgeräts, Wi-Fi und Mobilfunknetzdaten, werden während der Verwendung an den Server geschickt. Diese Daten werden vom Server verarbeitet und Nutzer

---

<sup>14</sup> Froehlich, J. et al., 2009. UbiGreen: investigating a mobile tool for tracking and supporting green transportation habits. In Proceedings of the sigchi conference on human factors in computing systems. ACM.

<sup>15</sup> Choudhury, T. et al., 2008. The Mobile Sensing Platform: An Embedded System for Capturing and Recognizing Human Activities. In IEEE Pervasive Computing, 7(2).

<sup>16</sup> Sohn, T. et al., 2006. UbiComp: Mobility detection using everyday GSM traces: 212-224.

<sup>17</sup> Holleis, P et al., 2012. TRIPZOOM: A system to motivate sustainable urban mobility. In 1st International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies.

<sup>18</sup> Jariyasunant, J. et al., 2015. Quantified traveler: Travel feedback meets the cloud to change behavior. In Journal of Intelligent Transportation Systems 19(2): 109-124.

können dann auf der Homepage tägliche Berichte einsehen. Unter den Modalitäten werden Beförderungen zu Fuß, Auto, Fahrrad, Bus, Light und Heavy Rail erkannt.

MatkaHupi<sup>19</sup> ist eine Routen Planer App, die automatisch die Form der Mobilität und die verursachten CO<sub>2</sub>-Emissionen erfasst. Mit diesen Daten werden alternative Routen und Herausforderungen erstellt, die Nutzer motivieren sollen, ihr Mobilitätsverhalten zu ändern. Es wurde speziell für die Region des öffentlichen Verkehrs in Helsinki entwickelt und erkennt automatisch über Sensoren des Mobilgeräts die Routen und Modalitäten, die ein Nutzer gefahren ist. Eine Historie der Mobilität, Visualisierung der Emissionen und die Herausforderungen sollen den Nutzer beeinflussen. Die Herausforderungen befassen sich mit der wöchentlichen Verminderung der Emissionen aus der vorherigen Woche, dem Abschließen von bestimmten Strecken mit einer Modalität oder dem Benutzen von noch nicht verwendeten Verkehrsmitteln.

Die IPET platform<sup>20</sup> integriert Funktionalitäten für die Bereitstellung von pervasiven Informationen und Ratschlag zur Modalitätswahl. Dazu sammelt sie Nutzeraktivitäten und analysiert diese, um die gewählten Routen und Modalitäten zu erkennen. Dazu werden umweltfreundlichere alternative Routen erkannt. Diese werden den Nutzern über kurze Nachrichten mit Bildern und Text gesendet, die die Nutzer überzeugen sollen, ihr Verhalten zu ändern.

SUPERHUB<sup>21</sup> ist eine mobile App, die Nutzer über eine Kombination aus multimodaler Zielsetzung, Selbstüberwachung, Belohnungen und Social Media zu umweltfreundlicherem Mobilitätsverhalten motiviert. Zusätzlich verfügt sie über Multimodale Routenplanung und personalisierte Routenvorschläge.

Moves<sup>22</sup> ist eine Aktivitätstracking App, die Daten über die Dauer und Fahrstreckenlänge der jeweiligen Modalitäten aufnimmt. Die jeweiligen Modalitäten werden über eine Kombination aus Beschleunigungssensor und GPS-Positionierung des Mobilgeräts verwendet, um zwischen Bewegungen zu Fuß, auf dem Fahrrad und im motorisierten Fahrzeug zu unterscheiden. Nutzer erhalten tägliche und wöchentliche Zusammenfassungen ihrer Aktivitäten und eine tägliche Historie ihres Mobilitätsverhaltens.

Viaggia Roveretgato<sup>23</sup> verwendet Gamification Mechanismen, um umweltfreundliche Mobilität zu fördern. Es beinhaltet einen Routenplaner, der die Routen nach ihrer Umweltfreundlichkeit sortiert und "grüne" Routen an oberster Stelle anzeigt. Nutzer werden für die verwendete Modalität mit verschiedenen Punkten belohnt. Sogenannte green points werden für umweltfreundliche Mobilität vergeben, health points für Laufen und Fahrradfahren und Park&Ride Punkte für das wiederholte Verwenden von Park&Ride Möglichkeiten.

---

<sup>19</sup> Jylhä, A. et al., 2013. Matkahupi: a persuasive mobile application for sustainable mobility. In Proceedings of the 2013 ACM conference on Pervasive and ubiquitous computing adjunct publication. ACM.

<sup>20</sup> Piras, F. et al., 2018. Automatic data collection for detecting travel behavior: the IPET platform. In Procedia computer science 134: 421-426.

<sup>21</sup> Wells, S. et al., 2014. Towards an Applied Gamification Model for Tracking, Managing, & Encouraging Sustainable Travel Behaviours. In ICST Trans. Ambient Systems 1(4): e2.

<sup>22</sup> Baird T. und Zhao J., 2014. Nudging' Active Travel: A Framework for Behavioral Interventions Using Mobile Technology. In Transportation Research Board 93rd Annual Meeting, 14-4106.

<sup>23</sup> Kazhamiakin, R., Marconi, A., Perillo, M., Pistore, M., Valetto, G., Piras, L. und Perri, N., 2015. Using Gamification to Incentivize Sustainable Urban Mobility. In Smart Cities Conference (ISC2), IEEE First International: 1-6.

## 2.5 Aktivitätserkennung

Dank neuer Technologien und Anwendungen hat die Aktivitätserkennung auf Mobilgeräten in den letzten Jahren stetig an Popularität gewonnen. So gibt es einerseits von Google eine offizielle Android-API zur Aktivitätserkennung<sup>24</sup>, die anhand der in aktuellen Smartphones verbauten Sensoren ein Erkennen von Aktivitäten wie das Laufen, Fahrradfahren oder Autofahren in Echtzeit ermöglicht. Andererseits ermöglicht die steigende Verbreitung von Wearables wie Smartwatches oder sogenannten Fitness-Trackern eine akkuratere und weitreichendere Aktivitätserkennung als es ausschließlich mit den Sensoren im Smartphone möglich ist. Diese wird bisher größtenteils in speziellen Gesundheits- und Fitnessanwendungen wie Samsung Health<sup>25</sup> oder Runtastic<sup>26</sup> eingesetzt. In der Wissenschaft betrachten Lieser et al.<sup>27</sup> beispielsweise, wie Aktivitätserkennung in Krisensituationen eingesetzt werden kann, um besser einschätzen zu können, in welchen Situationen sich einzelne Betroffene gerade befinden. Damit erhoffen sie sich, verfügbare Hilfsmittel in Krisensituationen effizienter einsetzen zu können.

### Mobilitätserkennung

Einige öffentlich zugängliche mobile Anwendungen, nämlich *Modalyzer*<sup>28</sup> und *MotionTag*<sup>29</sup>, sind bereits in der Lage, eine Vielzahl von Verkehrsmitteln mit guter Genauigkeit zu erfassen.

Sowohl *Modalyzer* als auch *MotionTag* können auf eine sehr ähnliche Weise navigiert werden. Sobald die Erkennung aktiviert ist, verfolgt die Anwendung die Daten im Hintergrund. Nach einiger Zeit werden die Daten an einen Server gesendet, wo sie ausgewertet und an das mobile Gerät zurückgesendet sind. Die erfassten Verkehrsmittel und Standortverläufe werden anschließend auf einer Karte visualisiert. Beide Anwendungen bieten eine Reihe einfacher Statistiken, die nach Tag, Woche oder Monat kategorisiert werden können.

Erfahrungsgemäß besteht die größte Herausforderung für *Modalyzer* und *MotionTag* darin, zwischen der Nutzung eines Privatfahrzeugs und eines Fahrzeugs des öffentlichen Verkehrs (PT), wie beispielsweise eines Busses, eines Zuges oder einer Straßenbahn, zu unterscheiden. In dieser Hinsicht scheinen beide Anwendungen regelmäßig Probleme zu haben.

Zum Beispiel würde eine Fahrt mit einer Straßenbahn als Autofahrt eingestuft werden, obwohl es einige starke Anzeichen für eine Fahrt mit öffentlichen Verkehrsmitteln gibt. Es muss jedoch bedacht werden, dass das PT-

---

<sup>24</sup> Activity Recognition API, o. J. Online verfügbar unter <https://developers.google.com/location-context/activity-recognition>, zuletzt geprüft am 15.11.2019

<sup>25</sup> Samsung Health App, o. J. Online verfügbar unter <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sec.android.app.shealth>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>26</sup> Adidas Runtastic App, o. J. Online verfügbar unter <https://play.google.com/store/apps/dev?id=8438666261259599516>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>27</sup> Lieser, P., Alhamoud, A., Nima, H., Richerzhagen, B., Huhle, S., Böhnstedt, D. und Steinmetz, R., 2018. Situation Detection based on Activity Recognition in Disaster Scenarios. In 15th International Conference on Information Systems for Crisis Response and Management (ISCRAM 2018).

<sup>28</sup> Modalyzer, o.J. Online verfügbar <https://www.modalyzer.com/>, die Website und das Produkt wurden 2019 eingestellt

<sup>29</sup> Motiontag Website, o. J. Online verfügbar unter <https://motion-tag.com>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

Fahrzeug oft korrekt identifiziert wird und dass es sich um ein sehr komplexes Problem handelt. Für jede Erkennungsregel kann sich typischerweise leicht ein Zählerbeispiel oder ein Sonderfall vorgestellt werden, in dem die Regel verletzt würde. Außerdem sind GPS-Ungenauigkeiten oft auch ein Problem.

Während beide vorgestellten Anwendungen zwischen verschiedenen Typen von PT-Fahrzeugen unterscheiden, unterscheiden sie nicht zwischen verschiedenen Routen. Zum Beispiel erkennen *Modalyzer* und *MotionTag* nicht verschiedene Bustypen, z.B. die Route 671 und die Route 751. Sie klassifiziert die Messkurve einfach als Bus. Ein weiterer Nachteil der vorgestellten Anwendungen ist, dass die Vorhersage in dem Sinne verzögert wird, dass keine Live-Vorhersage gemacht wird.

Die Daten werden an einen Server gesendet und nach Abschluss der Klassifizierung zurückgesendet. Bei der Nutzung der Anwendungen ist es unbekannt, wann dies der Fall sein wird. Der Nutzer kann daher nicht sofort Informationen über seine aktuelle Beförderungsart einsehen und muss einige Zeit warten, bis er sich nicht mehr ganz bewegt. Daher kann es nicht in ernsthaften Spielen verwendet werden, die darauf abzielen, sofortiges Feedback zu geben und das Spiel spontan anzupassen. Darüber hinaus ist die Erkennung abhängig von Daten, die von anderen Nutzern gesammelt wurden.

Dies bedeutet auch, dass vertrauliche Benutzerdaten das mobile Gerät verlassen und nicht unter der Kontrolle des Benutzers stehen.

*Modalyzer* unterstützt darüber hinaus wissenschaftliche Projekte zur Gewinnung von Mobilitätsdaten. Daher ermöglicht es auch die Beantwortung von Umfragen innerhalb der Anwendung.

Im Vergleich zu den zuvor vorgestellten Ansätzen können die folgenden beiden Rahmenwerke direkt integriert und auf mobilen Geräten ausgewertet werden. Im Gegensatz zu den bisherigen Ansätzen wird der Entscheidungsprozess nicht beschrieben. Sie sollen hinsichtlich ihrer Vorhersagegenauigkeit und der Zeit, die benötigt wird, um die tatsächliche Art der Bewegung zu identifizieren und umzustellen, verglichen werden.

Google hat die Awareness API auf der Google I/O 2016 Konferenz vorgestellt<sup>30</sup>. Mit dieser API muss die Kontexterkenennung ressourcenschonend implementiert werden. Es gibt sechs verschiedene Arten von Kontexten zu unterscheiden. Diese sechs Arten sind lokale Zeit und Ort, Headset-Zustand, Wetter, Mobilität und nahegelegene interessante Orte, die als Baken bezeichnet werden. Die verschiedenen Arten der Mobilität sind Fahrzeug, Fahrrad, Stehen, Laufen, Gehen, ohne Bewegung und unbekannt. Eine detaillierte Unterscheidung zwischen Fahrzeugen findet nicht statt.

Die Awareness-API besteht aus zwei verschiedenen APIs. Die Snapshot-API kann verwendet werden, um eine Anfrage nach dem aktuellen Kontext des Benutzers zu stellen. Die Zaun-API hingegen definiert sogenannte Zäune zur Beschreibung eines zu beobachtenden Kontextes. Wenn der Nutzer einen solchen Zaun betritt, wird die App benachrichtigt, ohne ihn öffnen zu müssen. Für die kontinuierliche Erkennung von Mobilitätsarten macht die Benachrichtigung über eine Änderung die Zaun-API besser geeignet als die Snapshot-API. Wenn Sie jedoch nur zu bestimmten Zeiten den Reisemodus zu diesem Zeitpunkt kennen müssen, kann die Snapshot-API auch dazu verwendet werden, eine Abfrage aktiv auszuführen.

---

<sup>30</sup> Google Awareness API, o. J. Online verfügbar unter <https://developers.google.com/awareness>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

Das NeuraLabs Neura SDK<sup>31</sup> bietet eine umfassende Kontexterkenkung für iOS und Android. Der Zeitpunkt der Entstehung kann nach dem Code auf Github Ende 2016 angenommen werden. Zusätzlich zu anderen kontextabhängigen Informationen kann die Fahrweise des Benutzers bestimmen, ob dieser gerade erst begonnen hat oder nicht mehr geht; ein Fahrzeug fährt oder sich in einem anderen Transportmittel fortbewegt. So sind die Fahrweisen, zu Fuß und mit dem Fahrzeug, unterscheidbar. Darüber hinaus kann nach einer Stunde und zwei Stunden eine Benachrichtigung erhalten werden, dass der Nutzer sich in diesem Zeitraum nicht bewegt hat. Diese Art von Mobilität kann verwendet werden, wenn das Neura SDK `userStartedRunning`, `userFinishedRunning`, `userStartedWalking`, `userFinishedWalking`, `userFinishedWalking`, `userStartedTransitByWalking`, `userFinishedTransitByWalking`, `userIsIdleFor1Hour`, `userIsIdleFor2Hours`, `userStartedDriving` und `userFinishedDriving` beinhaltet.

### **Gestenerkennung**

Bei der Gestenerkennung geht es im Gegensatz zur Aktivitätserkennung nicht um die Erkennung langanhaltender Aktivitäten, sondern um die Erkennung einzelner zusammenhängender Bewegungsabläufe. Speziell ist im Projekt die Ganzkörpergestenerkennung vorgesehen, d.h. es sollen Bewegungsabläufe erkannt werden, die mit dem ganzen Körper ausgeführt werden, und nicht etwa nur Handgesten. Dabei soll es möglich sein, verschiedene Arten von Fitness- und Bewegungsübungen voneinander zu unterscheiden und automatisiert zu verifizieren, dass der Spieler eine vorgegebene Übung durchgeführt hat.

Bei der Gestenerkennung werden im vorgegebenen Zeitrahmen über das im Smartphone eingebaute Accelerometer und Gyroskop Rohdaten aufgezeichnet, d.h. pro Sensor und Achse jeweils eine Zeitreihe mit 30 Rohwerten je Sekunde. Aus diesen werden Features wie Gesamtrotation oder durchschnittliche Beschleunigung berechnet, die dann an ein zuvor trainiertes Machine Learning-Modell übergeben werden. Dieses bestimmt dann anhand der vorliegenden Daten für jede Klasse die Konfidenz, dass die vorliegenden Daten zu dieser Klasse gehören. Die Klasse, der das Modell die höchste Konfidenz zuschreibt, wird als die erkannte Klasse angesehen. Da für jede Geste genau eine Klasse existiert (zusätzlich zur Klasse für „keine Bewegung“), kann anhand der Zuordnung der ausgeführten Geste zu einer Klasse überprüft werden, ob die Person die vorgegebene Geste, eine andere Geste oder gar keine Geste ausgeführt hat.

Damit das Machine Learning-Modell eine möglichst korrekte Aussage über die ausgeführte Geste treffen kann, muss es zuvor mit Trainingsdaten trainiert werden, anhand denen es „lernen“ kann, welche Gesten in welchen Sensordaten und Features resultieren. Dies geschieht vor dem Ausliefern der App anhand von zu diesem Zweck aufgenommenen Sensordaten, bei denen jeweils bekannt ist, zu welcher Geste sie gehören. Die Qualität der Gestenerkennung hängt zu einem großen Teil davon ab, wie repräsentativ diese Trainingsdaten für die Nutzer sind, d.h. dass eine möglichst große Anzahl an Daten vorliegt und alle gültigen Arten, eine Geste auszuführen, auch in diesen Daten vorhanden sind.

---

<sup>31</sup> Neura SDK, o. J. Online verfügbar unter <https://dev.theneura.com>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

Erste Ansätze von Gestenerkennung findet man beispielsweise in Samsung Health, deren Research Team sich auch speziell mit der Erkennung bestimmter Hantelübungen beschäftigt hat<sup>32</sup>. Dabei wurden Sensordaten mit Hilfe einer Smartwatch in Verbindung mit einem Pulsmessgurt aufgezeichnet, wodurch speziell für die betrachteten Hantelübungen gute Daten zur Verfügung standen und somit akzeptable Erkennungsgenauigkeiten von bis zu 95% erreicht werden konnten. Parate et al.<sup>33</sup> nutzen einen am Handgelenk angebrachten Sensor, um sowohl das Rauchen als langanhaltende Aktivität, als auch einzelne Rauchzüge zu detektieren.

## 2.6 Spielerische Städteerkundung

Bei der touristischen Entdeckungserfahrung von Städten ist ein mobiler Ansatz zur Einbindung der Nutzer ein bevorzugter Ansatz im Gegensatz zur statischen Plattform. Gamification hat zu einer Reihe von Aktivitäten geführt, bei denen mobile Technologien, die den meisten Nutzern zur Verfügung stehen, wie z.B. Smartphones, genutzt werden, um das touristische Erlebnis zu verbessern und Bildungsreisen anzubieten<sup>34</sup>. Mehrere Ansätze des Game Designs, die im Rahmen des Tourismus umgesetzt werden, sind wie folgt<sup>35</sup>:

1. Mit Spielen Orte der Interessen (POI) in der Stadt vorstellen.
2. Bereitstellung von Anreizen während der gesamten Spiele in verschiedenen Formen, wie z.B. lokale Gutscheine, Ingame-Ergebnisse und mehr. Dieser Ansatz ist nützlich, um die Markenbekanntheit zu erhöhen, die Motivation zu steigern und das lokale Wirtschaftswachstum zu fördern.
3. Kontextbasierte Bereitstellung von Inhalten. Das Design selbst basiert auf dem Kontext des Benutzers, um relevante Inhalte zu liefern, die dann in Form von Spielen verpackt werden. Dieser Kontext kann von Standort und Mobilität bis hin zu persönlichen Benutzerpräferenzen reichen.

Der Verspieltheitsfaktor des Spiels beruht auf einem Mechanismus, der die eigene Leistung und Entdeckung unterstützt. Um den "spielerischen" Teil der Erkundung in einer Stadt zu entdecken, muss die Anwendung die Möglichkeiten für die Nutzer unterstützen, interessante Aktivitäten zu entdecken und durchzuführen, die sich auf die von ihnen besuchten Orte beziehen. Forschungen<sup>36,37,38</sup> legen nahe, dass man, um eine spielerische Umgebung in einer stadtbasierten Erkundung zu schaffen, mögliche Bereiche um die Nutzer herum

<sup>32</sup> Ramos, F. B. A., Lorayne, A., Costa, A. A. M., Sousa, R. R. de, Almeida, H. und Perkusich, A., 2016. Combining Smartphone and Smartwatch Sensor Data in Activity Recognition Approaches: an Experimental Evaluation. In The 28th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering: 267–272. Online verfügbar unter <https://doi.org/10.18293/SEKE2016-040>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>33</sup> Parate, A., Chiu, M.-C., Chadowitz, C., Ganesan, D. und Kalogerakis, E., 2014. RisQ: recognizing smoking gestures with inertial sensors on a wristband. In the 12th annual international conference: 149–161. ACM. <https://doi.org/10.1145/2594368.2594379>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>34</sup> Gordillo, A., Gallego, D., Barra, E. und Quemanda, J., 2013. The City as a Learning Gamified Platform. Frontiers in Education Conference IEEE. ISBN 978-1-4673-5261-1.

<sup>35</sup> Xu, F., Weber J. und Buhalis, D., 2014. Gamification in Tourism. In Information and Communication Technologies in Tourism: 525-537.

<sup>36</sup> Negrusa, A. L., Toader, V., Sofica, A., Tutunea, M. F. und Rus., R. V., 2015. Exploring Gamification Techniques and Applications for Sustainable Tourism. Information Society and Sustainable Development. ISSN: 2071-1050.

<sup>37</sup> Kazhamiakin, R. et. al., 2015. Using Gamification to Incentivize Sustainable Urban Mobility. Smart Cities Conference (ISC2) IEEE.

<sup>38</sup> Frith, J., 2013. Turning Life into a Game: Foursquare, Gamification and Personal Mobility. In Mobile and Media Communication, 1(2): 248-262.

einbeziehen muss, die in ein Spielschema umgewandelt werden können, wie Mobilitätsverhalten, Sehenswürdigkeiten, Stadtführer und Informationen und vieles mehr. Wie bei anderen Spielen sind Einschränkungen nützlich, um das, was die Nutzer innerhalb definierter Grenzen des Spiels tun können, einzuschränken. Diese Einschränkungen können auch zur Ausrichtung der Entwicklung des Spiels beitragen.

Obwohl die Idee einer gezielten touristischen Anwendung nicht neu ist, gibt es nur sehr wenige Beispiele für Serious Games, die Städte oder öffentliche Plätze als Spielplatz genutzt haben<sup>34</sup>. Durch die Entwicklung der allgegenwärtigen Technologie und der ortsbezogenen Technologie<sup>39</sup> werden touristische Erlebnisse durch Game Design auf eine unterhaltsamere Art und Weise entwickelt. Einige der bisherigen Forschungen sind:

1. REXplorer<sup>40</sup>. Das Spiel fördert die Erkundung der Stadt Regensburg durch die Nutzung ihrer definierenden Funktion, die darin besteht, die Geste in Kombination mit dem Standort des Benutzers zu verwenden, um den Nutzern historische Informationen zu liefern.
2. Geo-Zombie<sup>41</sup> ist ein allgegenwärtiges Crowdsourcing-Spiel, das Augmented Reality nutzt, um ein Zombie-Shooting-Spiel zu entwickeln. Es wurde als Forschung entwickelt, um die Effizienz der Sammlung georeferenzierter Daten bei der Zugänglichkeit im öffentlichen Raum zu bewerten.
3. Tidy City<sup>42</sup> ist ein ortsbezogenes Jagdspiel, bei dem die Spieler durch die Umgebung gehen, Rätsel aufgreifen und lösen. Das Spiel wird auch mit einem webbasierten Autorenwerkzeug geliefert, mit dem Nutzer ihre eigene Version von Rätseln erstellen können.

---

<sup>39</sup> Souza, A. D. und Hjorth, L., 2009. Playful Urban Spaces: A Historical Approach to Mobile Games. *Simulation Gaming* 2009 40: 602.

<sup>40</sup> Ballagas, R. A. et al., 2007. REXplorer: a mobile, pervasive spell-casting game for tourists. *CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems*. ACM.

<sup>41</sup> Prandi, C. et al., 2016. Walking with Geo-Zombie: A pervasive game to engage people in urban crowdsourcing. In *International Conference on Computing, Networking and Communications (ICNC)*. IEEE.

<sup>42</sup> Wetzel, R., Blum, L. und Oppermann, L., 2012. Tidy city: a location-based game supported by in-situ and web-based authoring tools to enable user-created content. In *Proceedings of the international conference on the foundations of digital games*. ACM.



### 3 Methodik

In diesem Kapitel wird das Evaluationskonzept im Forschungsprojekt vorgestellt. Dieses beinhaltet die Akquise von realen Nutzern (folgend Test-User genannt), die Durchführung von Testphasen mit wissenschaftlicher Begleitung, sowie die Validierung der Ergebnisse.

#### 3.1 Evaluationsablauf

Für die Validierung der prototypischen App wurden qualitative als auch quantitative Methodenelemente gemischt (vgl. Abbildung 2). Im Fokus dabei stand ein Usability-Test mit Nutzern (auch Test-User genannt) aus der Stadt Offenbach. Der Evaluationsablauf gliederte sich in fünf Schritte. Über eine Online-Befragung wurden im ersten Schritt Test-User akquiriert, welche dann die Informationen und Download-Link zum Usability-Test erhielten. Diese gliederte sich in drei Phasen mit einer Laufzeit von je zwei Wochen. Im Nachgang fand eine weitere Online-Befragung der Test-User, speziell zu den Inhalten der App, statt. Nach der Analyse der Daten fand ein abschließender Workshop mit den Test-Usern statt, um die Ergebnisse zu validieren.

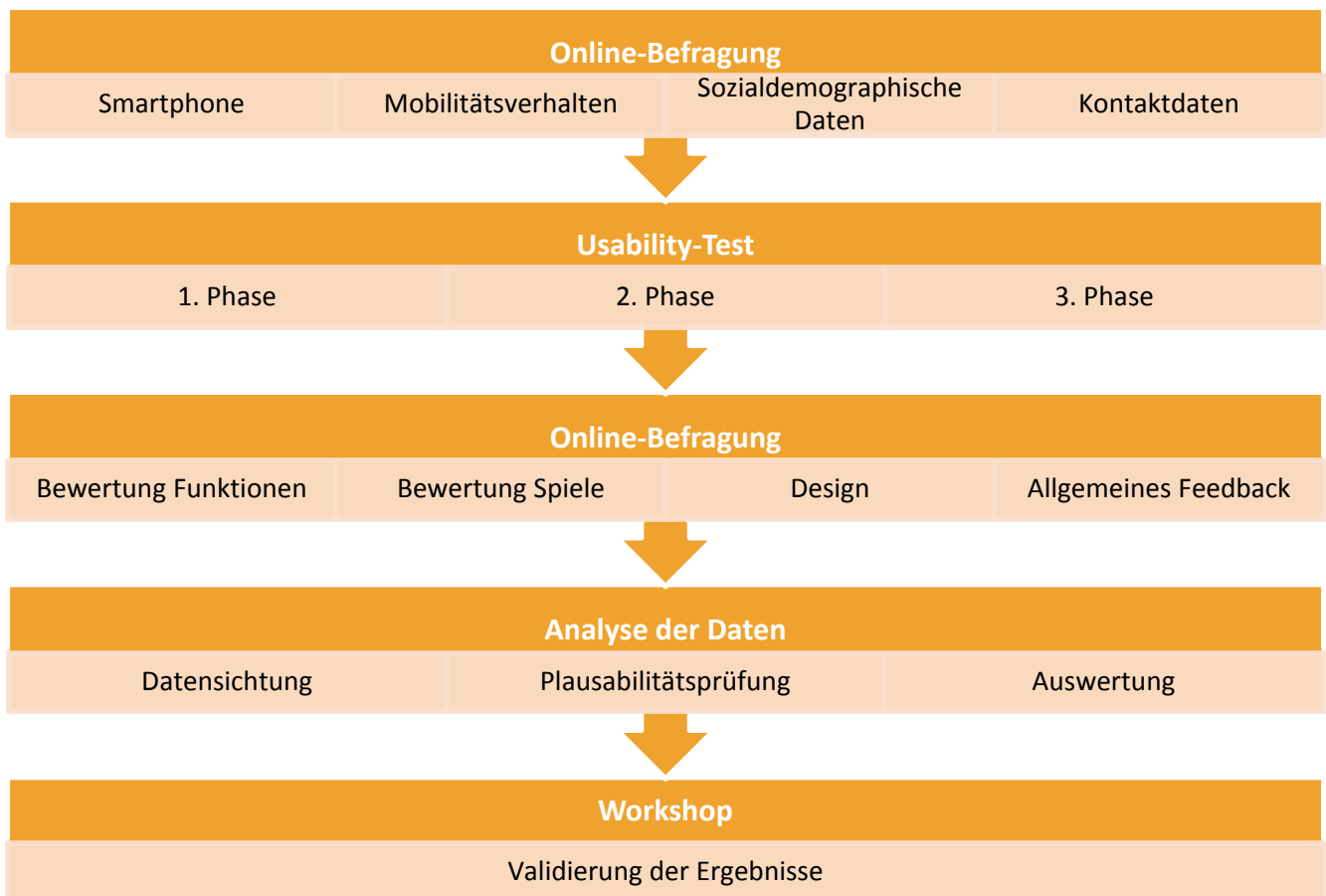


Abbildung 2: Evaluationsablauf (eigene Darstellung)

#### 3.2 Nutzerakquise

Für die Akquirierung von Test-Usern wurden Flyer auf Konferenzen verwendet, der Online-Auftritt auf Homepages und Social-Media-Kanälen wie Facebook, Twitter und Instagram, sowie die Herausgabe einer Pressemitteilung. Da das Untersuchungsgebiet die Stadt Offenbach am Main war, richtete sich der Aufruf besonders an dort ansässige Personen, als auch Pendler in das Stadtgebiet. Um an dem Forschungsprojekt

teilnehmen zu können, mussten die Personen an einer Online-Befragung teilnehmen. Diese wurde mit dem Survey-Tool „QUESTIONSTAR“ erstellt. Über einen Weblink oder QR-Code gelangten interessierte Personen zu der Befragung. Dort wurden diese zu ihrem Smartphone-Besitz, dem genutzten Betriebssystem und dem Alter des Smartphones befragt. Die Fragen dienten als Filter. Nach Rücksprache und Abstimmung mit dem Projektkonsortium war die Voraussetzung für die Teilnahme am Usability-Test der Smartphone-Besitz mit Android-Betriebssystem. Zudem sollte das verwendete Gerät/Smartphone nicht älter als drei Jahre alt sein, um die erforderliche Hardware für die Mobilitäts- und Gestenerkennung zu besitzen. Fragen über die Verkehrsmittelverfügbarkeit sollten einen Aufschluss über das Mobilitätsverhalten geben. Zum Schluss wurden soziodemographische Daten abgefragt, um Aussagen über die Verteilung von Bevölkerungsmerkmalen der Test-User treffen zu können. Die Abfrage von Name und E-Mail-Adresse diente zur weiteren Kontaktaufnahme im Projekt.

Um möglichst viele aussagefähige Daten zu generieren und potenzielle Abbrüche von Personen einzuplanen, wurde eine Anzahl von mindestens 15 Test-Usern angestrebt.

### **3.3 Usability-Test**

Wie bereits erwähnt, gliederte sich der Usability-Test in drei Phasen, je zwei Wochen. Die Gesamtdauer der Testphase betrug sechs Wochen. Dieser Zeitraum und die Aufteilung wurden vom Projektkonsortium gewählt, um so ein typisches Nutzerverhalten aufzeichnen zu können. Etwaige Einflüsse auf das Mobilitätsverhalten wie anhaltend schlechtes Wetter, Urlaub oder Krankheit von Test-Usern konnten so ggf. kompensiert werden.

Diese drei Phasen bauten aufeinander auf:

#### **1. Phase: Mobilitätstracking**

In der ersten Phase lag der Fokus der App auf der Mobilitäts-erkennung. Spielelemente waren noch kein Bestandteil. Ziel dieser Phase war die Aufnahme des aktuellen Mobilitätsverhaltens.

#### **2. Phase: Mobilitätstracking + Verkehrsmittelbepunktung**

Hauptbestandteil der zweiten Phase war weiterhin das Mobilitätstracking. Komplementiert wurde dieses durch die Bepunktung der genutzten Verkehrsmittel (vgl. Abschnitt Gamification Modul). Das eigene Mobilitätsverhalten wurde in Grafiken für den Test-User visualisiert.

#### **3. Phase: Mobilitätstracking + Verkehrsmittelbepunktung + Mini-Spiele**

Ergänzend zum Mobilitätstracking und der Verkehrsmittelbepunktung wurden in der dritten Phase Mini-Spiele in Form von Quizen, Rätseln, Puzzle oder Sport-Übungen hinzugefügt. Darüber konnten die Test-User ebenfalls Punkte sammeln.

Die Test-User wurden zu jeder neuen Phase über die hinzugefügten Inhalte informiert.

### **3.4 Validierung**

Nach der sechswöchigen Testphase erhielten die Test-User einen Link zu einer Online-Befragung. Mit dieser sollten die einzelnen App-Inhalte bewertet werden. Dazu gehörten die App-Funktionen, wie das Mobilitätstracking und die visualisierten Informationen, als auch die Gamification Module.

Die während des Feldtest gesammelten Daten wurden nach Beendigung der Erhebungsphase vom Projektkonsortium gesichtet und anschließend auf Plausibilität geprüft. Es wurden Daten zur Nutzung der App (Nutzungsintensität, Aktivitätsverfolgung), als auch zu den Tracking-Aktivitäten und den abgeschlossenen Mini-Spielen aufgezeichnet. Nachdem die Datenbasis geprüft wurde, fand die Auswertung statt.

In einem abschließenden Workshop mit den Test-Usern wurden die ausgewerteten Ergebnisse aus der Online-Befragung und der Datenbasis präsentiert und Auffälligkeiten besprochen. Hier lag der Fokus auf dem „Warum?“. Am Ende konnten so qualitative Aussagen über den Prototypen getroffen und erste wissenschaftliche Erkenntnisse zum Einfluss von Gamification auf das Mobilitätsverhalten gesammelt werden.

## 4 Technisches Gesamtkonzept der Applikation

In diesem Abschnitt werden das technische Gesamtkonzept und die Implementierung der SG4Mobility App beschrieben. Zunächst wird ein Überblick zu den Aufgaben der einzelnen Komponenten gegeben. Anschließend wird auf die Verbindungen zwischen den Komponenten eingegangen.

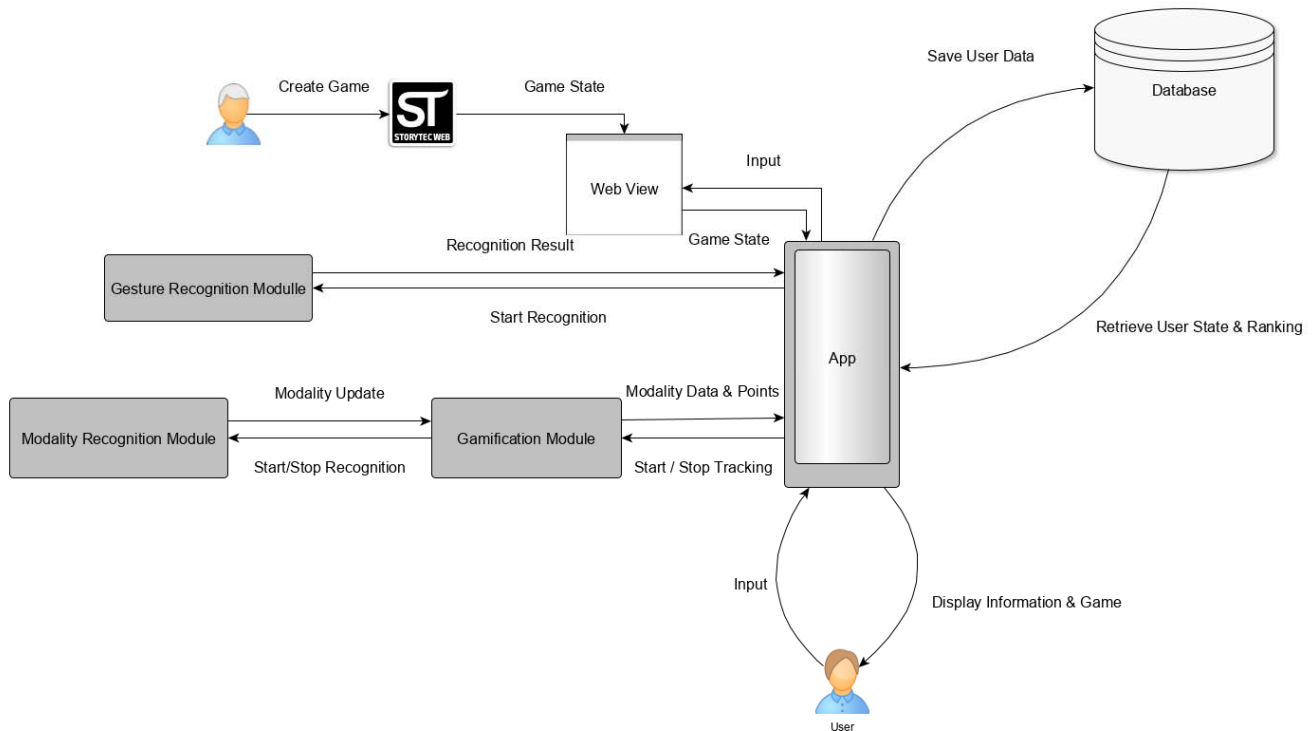


Abbildung 3: Technisches Gesamtkonzept (eigene Darstellung)

Die App ist der zentrale Punkt des Konzepts. Sie verbindet alle Module, StoryTec Web und die Datenbank in einem System miteinander und dem Nutzer (vgl. Abbildung 3). Sie erfasst die Position und verwendete Modalität des Nutzers über das Mobilitätserkennungsmodul und berechnet und bewertet die Mobilität über das Gamification Modul. Der Nutzer konnte seine erfasste Mobilität überprüfen und die berechneten Wege und Bewertungen auf dem Display einsehen. Darüber hinaus konnte er über die StoryTec Web Weltkarte die Mini-Spiele an den vorgegebenen POIs über die WebView spielen. Die Daten, die dabei erfasst wurden, wurden von dem Mobilgerät an die Projekt-Datenbank gesendet. Die Zuteilung der Daten funktionierte über die Pseudonymisierung, die Login-Daten, die die Nutzer zur Anmeldung erhielten.

### 4.1 Graphische Benutzeroberfläche

Im Folgenden werden die einzelnen Screens in Ihrer Funktion beschrieben und welche Teile der Screens in welchen Phasen sichtbar sind.

## Login Screen

Der Login Screen (siehe Abbildung 4) dient zur Anmeldung und Aktivierung der Nutzung der App. Es gibt zwei Textfelder, in denen der vergebene Nutzernamen und das dazugehörige Passwort jeweils angegeben werden kann. Dazu gibt es eine Checkbox, mit der die Nutzer den Datenschutzhinweisen zustimmen können. Diese beinhalten unter anderem Informationen über die Art der Datenerhebung während der Nutzung der App. Diesem Datenschutzhinweis muss zugestimmt werden, bevor die Anmeldung passieren kann. Nach dem möglichen Einloggen, bei Click auf den angezeigten Button, werden die Anmeldedaten an den Server gesendet und dort verifiziert. Sollte der Server der Anmeldung zustimmen, werden die Nutzerdaten hinterlegt und der Nutzer wird bei jedem Start der App automatisch eingeloggt. Die hinterlegten Anmeldedaten werden während der Verwendung der App für die Zuweisung der erhobenen Daten zu dem jeweiligem Nutzer bzw. dem Pseudonym benötigt. Der Login Screen veränderte sich nicht in den einzelnen Phasen.

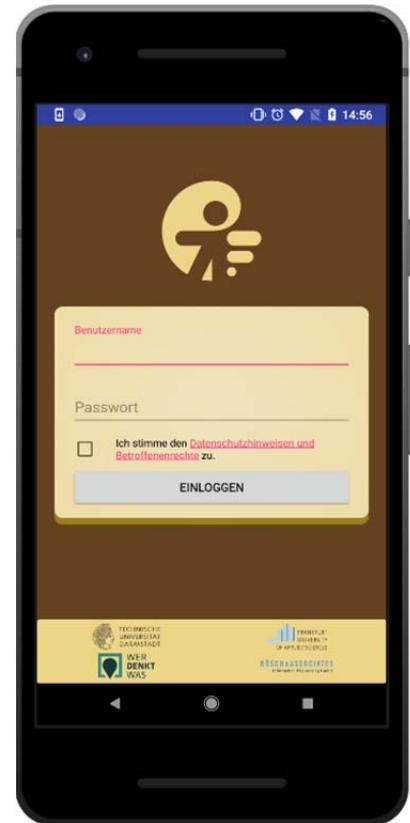


Abbildung 4: Login Screen

## Tracking Screen



Abbildung 5: Tracking Screen mit aktiviertem Tracking

Der Tracking Screen (siehe Abbildung 5) ist der einzige Screen, neben dem Login Screen, der in der Phase 1 angezeigt wurde. Er enthält neben einem Button zum Starten und Beenden des Mobilitätstrackings die Anzeige, welcher Mobilitätskontext zuletzt erkannt wurde. In Phase 2 wurde dieser Screen weiterhin angezeigt und verwies auf die unten aufgelisteten Screens, bis auf die Worldmap, die diesen Screen in Phase 3 ablöste.

### Überblick Screen

In diesem Screen (siehe Abbildung 6) werden die aufsummierten Punkte aus dem Gamification und der Spiele auf der Weltkarte und die besten Platzierungen in der Rangliste angezeigt. Dieser Screen, sowie alle folgenden Screens: Wege, Mobilität und Ranglisten, zeigen drei Reiter an, die jeweils die Werte für den Tag, die Woche und der bisherigen gesamten Laufzeit anzeigen.

In Phase 2 zeigte der Screen die CO<sub>2</sub> Einsparungen, die Mobilitätspunkte und die Plätze in den jeweiligen Ranglisten an.

In Phase 3 wurden zusätzlich die erzielten Punkte aus den Mini-Spielen und Sammelmünzen aufgelistet, die in die Mobilitätspunkte miteinfließen, sowie die drei besten Ranglistenplatzierungen aus allen Ranglisten.



Abbildung 6: Übersicht Screen mit Platzierungs- und Punkteübersicht

### Wege Screen

Der Wege Screen listet alle abgeschlossenen Wege des Nutzers in einer scrollbaren Liste auf. Zu jedem Weg wird die Start und Endzeit angegeben, die gesamte aufgezeichnete Strecke, die einzelnen Streckenabschnitte in einem Balkendiagramm veranschaulicht, sowie die CO<sub>2</sub> Einsparung und Erzeugung angegeben. Auf der linken Seite befindet sich eine Legende, die über die Symbol-Farbkombination, die Farben des Balkendiagramms den einzelnen Modalitäten zuordnet. Beim Tippen auf einen Weg, werden die Streckendetails und vorgegebenen Mobilitätspunkte angezeigt.

Dieser Screen wurde zuerst in Phase 2 angezeigt und enthielt alle Wege, die in Phase 1 aufgenommen wurden, jedoch ohne CO<sub>2</sub> Einsparungs- oder Erzeugungswerte. Der Screen enthielt keine Veränderungen in Phase 3.

### Mobilität Screen

Der Mobilität Screen (siehe Abbildung 7) dient dem Nutzer als eine Übersicht zu seiner Mobilität. Es werden die zurückgelegte Strecke, CO<sub>2</sub> Einsparungen, die am häufigsten verwendete Modalität und die Modalität mit der die weitesten Strecken zurückgelegt wurden. Zusätzlich werden die Verteilung der mit den Modalitäten zurückgelegten Strecken und die anteilige Verwendung der Modalitäten jeweils in einem Halbkreisdiagramm dargestellt. Der Screen zeigte in Phase 2 und 3 denselben Inhalt an.



Abbildung 7: Mobilität Screen mit Statistiken zu der zurückgelegten Strecke

## Rangliste Screen

Ranglisten für Mobilitätspunkte (siehe Abbildung 8), CO<sub>2</sub> Einsparung, Anzahl der abgeschlossenen Mini-Spiel Quizze oder Puzzle, Sportübungen und Sammelmünzen werden jeweils über einen Reiter ausgewählt. Die Ranglisten geben die Pseudonyme und erreichten Punkte, bzw. Anzahl der jeweiligen Nutzer nach der höchsten Punktzahl zuerst sortiert.

In Phase 2 waren die Ranglisten Mobilitätspunkte und CO<sub>2</sub> Einsparung sichtbar. In Phase 3 wurden die restlichen Ranglisten angezeigt.

## Weltkarte

Die Weltkarte (siehe Abbildung 9) war in Phase 3 aktiv und ermöglichte das Spielen und Sammeln der positionsbasierten Mini-Spielen und Sammelmünzen.

Die angezeigte Weltkarte basiert auf der Google Maps API<sup>43</sup>. Die Mini-Spiele und Sammelmünzen werden als Marker dargestellt und besitzen einen bestimmten Interaktionsbereich. Sobald der Nutzer sich in dem Interaktionsbereich, auch Geo-Fence genannt, eines Mini-Spiels befindet, kann dieser über den Touchscreen den Marker ausgewählt werden und das jeweilige Spiel gestartet werden. Sammelmünzen besitzen einen Radius und werden automatisch eingesammelt. Quizze bzw. Puzzle, Sportübungen und Sammelmünzen besitzen eindeutige Texturen, die sie als unterschiedliche Marker identifizieren.

Nachdem ein Mini-Spiel- oder Sportübungsmarker ausgewählt wurde, kann das StoryTec Web Spiel gestartet werden. Hierfür wird in einer Web View, die über die Weltkarte gelegt wird, der StoryTec Web Player mit der Spiel-ID aufgerufen. Auf der Weltkarte wird der Trackingbutton angezeigt und in einer Menüliste werden Verweise zu den oben genannten Statistikscreens aufgelistet.

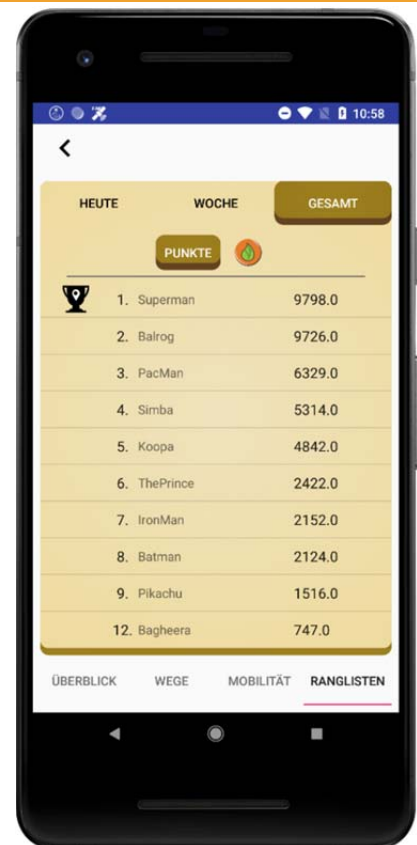


Abbildung 8: Rangliste Screen mit dem Ranking der Mobilitätspunkte

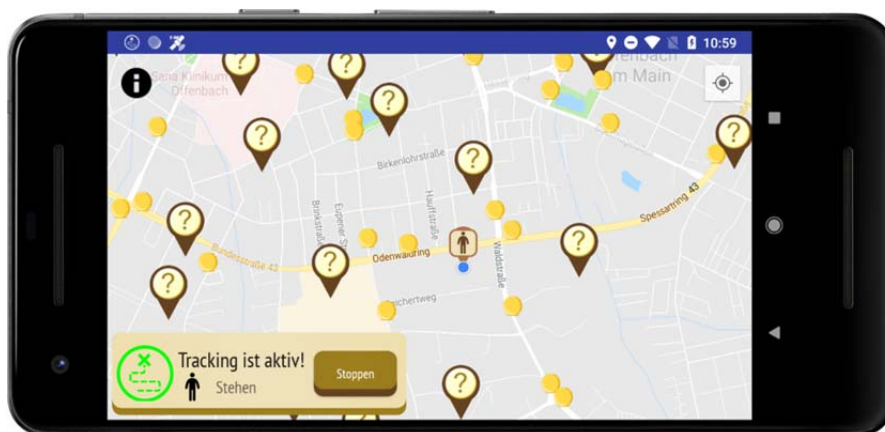


Abbildung 9: Weltkarte Screen mit Markern für die Spiele und Münzen zum Einsammeln beim Vorbeigehen

<sup>43</sup> Maps SDK Overview, o. J. Online verfügbar unter <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro?hl=de>, zuletzt geprüft am 15.11.2019

## 4.2 Kommunikation der App

In diesem Abschnitt werden die Schnittstellen und das Auftreten der Kommunikation mit den Modulen und StoryTec Web erläutert.

Sobald der Nutzer den Trackingbutton aktiviert, kommt es zu einer Kommunikation mit dem Gamification Modul, welches das Mobilitätserkennungsmodul aufruft. Dafür muss der Nutzer vorher um Erlaubnis gefragt werden, um auf die Positionsabfrage mittels GPS zugreifen zu können. Alle Daten die von dem Gamification Modul an die App gesendet werden, werden auf dem Handy in einer Datenbank gespeichert, um diese zur Darstellung der Statistiken zu verwenden, und an den Server geschickt.

Sobald ein Spiel auf der Weltkarte ausgewählt wird, wird es in der Web View gestartet. Hier wird eine Java Script Injection in das Browser Fenster gesetzt, mit der über StoryTec Web Player's Kommunikationsschnittstelle die Fortschritte der Spielblöcke abgefragt werden. Mit der StoryTec Web API können die darauffolgenden Blöcke abgefragt werden. Diese werden nach dem Beenden der Blöcke von der App gestartet. Sollte es sich um den letzten Block im Spiel handeln und der Spieler hat alle vorherigen möglichen Spielinhalte abgeschlossen, wird ihm das als erfolgreiches Abschließen des Spiels gutgeschrieben und die Web View wird beendet. Sobald ein Nutzer die Ranglisten aufruft, werden die Daten von dem Server angefragt und dargestellt.

## 4.3 Mobilitätserkennung

Mit dem Mobilitätserkennungsmodul soll der Mobilitätskontext bzw. die Mobilitätssituation des Nutzers erfasst werden. Der Mobilitätskontext besteht aus der Position, der Zeit und der Modalität, welche die Art der Fortbewegung beschreibt. Diese Daten werden als Relation kontinuierlich erfasst, um aus Ihnen im Nachhinein die Mobilität wieder darzustellen.

Die Zeit kann durch eine einfache Abfrage auf dem Mobilgerät erfasst werden. Die Position wird über die GPS Lokalisierung des Mobilgeräts erfasst. Die Erfassung der Modalität kann über Aktivitätserkennungsverfahren wie z.B. die Google Activity Recognition API<sup>44</sup> erfolgen. Diese Verfahren können jedoch einzelne motorisierte Verkehrsmittel nicht voneinander unterscheiden. Demnach sind sie nicht ausreichend für eine Erkennung des Mobilitätskontextes im öffentlichen Verkehr. Im Folgenden wird eine Erweiterung der Google Activity Recognition von Tregel, Leber und Göbel (2019)<sup>45</sup> vorgestellt, die es ermöglicht, die verschiedenen Kontexte eines motorisierten Fahrzeuges voneinander zu unterscheiden.

Das Verfahren setzt bei der Erkennung der Aktivität in einem Fahrzeug an (vgl. Abbildung 10). Sobald die verwendete Aktivitätserkennung das Signal sendet, wird die folgende Bewegung über GPS Lokalisierung erfasst und mit umliegenden öffentlichen Verkehrsrouten verglichen. Hierfür werden einerseits die Stopps des Fahrzeugs über die ermittelte Geschwindigkeit mithilfe des Accelerometer erfasst und mit Haltestellen der öffentlichen Verkehrsmittel verglichen. Die Haltestellen werden in einem 50m Radius um die momentane

---

<sup>44</sup> Activity Recognition API, o. J. Online verfügbar unter <https://developers.google.com/location-context/activity-recognition>, zuletzt geprüft am 15.11.2019

<sup>45</sup> Tregel, T., Leber, F. und Göbel, S., 2019. Incentivise me: Smartphone-based Context-detection and Adaptation for pervasive Games. ICEC-JCSG 2019 - 18th IFIP International Conference on Entertainment Computing (ICEC19), and Joint Conference on Serious Games (JCSG19). [under review]



Position von OpenStreetMap<sup>46</sup> abgefragt und Fahrplandaten zu den Haltestellen von RMV Open Data API<sup>47</sup> abgerufen. Sollte der Stopp in einem Zeitfenster von  $[-10, 2]$  Minuten mit einem Halt der öffentlichen Verkehrsmittel übereinstimmen, wird dies zugunsten der Erkennung von öffentlichen Verkehrsmitteln gewertet. Andererseits werden während der Fahrt die Positionsdaten mit Routendaten öffentlicher Verkehrsmittel von OpenStreetMap verglichen. Sollte der erfasste Pfad mit der Verkehrsrouten übereinstimmen, so wird die Modalität anhand der Verkehrsrouten ermittelt. Bei keiner Übereinstimmung wird das Privatfahrzeug als Modalität erkannt.

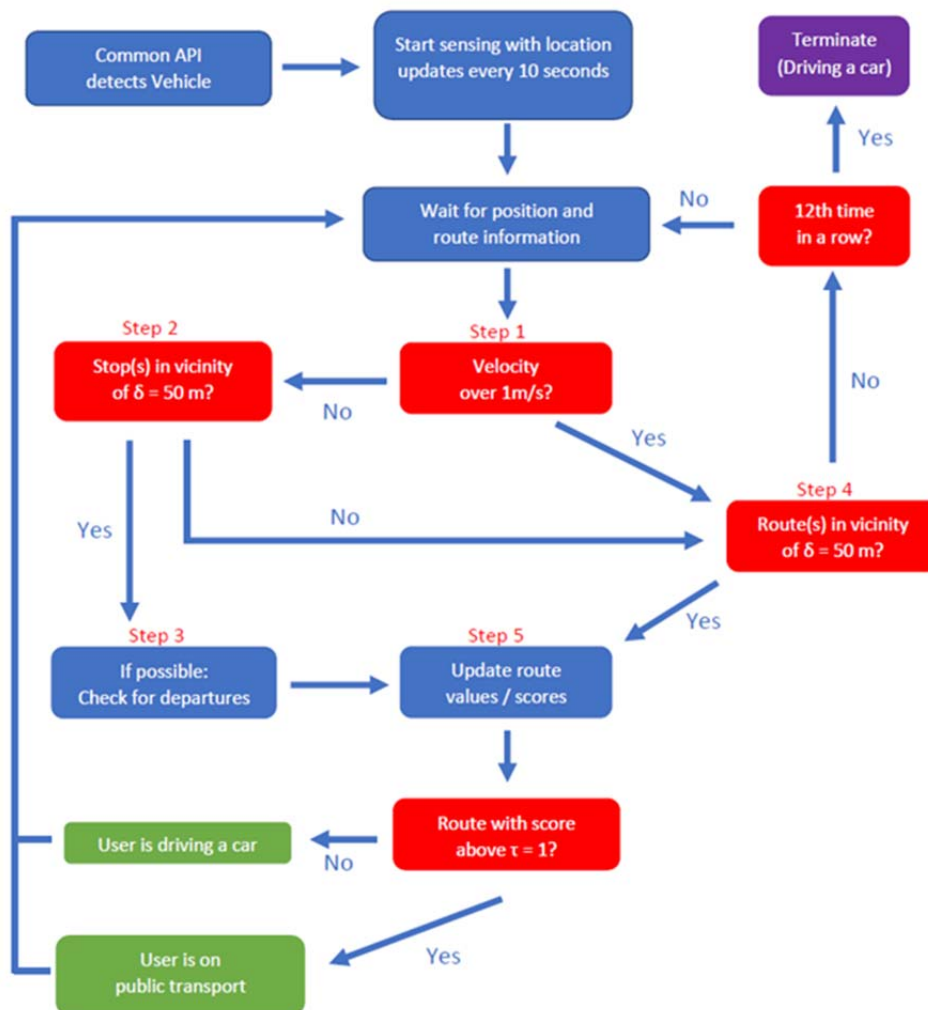


Abbildung 10: Schaubild zur Festlegung des Fahrzeugtyps anhand Routendaten des ÖV

In diesem Projekt wird die Aktivitätserkennung und die oben genannte Erweiterung genutzt, um Modalitäten im Mobilitätskontext wie zu Fuß, Fahrrad, Auto, Bus, Bahn und Straßenbahn zu erkennen. Die Erkennung der Modalität erfolgt über einen gewissen Zeitraum, mit durchschnittlich 179 Sekunden kann die Modalität nur im Nachhinein bestimmt werden. Das Modul wird während der Ermittlung der Fahrzeugart, das Signal der erkannten Aktivität solange als „in einem Fahrzeug“ ausgegeben, bis der Fahrzeugtyp anhand der Verkehrsrouten bestimmt werden konnte. Dafür werden ein konstanter Internetzugang und ein aktives GPS System benötigt.

<sup>46</sup> OpenStreetMap Website, o. J. Online verfügbar unter <https://www.openstreetmap.de>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>47</sup> RMV Open Data, o. J. Online verfügbar unter <https://opendata.rmv.de/site/start.html>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

#### 4.4 Gamification Modul

Das Gamification Modul baut auf dem Modul Modalitätserkennung auf. Es ist eine Schnittstelle zwischen diesem und der App. Nach dem Start der Bewegungsaufzeichnung, die über die Nutzereingabe in der grafischen Benutzeroberfläche gestartet wird, werden alle 5 Sekunden der Standpunkt, die Modalität und der Zeitpunkt (weiterhin als Messpunkt bezeichnet) gesammelt, um dann aus diesen einzelnen Standorten die Strecken der Nutzer zu berechnen. Während der Aufzeichnung wird jeder Messpunkt und jede erkannte Strecke der App gesendet, um ggf. später Daten erneut berechnen zu können, sofern während des Ablaufs ein Fehler passiert. Nach dem übergebenen Stopp des Nutzers, wird die gesamte Strecke der App übergeben.

#### Modalitäten

Zu den erkannten Modalitäten im Modul Modalitätserkennung werden vereinfachte Modalitätenbezeichnungen verwendet (vgl. Tabelle 2), da es zum Beispiel für die Erkennung und Bewertung der Mobilität unbedeutend ist, ob der Nutzer rennt oder geht.

Tabelle 2: Modalitätenbezeichnungen

Modalität	Bezeichnung	Bedeutung
<b>Stillstand</b>	STILL	Der Benutzer bewegt sich nicht zu Fuß oder mit dem Rad und steht still. Dieser Zustand betrifft nicht den IN_VEHICLE Zustand sofern, das Fahrzeug nicht über längeren Zeitraum steht.
<b>Gehen</b>	ON_FOOT	Der Benutzer ist gerade zu Fuß unterwegs.
<b>Rennen</b>	ON_FOOT	Der Benutzer ist gerade zu Fuß unterwegs.
<b>Fahrradfahren</b>	BIKE	Der Benutzer fährt gerade Fahrrad.
<b>Busfahren</b>	BUS	Der Benutzer ist gerade in einem Bus unterwegs.
<b>Straßenbahnfahren</b>	TRAM	Der Benutzer ist gerade in einer Straßenbahn unterwegs.
<b>Zugfahren</b>	TRAIN	Der Benutzer ist gerade in einem Zug unterwegs.
<b>Autofahren</b>	CAR	Der Benutzer ist gerade in einem Auto unterwegs.
<b>In einem Fahrzeug</b>	IN_VEHICLE	Der Benutzer befindet sich gerade in einem noch nicht erkannten Fahrzeug.
<b>Unbekannt</b>	ERROR	Die Aktivität des Nutzers konnte nicht festgestellt werden, bzw. ist dem System unbekannt.

## Streckenberechnung

Um den gesamten Weg von dem Start- und Stoppzeitpunkt zu berechnen und die umweltfreundliche Mobilität überprüfen zu können, müssen aus den einzelnen Positionspunkten und Modalitätsinformationen Strecken berechnet werden. Ein Messpunkt besteht aus dem Zeitpunkt, einer Position mit Längen- und Breitengrad und dem Modalitätsbezeichner. Sobald der erste Messpunkt empfangen wird, wird eine Strecke erstellt, bei der der Start- und Endzeitpunkt der Strecke, die genutzte Modalität, die Liste aller Positionen, die gesamte Streckenlänge in Meter, die abgeschätzte CO<sub>2</sub> Emission und CO<sub>2</sub> Reduktion gespeichert werden, im Vergleich zum Auto, und die Punkte die für den Streckenabschnitt gegeben werden. Wenn es nicht der erste Messpunkt war, wird überprüft, ob die Modalität mit der momentanen Strecke übereinstimmt. Sofern die momentan erkannte Modalität der Strecke nur auf ein generisches Fahrzeug (IN\_VEHICLE) weist, und die neue Modalität ein Fahrzeug ist, wird die Modalität der Strecke überschrieben und es wird wie eine Übereinstimmung der Modalität behandelt. Bei einer Übereinstimmung wird die Streckenlänge um die Distanz zwischen der Position des Messpunkts und der zuletzt gespeicherten Position in der Liste erweitert, die Position des Messpunktes zu der Liste hinzugefügt, das Zeitende der Strecke mit dem Zeitpunkt des Messpunkts überschrieben und die CO<sub>2</sub> Emission und Reduktion, sowie die Punkte Neuberechnet. Wenn es sich um eine andere Modalität handelt, wird die Strecke im Weg gespeichert und eine neue Strecke erstellt, die die neue Modalität enthält. Der Weg enthält Informationen zu dem Start und Stoppzeitpunkt, den Positionen an den Zeitpunkten und eine Liste von Strecken.

## Umstiege

Für die Förderung von multimodalem Verhalten, muss erkannt werden, ob ein Umstieg von einem Fahrzeug zu einem anderen Fahrzeug stattgefunden hat. Dazu wird bei einer neu erstellten Strecke mit einer Modalität im Fahrzeug überprüft, ob es mindestens eine vorherige Strecke zu Fuß oder mit dem Fahrrad gab, nachdem wieder eine Strecke in einem Fahrzeug abgeschlossen wurde. Die Strecke zu Fuß oder mit dem Fahrrad Rad muss für den Umstieg eine Dauer von mindestens 2 Minuten haben und darf nicht länger, als eine Strecke vom Startpunkt zum Endpunkt, von mehr als 50 Metern aufweisen. Dazu müssen mindestens drei Strecken bereits erstellt, und zwei davon abgeschlossen sein.

## Gamification

Zur Förderung von dem umweltfreundlichen Mobilitätsverhalten, wird die erkannte Mobilität bewertet. Dazu werden die Strecken anhand ihres Distanzwertes und der Modalität bewertet. Werte wie CO<sub>2</sub> Emission, CO<sub>2</sub> Reduktion im Vergleich zur Emission von der Strecke mit dem Auto und Mobilitätspunkte werden berechnet. Die CO<sub>2</sub> Emission und Reduktion werden anhand der durchschnittlichen Emissionen von Verkehrsmittel aus der Statistik vom Umweltbundesamt für 2017<sup>48</sup> berechnet (siehe Abbildung 11, Reihe Treibhausgase).

---

<sup>48</sup> Umwelt Bundesamt. Emissionsdaten, 2019. Online verfügbar unter [https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich\\_personenverkehr](https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm/emissionsdaten#verkehrsmittelvergleich_personenverkehr), zuletzt geprüft am 15.11.2019.

Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr - Bezugsjahr 2017								
		Pkw	Reisebus <sup>1</sup>	Eisenbahn, Fernverkehr	Flugzeug	Linienbus	Eisenbahn, Nahverkehr	Straßen-, Stadt- und U-Bahn
Treibhausgase <sup>2</sup>	g/Pkm	139	32	36 <sup>3</sup>	201 <sup>4</sup>	75	60	64
Kohlenmonoxid	g/Pkm	0,60	0,04	0,02	0,13	0,05	0,04	0,04
Flüchtige Kohlenwasserstoffe <sup>5</sup>	g/Pkm	0,14	0,01	0,00	0,04	0,03	0,01	0,00
Stickoxide	g/Pkm	0,34	0,17	0,04	0,51	0,28	0,18	0,06
Feinstaub <sup>6</sup>	g/Pkm	0,004	0,003	0,000	0,004	0,002	0,002	0,000
Auslastung		1,5 Pers./Pkw	60%	56%	82%	21%	27%	19%

g/Pkm = Gramm pro Personenkilometer; l/100Pkm = Liter pro 100 Personenkilometer

Quelle: TREMOD 5.82  
Emissionen aus Bereitstellung und Umwandlung der Energieträger in Strom, Benzin, Diesel und Kerosin sind berücksichtigt.  
Umweltbundesamt 13.11.2018

<sup>1</sup> Die Kategorie „Reisebus“ umfasst Busse im Gelegenheitsverkehr (z.B. für Klassen- oder Kaffeefahrten) und Fernlinienbusse. Differenzierte Daten für diese beiden Unterkategorien stehen für das Jahr 2017 nicht zur Verfügung.

<sup>2</sup> CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> und N<sub>2</sub>O angegeben in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

<sup>3</sup> Die in der Tabelle ausgewiesenen Emissionsfaktoren für die Bahn basieren auf Angaben zum durchschnittlichen Strom-Mix in Deutschland. Emissionsfaktoren, die auf unternehmens- oder sektorbezogenen Strombezügen basieren (siehe z.B. den „Umweltmobilcheck“ der Deutschen Bahn AG), weichen daher von den in der Tabelle dargestellten Werten ab.

<sup>4</sup> unter Berücksichtigung aller klimawirksamen Effekte des Flugverkehrs (EWF = Emission Weighting Factor = 2)

<sup>5</sup> ohne Methan

<sup>6</sup> ohne Abrrieb

**Abbildung 11: Vergleich der durchschnittlichen Emissionen einzelner Verkehrsmittel im Personenverkehr – Bezugsjahr 2017**

Dazu werden die Distanzen in Kilometer umgerechnet und mit dem jeweiligen Modalitäts-Wert Treibhausgase in g/Personenkilometer aus der Tabelle berechnet. Die daraus folgenden Emissionswerte werden von den Emissionswerten für die Strecke im Auto abgezogen, um die Emissionsreduktion festzustellen. Für die Modalitäten ON FOOT und BIKE sind die Emissionswerte automatisch 0 und die Reduktionen die Emissionswerte des Autos. Für CAR und IN\_VEHICLE werden dieselben Werte berechnet. Hier sind es die vollen Emissionswerte und keine Reduktionswerte.

Für die Distanz einer Strecke d in Kilometer, eine Modalität m und der Funktion lookup (Modalität m), die den Emissionswert für die jeweilige Modalität bestimmt, wird die Emission E<sub>d, m</sub> in Gramm wie folgt berechnet:

$$E_{d,m} = \text{lookup}(m) * d$$

Die Emissionsreduktion R<sub>d, m</sub> lässt sich ähnlich berechnen:

$$R_{d,m} = E_{d,CAR} - E_{d,m}$$

Die Punkte für die Mobilität werden auch anhand von Faktoren berechnet (vgl. Tabelle 3). Dabei wird einerseits die Strecke bepunktet und andererseits die verwendete Modalität. Ähnlich wie die Emissionswerte werden die Modalitätspunkte linear durch die Distanz berechnet. Um die Distanz zu werten, muss eine Bewertungsmetrik gefunden werden, die Autofahrer nicht zu sehr benachteiligt, um sie nicht schon bei der Aufnahme ihrer Daten davon abzuschrecken, das System zu nutzen. Die Staffelung der Faktoren wird anhand der Umweltfreundlichkeit und der geschätzten Fahrtstrecke festgelegt.

Tabelle 3: Modalitäten und angesetzte Faktoren

Modalität	Faktor
ON_FOOT	20
BIKE	20
BUS	10
TRAM	10
TRAIN	10
CAR	4
IN_VEHICLE	4
Sonstiges/Unbekannt	0

Für die Distanz einer Strecke  $d$  in Kilometer, eine Modalität  $m$  und der Funktion  $lookup$  (Modalität  $m$ ), die den Punktefaktor für die jeweilige Modalität nach der obigen Tabelle bestimmt, werden die Mobilitätspunkte wie folgt berechnet:

$$Distanzpunkte_{d,m} = d$$

$$Modalitätspunkte_{d,m} = d * lookup(m)$$

$$Mobilitätspunkte_{d,m} = Distanzpunkte_{d,m} + Modalitätspunkte_{d,m} = (1 + lookup(m)) * d$$

Damit speziell die Fahrrad- und Autofahrer, die während der Fahrt keine Mini-Spiele spielen können auch von der Weltkarte profitieren, gibt es zusätzliche Marker (=Sammelmünzen), die sie abfahren können, um so zusätzliche Punkte einsammeln zu können. Die Sammelmünzen werden wie die POIs abhängig von der Modalität angezeigt. Sie besitzen keinen Geo-Fence und werden automatisch eingesammelt, sobald ein Nutzer in ihre Nähe kommt. Für das Einsammeln von Sammelmünzen erhalten Spieler 5 Punkte.

Die Spielwelt soll dem Nutzer neben seiner Position, noch seine Umgebung in dem Zielgebiet präsentieren und besondere Orte und Sehenswürdigkeiten hervorheben. Die Umgebung wird in der Spielwelt als Karte abgebildet und besondere Orte, so genannte Points-of-Interest (POI) werden darauf mit herausstechenden Markierungen dargestellt. Die POIs werden über Mini-Spiele spielerisch vorgestellt und ihre kulturelle Bedeutung wird dargestellt. Durch die Verbindung der ortsbasierten Mini-Spiele mit den POIs auf der Karte, kann durch eine räumliche Abhängigkeit der Position die Mobilität gefördert werden. Durch eine Restriktion der Mini-Spiele durch weitere Abhängigkeiten, wie der verwendeten Modalität, kann die Verfügbarkeit der Mini-Spiele ein weiterer Trigger sein, um Pendler zu motivieren, umweltfreundlicher unterwegs zu sein.

Die Mini-Spiele werden an die POIs verknüpft. Dazu werden Bilder und Informationen über die Sehenswürdigkeiten, Orte oder Umgebungen gesammelt. Zusätzlich werden sie in verschiedenen Spielen angeknüpft, um so einen Wiedererkennungswert und durch Wiederholen des entdeckten und ggf. Gelernten zu verfestigen, oder die Motivation, das bisher Unbekannte zu entdecken und zu stärken. Dafür werden POIs

zusätzlich zu ihrem Standort mit sogenannten Geo-Fences, also Koordinaten Zäunen angezeigt. So können die POIs nicht nur über einen Radialen Abstand erreicht werden, sondern können der Umgebung angepasst werden.

Mini-Spiele werden anhand ihres Inhalts, also der Anzahl an Spiel-Elementen die pro POI vorkommen bewertet. Dabei gibt ein Spielelement 10 Punkte, dass 500 m Fußweg entspricht. Sportliche Übungen werden mit jeweils 20 Punkten pro erfolgreich abgeschlossenes Übungsset belohnt, was 1 km Fußweg entspricht. So erhält ein Spieler bei einem POI mit drei Spielelementen 30 Punkte und bei einem POI mit Sportübungen mit drei Wiederholungen 60 Punkte. Die Sportspiele werden höher bewertet, damit Spieler einen höheren Anreiz haben, sie einerseits zu erreichen und andererseits sie erfolgreich abzuschließen.

Nach dem Punkte-Prinzip der Sliced Serious Games, werden die Punkte aus der Mobilität, hier die Umweltfreundlichkeit und Verwendung der App zur Datenaufnahme, und die Punkte aus den Mini-Spielen in einem Wert zusammengefasst. Nutzer mit ähnlichem Mobilitätsverhalten sollen sich durch ihr Spielverhalten von anderen abgrenzen können.

In dem Projekt werden vier unterschiedliche Punktmetriken erfasst:

- Mobilität,
- Umweltfreundlichkeit (Emissionseinsparungen),
- Mini-Spiele wie Rätsel bzw. Quizze und Sportübungen,
- Sammelmünzen

Bei dem Zusammenfügen wird die Bewertung der Umweltfreundlichkeit über Emissionsreduktion außer Acht gelassen, da die Bepunktung deren in die Mobilitätspunkte miteinfließt. Für die Gesamtpunktzahl ergibt sich dadurch die Formel:

*Mobilitätspunkte + Spielepunkte + Übungsspielepunkte + Sammelmünzenpunkte = Gesamtpunkte*

Mit den berechneten Punkten und der summierten Gesamtpunktzahl werden die Spieler miteinander verglichen. Um Spieler anzuspornen, die App weiter zu nutzen und aus den vielen Aspekten ihre bevorzugte Disziplin zu finden, wird das Leaderboard in drei der vier Punktemetriken und der Gesamtpunktzahl aufgeteilt. Die Mobilitätspunkte entfallen und werden durch die Gesamtpunktzahl abgebildet. Der Fokus liegt im Vergleich dieses Wertes. Spieler können sich jedoch mit anderen Spielern in den Rubriken der Umweltfreundlichkeit, den Spiel-Typen und den Sammelmünzen vergleichen.

Die Punkte werden täglich und wöchentlich gespeichert und zusätzlich zu den gesammelten Punkten der gesamten Laufzeit in täglichen, wöchentlichen und andauernden Ranglisten angegeben. Gleichzeitig zeigt es länger Spielenden oder umweltbewussteren Spielern, dass jeder Tag aufs Neue zählt, und so die Motivation der Nutzung der App und die umweltfreundliche Mobilität täglich, und für etwas größere Ziele wöchentlich, forciert.

Zusätzlich soll jedem Spieler seine besten Platzierungen angezeigt werden, damit dieser seine Stärken einsehen kann und gewillt ist, diese auszubauen oder zu erhalten.

## Schnittstellen

Dieses Modul steht zwischen Modalitätserkennung und der App. Es hat zwei Interfaces – GamifiedMobility und GamifiedMobilityListener – zur Verwendung mit der App. Über diese kann die Modalitätserkennung und -bewertung gestartet bzw. gestoppt und die Daten empfangen werden. GamifiedMobility ermöglicht Start, Stopp und einen GamifiedMobilityListener hinzufügen. GamifiedMobilityListener erhalten während der Laufzeit asynchron Mobilitätsmesspunkte, Strecken und Umstiege. Nachdem die GamifiedMobility mit dem Befehl Stopp angehalten wird, wird der gesamte Weg an alle GamifiedMobilityListener gesendet.

Das Gamificationmodul empfängt die momentane Modalität über die PublicTransportDetection Instanz, die alle 5 Sekunden erneut abgefragt wird.

## 4.5 Gestenerkennung

Das Gestenerkennungsmodul wird in der App dazu eingesetzt, zu erkennen, ob der Spieler die an einer jeweiligen Location angedachte körperliche Übung (Ganzkörpergeste) tatsächlich durchführt.

### Datenaufnahme

Sobald es von der App gestartet wird, nimmt das Gestenerkennungsmodul für einen fixen Zeitrahmen (hier festgelegt auf 20 Sekunden) Bewegungsdaten des Smartphones auf. Diese bestehen aus Beschleunigungswerten (in  $m/s^2$ ), aufgenommen mit dem Accelerometer, Rotationsgeschwindigkeiten (in  $^\circ/s$ ), aufgenommen mit dem Gyroskop und Orientierungswerten, die mit Hilfe des Magnetometers bestimmt werden. Die Sensoren arbeiten mit einer Abtastfrequenz von 100Hz, d.h. es werden jeweils 100 Werte für jede der drei Achsen pro Sekunde aufgenommen, bzw. mit der maximal vom Smartphone unterstützten Abtastfrequenz, falls dieses keine 100Hz unterstützt. Für eine einzelne Aufnahme von 20 Sekunden werden somit insgesamt bis zu 18.000 einzelne Werte aufgenommen, aus denen man die Beschleunigungen und Rotationen entlang der drei Achsen zu verschiedenen Zeitpunkten ablesen kann.

### Gestenbestimmung

Zur eigentlichen Bestimmung, ob und welche Gesten durchgeführt wurden, werden Klassifikationsverfahren aus dem Bereich des Machine Learnings eingesetzt. Diese basieren darauf, dass ein Algorithmus mit Hilfe von Trainingsdaten, bestehend aus Samples mit Features und Labels, versucht zu „lernen“, bei welchen Features welches Label das korrekte ist. Samples sind in diesem Fall einzelne Aufnahmen von Gesten, bei denen bekannt ist, welche Geste durchgeführt wurde bzw. ob eine Geste durchgeführt wurde (Label). Die Features sind Kennzahlen, die aus den Rohwerten der einzelnen Samples berechnet werden und Eigenschaften der Geste darstellen sollen, die eine klare Unterscheidung dieser ermöglichen. Das „Gelernte“ wird in Form eines Modells formuliert, das dann genutzt werden kann, um für neue Aufnahmen anhand Ihrer Features zu bestimmen, welches Label jeweils zu dieser gehört (Inferenz), d.h. welche Geste durchgeführt wurde.

Das in diesem Projekt eingesetzte Modell ist ein sogenannter Random Forest, ein Klassifikationsverfahren, bestehend aus einer Menge von unkorrelierten Entscheidungsbäumen, die während des Trainings anhand der Features der Trainingsdaten gebildet werden. Wurden während des Spielens die Bewegungsdaten einer Geste

aufgenommen, werden für diese dieselben Features wie bei den Trainingsdaten berechnet. Anhand dieser Features bestimmt dann jeder der Entscheidungsbäume des Modells eine Geste, für die er „glaubt“, dass die Features zu dieser gehören. Die letztendlich erkannte Geste ist dann die, die von der größten Anzahl an Entscheidungsbäumen vorgeschlagen wird. Die Möglichkeit, dass gar keine der vorgegebenen Gesten durchgeführt wurde, wird dadurch umgesetzt, dass es ein Label „keine Geste“ gibt, dessen Trainingsdaten aus den Aufnahmen einer untätigen Person bestehen.

#### 4.6 Features

Die im Projekt eingesetzten Features sind größtenteils relativ einfache statistische Kennzahlen wie Durchschnitt, Standardabweichung und der Wertebereich (höchster Wert minus niedrigsten Wert), die für jeden Sensortyp und jede Achse einzeln berechnet werden. Zusätzlich wird die Gesamtaufnahme in zehn gleichverteilte Abschnitte eingeteilt und für jeden Abschnitt wird die durchschnittliche Beschleunigung berechnet sowie gezählt, wie viele Werte über einem bestimmten Schwellwert liegen, um zu bestimmen, wie aktiv der Spieler über den gesamten Zeitraum der Aufnahme war.

#### Gesten

Die erkennbaren Gesten werden über das Modell definiert, das eingesetzt wird. Das eingesetzte Modell unterstützt die acht Gesten in Tabelle 4 (jeweils 20 Sekunden Durchführdauer, mit dem Smartphone in beliebiger Hand, wenn nicht angegeben).

Tabelle 4: Definierte Gesten

Geste	Beschreibung
<b>circleleft</b>	Smartphone in der linken Hand über den Kopf kreisen
<b>circleright</b>	Smartphone in der rechten Hand über den Kopf kreisen
<b>hooks</b>	„Hooks“, d.h. Schläge mit Drehbewegung
<b>punches</b>	„Punches“, d.h. Schläge ohne Drehbewegung
<b>sidejumps</b>	Abwechselndes hin- und herspringen zwischen linkem und rechtem Bein
<b>lunges</b>	„Lunges“ abwechselnd nach links und rechts vorne
<b>squatrepeat</b>	Wiederholte Kniebeuge
<b>Idle</b>	Keine bzw. geringe Bewegung

Die Gesten wurden anhand dessen ausgewählt, wie gut sie sich mit ausschließlich den Sensoren eines Smartphones voneinander unterscheiden lassen und ob sie für alle Spieler praktisch an öffentlichen Orten durchführbar sind. Um eine Unterscheidbarkeit zu garantieren, wurden keine Gesten ausgewählt, die sich bei den anfallenden Daten sehr ähnlich sind, z.B. verschiedene Arten von Lunges. Um eine Durchführbarkeit an öffentlichen Orten sicherzustellen, wurden keine Gesten gewählt, die besonderes Equipment benötigen oder voraussichtlich zu schwer für einen signifikanten Teil der Spieler sind.



## 4.7 StoryTec Web

Für die Entwicklung der Anwendung wird ein bestehendes Autorenwerkzeug namens StoryTec Web<sup>49</sup> erweitert. StoryTec Web ist darauf ausgerichtet, einfache Autorenwerkzeuge für die Erstellung von Serious Games bereitzustellen. Es ist ein HTML5 basierter Editor und Player, der im Prinzip des „What you see is what you get“ Autorenwerkzeug funktioniert. Der Editor ist in TypeScript<sup>50</sup> geschrieben und verwendet das React<sup>51</sup> Framework. Der Player ist in haxe<sup>52</sup> geschrieben und verwendet die Game Engine Kha<sup>53</sup>.

StoryTec Web bietet eine leicht verständliche Benutzeroberfläche, die auch für Benutzer mit geringer Computer- oder Programmiererfahrung zugänglich ist. StoryTec Web ermöglicht die Erstellung einfacher Spiele, die im Rahmen des Projekts verwendet werden.

StoryTec Web besteht aus mehreren Spielkomponenten, den sogenannten Bausteinen, die über Transitionen mit anderen Bausteinen verknüpft werden können. So kann zum Beispiel auf das erfolgreiche Beenden eines Bausteins ein anderer Baustein folgen, als auf das erfolglose. Bausteine können verwendet werden, um Informationen zu vermitteln (mit TextAndImage-Block, oder Video) oder einfache vorgefertigte Spiele zu erstellen (z.B. Puzzle- und ErrorImage-Blöcke). Mittels Storytelling kann durch gute Verknüpfungen von Blöcken und informative Inhalte unterhaltsame, interaktive lehrende Spiele, eben Serious Games, erschaffen werden.

### Erweiterung im Projekt

Das Autorentool wird um zwei weitere Bausteine erweitert. Einerseits um die Weltkarte, die es ermöglicht, ein sogenanntes Location-Based-Spiel zu erstellen, also ein Spiel, das auf einem realen Standort basiert. Spieler müssen sich in der Nähe von festgelegten Orten oder Attraktionen befinden, um mit dem Spiel interagieren zu können. Andererseits wurde das Autorentool um den Sportübungsbaustein erweitert, der Sportübungen mittels der Gestenerkennung aufnimmt und bewertet.

### Baustein: Weltkarte

Die Weltkarte (siehe Abbildung 12) basiert auf der Grundlage von der Masterthesis von Jason Christian an der TU Darmstadt und wird im Rahmen des Projekts erweitert. Sie ist im Editor mit Google Maps<sup>54</sup> umgesetzt. Jeder platzierte Point-of-Interest (POI) kann mit einem beliebigen StoryTec Web-Baustein verbunden werden. Durch die Transitionen und Verbindungsmöglichkeiten, die StoryTec Web zwischen den Blöcken schafft, können hier ganze Spiele pro POI erstellt werden. Jeder POI gibt an, welche Punkte pro Spielabschluss erzielt werden können und unterscheidet zwischen Puzzle/Quiz und Sportübungsspiele. Zusätzlich können den POIs

---

<sup>49</sup> StoryTec Web Website, o. J. Online verfügbar unter <https://editor.storytec.de>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>50</sup> TypeScript Website, o. J. Online verfügbar unter <https://www.typescriptlang.org>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>51</sup> React Website, o. J. Online verfügbar unter <https://reactjs.org>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>52</sup> Haxe 4 Website, o. J. Online verfügbar unter <https://haxe.org/>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>53</sup> GitHub Website, o.J. Online verfügbar unter <https://github.com/Kode/Kha/wiki>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

<sup>54</sup> Google Maps, o. J. Online verfügbar unter <https://www.google.de/maps>, zuletzt geprüft am 15.11.2019.

Werte wie Modalitätsfilter und Geo-Fences übermittelt werden. Mit dem Modalitätsfilter können Spiele nur während zuvor festgelegter und zur Spielzeit erkannter Modalitäten gestartet werden. Der Geo-Fence lässt das Spiel in einem bestimmten polygonalen Bereich starten, anstatt es nur um einen bestimmten Radius um die Position des POI ausführen zu lassen.

Die Kommunikation zwischen der App und StoryTec Web's HTML5 Spiele wird durch eine JavaScript-Objekt-Injektion ermöglicht. Diese Injektion ermöglicht eine einseitige Signalisierung und Kommunikation von StoryTec Web zur Anwendung.

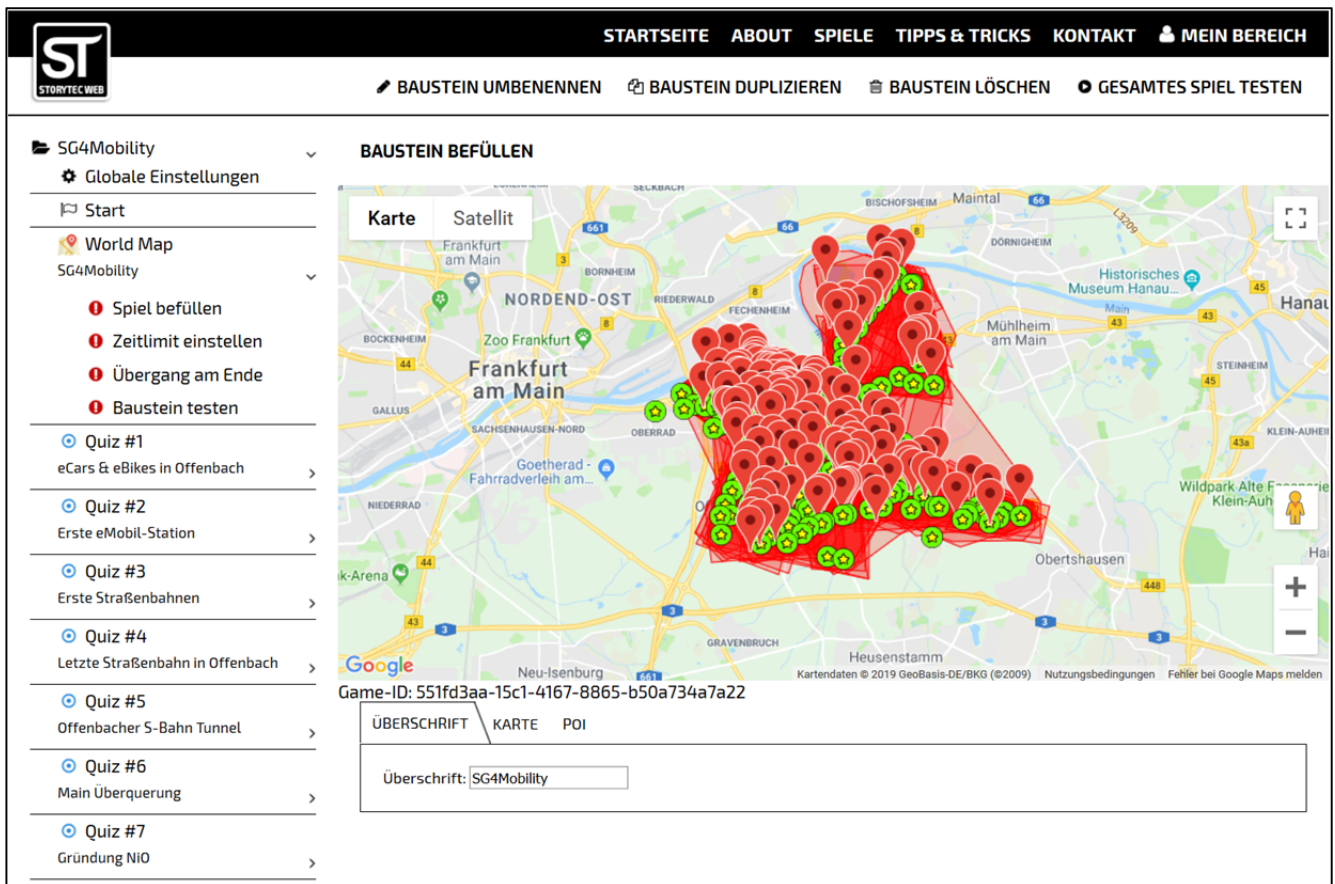


Abbildung 12: StoryTec Web Weltkarte mit Spielen im Standort Offenbach

### Baustein: Sportübung

Der Sportübungsbaustein transformiert die Gestenerkennung zu einem Spiel. Der Baustein erwartet die Eingabe der Übungsnummer. Um die Gestenerkennung beim Abspielen des Bausteins zu starten, muss der Spieler den Button im Bausteinfenster aktivieren.

### Fortschrittsbalken

Für die Kommunikation des Zustands des Mini-Spiels zwischen dem StoryTec Web Player und der App, als auch zur Veranschaulichung des Fortschritts der Blöcke dem Spieler gegenüber, wurden die Puzzle-Blöcke um die Anzeige eines Fortschrittsbalkens erweitert. Der Balken spannt sich vom unteren linken Rand des Bausteinfensters bis zum unteren rechten. Je nach Block bzw. Puzzle-Art werden hier unterschiedliche Zustände als Fortschritt gewertet.

## Schnittstelle

StoryTec Web wird von der App über eine Webview geöffnet. Die Kommunikation zwischen dem StoryTec Web HTML5 Player und der App findet mittels JavaScript statt. Hierbei werden Aktionen wie Spielstart, Spielbeendung oder Spielfortschritt vom Player an die App übermittelt. Dazu wird die Funktion in SWConnection.hx, um die Methode „notifyApp“ erweitert, die Nachrichten im JSON-Format über das android.js Skript zur App sendet. Die folgende Tabelle beinhaltet die einzelnen Nachrichten.

Tabelle 5: Nachrichten im JSON-Format über das android.js Skript

Beschreibung	Nachricht
Bevor der Player initialisiert wird.	{type: „loading“, phase: „started“}
Nachdem der Player initialisiert wurde.	{type: „loading“, phase: „finished“}
Wenn der erste Block initialisiert wurde.	{type: „start“, name: block.name, id: block.id}
Wenn der nächste Block geladen wird.	{type: „next“}
Wenn der nächste Block geladen wurde.	{type: „start“, name: block.name, id: block.id}
Wenn das Spiel abgeschlossen wurde. D.h. es gibt keine weiteren Blöcke, die auf den momentanen folgen.	{type: „end“}
<b>Benachrichtigungen zum Fortschritt der einzelnen Spiele/Blöcke:</b>	
<b>Association</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'Association', state: bool, correctlyPlaced: int, total: int}
<b>ErrorImages</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'ErrorImages', state: bool, revealed: int, total: int}
<b>HiddenObjects</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'HiddenObjects', state: bool, revealed: int, total: int}
<b>Memory</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'Memory', state: bool, solvedCards: int, totalCards: int}
<b>MultipleChoice</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'MultipleChoice', state: bool, correctAnswer: int, total: int}
<b>Puzzle</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'Puzzle', state: bool, correctParts: int, totalParts: int}
<b>SingleChoice</b>	{type: „gamecheck“, gameid: string, gametype: 'SingleChoice', state: bool}
<b>Übung</b>	{type: „exercise“, func: „start“, exerciseType : int}

Die Verbindung vom StoryTec Web Player zum Gestenerkennungsmodul findet über die App statt. Dazu sendet der Player der App das Signal zum Starten der Gestenerkennung für die ausgewählte Übung. Die Ergebnisse der Gestenerkennung aus dem Modul werden dann an die App zurückgesendet und dort angezeigt. Der Spieler muss dann im StoryTec Web Player das Spiel manuell abschließen.

#### 4.8 Datenbank

Für die Datenbank wird ein Microsoft SQL-Server eingesetzt. Die Datenbank (vgl. Abbildung 13) enthält alle bereitgestellten Stammdaten wie Modalitäten, Spiel-Typen, Feedback, Ranglisten-Typen und Daten-Filter. Alle an den Server gesendeten Daten werden vollständig und unverändert in einer zentralen Staging-Tabelle abgelegt. Sollte es bei der Verarbeitung bzw. Transformation der Daten zu Fehlern kommen, können die Transformationen nachträglich neu vorgenommen und die Daten erneut ausgewertet werden. Daten werden im JSON-Format von der App gesendet. In einem REST-Aufruf können direkt mehrere Datensätze an den Server übertragen werden. Diese werden nach dem Abgleich von Username und Passwort entsprechend der Anfrage verarbeitet. Daten werden dabei zu keinem Zeitpunkt gelöscht.

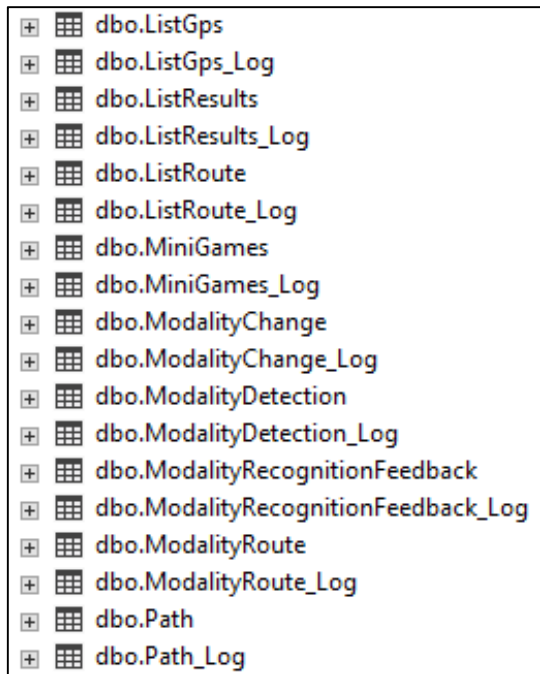


Abbildung 13: Auszug aus der Datenbank

Jegliche Aktion wird in der Datenbank mit Hilfe von Audit-Trails geloggt, unabhängig davon ob Daten eingefügt, geändert oder gelöscht werden. Jede einzelne Tabelle hat eine eigene Log-Tabelle, in der alle Transaktionen nachvollziehbar aufgezeichnet werden (vgl. Abbildung 14).

Eine Rekonstruktion der ursprünglichen Daten zu einem bestimmten Zeitpunkt ist damit jederzeit möglich. Darüber hinaus werden in einer zentralen Log-Tabelle alle Anfragen an den Server und die entsprechende Rückantwort an die App gespeichert.

Id	TableId	UserId	Action	ReturnValue	Date
497	222	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:53:44.690
498	223	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:53:59.730
499	224	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:54:14.740
500	225	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:54:24.830
501	226	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:54:39.713
502	227	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:54:49.740
503	228	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:55:04.773
504	229	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:55:14.707
505	230	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:55:29.747
506	231	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:55:39.720
507	232	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:55:54.743
508	233	TestUse...	ModalityDetection	RETVALUE: OK	2019-05-03 11:56:04.760

Abbildung 14: Aufbau Log-Tabelle

Die Log-Tabellen ermöglichen damit nicht nur, dass alle Änderungen nachvollziehbar sind, sondern auch, dass der Zustand einer Tabelle zu jedem Zeitpunkt nachträglich rekonstruierbar ist.

Zusätzlich zu der durch eine Anfrage eines Clients ausgelösten Aktion gibt es zeitlich geplante Events. Jeden Tag um 3:00 Uhr werden die täglichen Statistiken zurückgesetzt und der aktuelle Status in einer Backup-Tabelle abgelegt. Dieser Prozess findet für die wöchentlichen Statistiken an jedem Montag um 3:00 Uhr statt.

### Verbindung zur App

Die Kommunikation zwischen App (Client) und Datenbank (Server) findet über eine REST-Schnittstelle (Representational State Transfer) ausschließlich verschlüsselt (TLS/SSL – Transport Layer Security/Secure Socket Layer) statt. Bei der Kommunikation müssen jeweils die vollständigen Zugangsdaten mitgesendet werden, damit die Anfrage einem bestimmten User zugeordnet werden kann. Weitere Daten wie z.B. die IP-Adresse zur Identifikation des Clients werden weder gespeichert noch abgefragt, somit besteht lediglich die Möglichkeit, über die Zugangsdaten einen Nutzer eindeutig zu identifizieren. Die App sendet Interaktionen, GPS-Koordinaten, Modalitätsdaten, Informationen zu genutzten Spielen und Feedback zur automatischen Gesten- und Modalitätserkennung an den Server (siehe Abbildung 15).

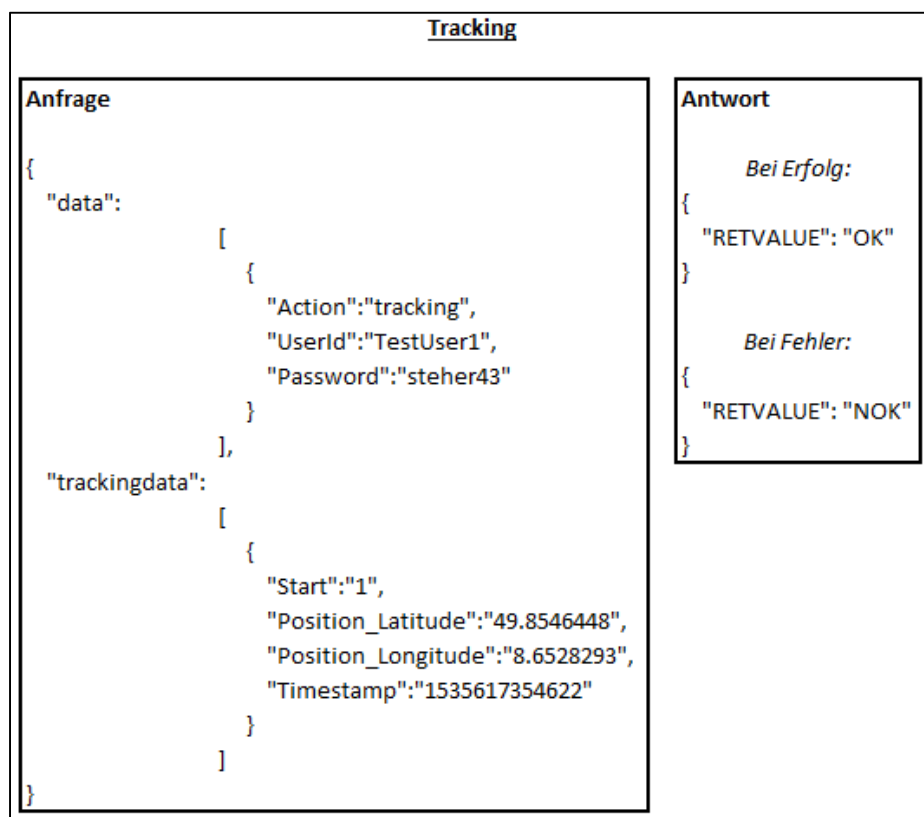


Abbildung 15: Aufbau Json-Request

Der Server wiederum reagiert ausschließlich auf Anfragen durch den Client und kann nicht proaktiv einen Client kontaktieren (d.h. kein Call-Back). Auf Anfrage werden – aufbauend auf den in Spielen und durch die Verwendung der verschiedenen Modalitäten erzielten Punkte – Ranglisten (jeweils für den Tag, die Woche und eine Gesamtliste) bereitgestellt.

## Nutzer

Jeder registrierte Nutzer erhält nach einer Aufklärung und seinem Einverständnis zu den Teilnahmebedingungen ein Pseudonym mit Passwort durch die Studienleitung ausgehändigt. Eine Liste mit Pseudonymen und Passwörtern wurde zuvor erstellt, in der Datenbank angelegt und an die Studienleitung ausgehändigt. Die Verteilung der Accounts an die Nutzer unterlag dabei keinerlei Einschränkungen und eine Auflösung des Pseudonyms ist in der Datenbank nicht möglich. Eine entsprechende Zuordnung ist nur durch die Studienleitung über das Führen einer Offline-Liste möglich. Die an die User verteilten Accounts wurden bei der Ausgabe bereits freigeschaltet, sodass der Nutzer sich direkt in der App anmelden konnte. Bei der Anmeldung wurden Username und Passwort verschlüsselt (TLS/SSL), über die zuvor beschriebene Schnittstelle (REST) übertragen und vom Server überprüft. Nach positiver Rückmeldung durch den Server wurde die App für den Nutzer freigeschaltet. Bei jeder Übertragung von Daten werden die Zugangsdaten zusätzlich übermittelt, um eine Zuordnung über das Pseudonym vornehmen zu können.

## Homepage

Die Projekthomepage (siehe Abbildung 16) umfasst zwei Bereiche und zwar einen öffentlichen Bereich für interessierte Besucher und einen internen Bereich für Projektteilnehmer. Unter <https://seriousgames4mobility.de/> wurden alle relevanten Projektinformationen veröffentlicht wie z.B. Förderung, Projektphasen, Partner, Informationen zur Teilnahme und die Datenschutzhinweise.

**Willkommen bei SG4Mobility**

**Umweltfreundliches Mobilitätsverhalten und Gesundheitsförderung mit Serious Games**

Im Forschungsprojekt SG4Mobility wird mittels Aktivitätserkennung über das Smartphone die Mobilität der Nutzer erfasst, um einerseits die Mobilitätsanalyse durch konkrete Mobilitätsdaten zu verbessern und andererseits, um einzelnen Nutzern ihre persönliche Mobilität zu veranschaulichen.

Im Rahmen des Projekts wird eine App entwickelt, die Aktivitätserkennung und Serious Games, Spiele die neben der Unterhaltung ein charakteristisches Ziel haben, vereint.

Durch Bewertungsschema mit Gamification Ansätzen sollen Nutzer ein Bewusstsein für den Einfluss ihrer Mobilität im CO2 Haushalt erhalten und von einem umweltfreundlichen Mobilitätsverhalten überzeugt werden. Mit ortsbasierten Mini-Spielen z.B. an Haltestellen dürfen Nutzer ihre körperliche und geistige Aktivität unter Beweis stellen.

Das Projekt wird anhand einer Nutzerstudie im Raum Offenbach durchgeführt und läuft 6 Wochen. Die Testphase beginnt am 20.05.2019 und endet am 30.06.2019. Die Testphase ist in drei Phasen mit jeweils 2-wöchiger Länge aufgeteilt. In jeder Phase werden neue Funktionalitäten hinzugefügt.

**Erste Phase: 20.05. - 02.06.**  
**Zweite Phase: 03.06. - 16.06.**  
**Dritte Phase: 17.06. - 30.06.**

*Dieses Projekt wird aus Mitteln des Landes Hessen und der HOLM-Förderung im Rahmen der Maßnahme „Innovationen im Bereich Logistik und Mobilität“ des Hessischen Ministeriums für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung gefördert.*

HESSEN Hessisches Ministerium für Wirtschaft, Energie, Verkehr und Landesentwicklung  
 HESSEN HessenAgentur HA Hessen Agentur GmbH  
 FRANKFURT HOLM HOUSE OF LOGISTICS AND MOBILITY

Abbildung 16: Projekthomepage

Nach Erreichen von vorher definierten Meilensteinen wurden Zwischen- und Abschlussergebnisse zum Projekt ergänzt und öffentlich zugänglich gemacht.

Für den internen Bereich der Projekthomepage haben ausgewählte Projektpartner eigene Zugänge erhalten, sodass dieser Bereich nur für bestimmte Personen mit einem berechtigten Interesse zugänglich ist. Zusätzlich wurde hier ein Rollenkonzept umgesetzt, sodass jedem Account nur ausgewählte Informationen zum Projekt angezeigt werden. Bspw. sieht der App-Entwickler lediglich Daten seiner Test-User, um die Schnittstellen zwischen App und Server testen zu können. Die Studienleitung sieht wiederum aggregierte Auswertungen und Nutzungsstatistiken um den Projektverlauf verfolgen und etwaige Probleme frühzeitig identifizieren zu können.

#### 4.9 Datenschutz

Die Plattform SG4Mobility besteht aus einer Smartphone-App sowie einem Backend einschließlich einer Datenbank zur Speicherung der auf dem Smartphone erfassten Daten. Die aufgezeichneten und im Backend gespeicherten Daten sind:

- Daten zum Mobilitätsverhalten;
- Geo-Koordinaten zur Erfassung des Aufenthaltsortes des Benutzers;
- Automatische Modalitätserkennung, d.h. automatische Erkennung des aktuell verwendeten Fortbewegungsmittels (wie PKW, Straßenbahn, Fahrrad, zu Fuß);
- Daten zu Ergebnissen von Spielen, die der Nutzer während der App-Nutzung ausführt, dazu gehören die Spieltypen Quiz-Spiele und Bewegungsspiele.

Bei den erfassten und gespeicherten Daten handelt es sich somit ausschließlich um „personenbeziehbare Daten“<sup>55</sup>, d.h. eine Zuordnung zu einer bestimmten natürlichen Person kann nur mittelbar vorgenommen werden. Beispielsweise könnten die Geo-Koordinaten mit Hilfe des Start- und Endpunktes in einem wiederkehrenden Tagesprofil mittelbar auf einen konkreten Wohnort und damit u.U. einer konkreten Person zugeordnet werden.

Auf der Plattform werden keine Personaldaten (wie z.B. Namen, Adresse, Geburtsdatum), Sozialdaten oder Daten mit besonderem Personenbezug (wie z.B. Gesundheitsdaten) erhoben.

#### Umgesetzte Grundsätze zum Schutz der erfassten Daten

Um einen weitreichenden Datenschutz der erfassten personenbeziehbaren Daten zu gewährleisten, wurde die explizit in der DSGVO Art. 25 genannte technische und organisatorische Maßnahme der Pseudonymisierung gemäß der Begriffsdefinition in Art. 4 der DSGVO umgesetzt.

Begriffsdefinition zur Anwendung der Pseudonymisierung in Art. 4 der DSGVO: „die Verarbeitung personenbezogener Daten in einer Weise, dass die personenbezogenen Daten ohne Hinzuziehung zusätzlicher

---

<sup>55</sup> Personenbezogene Daten, 2019. In Wikipedia. Online verfügbar unter [https://de.wikipedia.org/wiki/Personenbezogene\\_Daten](https://de.wikipedia.org/wiki/Personenbezogene_Daten), zuletzt geprüft am 15.11.2019

Informationen nicht mehr einer spezifischen betroffenen Person zugeordnet werden können, sofern diese zusätzlichen Informationen gesondert aufbewahrt werden und technischen und organisatorischen Maßnahmen unterliegen, die gewährleisten, dass die personenbezogenen Daten nicht einer identifizierten oder identifizierbaren natürlichen Person zugewiesen werden;“

Ebenso wurden systematisch die Grundsätze „Privacy by Default“ und „Privacy by Design“ umgesetzt.

### **Privacy by Design**

Übersetzt heißt Privacy by Design „Datenschutz durch Technikgestaltung“ und greift den Grundgedanken auf, dass sich der Datenschutz am besten einhalten lässt, wenn er bereits bei Erarbeitung eines Datenverarbeitungsvorgangs technisch integriert ist. In anderen Worten: der Schutz personenbezogener Daten im Sinne der DSGVO erfolgt durch das frühzeitige Ergreifen technischer und organisatorischer Maßnahmen (TOMs) im Entwicklungsstadium.

### **Privacy by Default**

Privacy by Default heißt übersetzt „Datenschutz durch datenschutzfreundliche Voreinstellungen“ und bedeutet, dass die Werkeinstellungen datenschutzfreundlich auszugestaltet sind. Nach dem Grundgedanken sollen insbesondere die Nutzer geschützt werden, die weniger technikaffin sind und z.B. dadurch nicht geneigt sind, die datenschutzrechtlichen Einstellungen ihren Wünschen entsprechend anzupassen.

### **Vorgehen zur Sicherstellung der Pseudonymisierung**

Die an der Studie teilnehmenden Benutzer wurden von der Studienleitung, die von der Frankfurt UAS (Frankfurt University of Applied Sciences) wahrgenommen wurde, rekrutiert. Die für die Studie erhobenen und erforderlichen Benutzerinformationen einschließlich der darin enthaltenen personenbezogenen Daten wurden von der Frankfurt UAS erhoben und dokumentiert. Es erfolgte keine Speicherung dieser Informationen in der Smartphone-App oder im Backend der Plattform.

Nachdem ein Benutzer über die Studie aufgeklärt wurde und dieser der Datenschutzerklärung in schriftlicher Form zugestimmt hat, erhielt der Benutzer einen zufällig ausgewählten Benutzernamen/Passwort aus einer vorgefertigten Liste. Hierzu erhielt die Frankfurt UAS von R&A (Rösch & Associates GmbH) vor Beginn der Rekrutierung eine Liste mit zufällig und vorab generierten Benutzernamen/Passwörtern. Die Frankfurt UAS wählte zufällig einen Benutzernamen/Passwort dieser Liste aus und übergab die Zugangsdaten dem Benutzer (persönlich oder per E-Mail). Die Frankfurt UAS notierte schriftlich die Zuordnung eines Benutzers zu den Zugangsdaten. Die Information über die Zuordnung wurde nicht in der Smartphone-App oder im Backend der Plattform gespeichert. Somit kann die Pseudonymisierung ausschließlich von der Frankfurt UAS aufgelöst werden. Alle anderen Projektbeteiligten (TUD, wdw, R&A) können die Pseudonymisierung nicht auflösen und somit keine Daten einer konkreten Person zuordnen.



**Authentifizierung und Autorisierung**

Die Zugangsdaten wurden vom Test-User in der Smartphone-App einmalig eingegeben und dauerhaft gespeichert. Die Zugangsdaten dienen zur Authentifizierung und Autorisierung gegenüber dem Backend und auch der Smartphone-App.

Bei Verlust der Zugangsdaten (z.B. versehentliches Löschen der Smartphone-App oder bei Wechsel des Smartphones aufgrund eines defekten Endgeräts) konnte sich der Test-User an die Frankfurt UAS wenden und seine Zugangsdaten erneut erfragen.

Die Änderung der Zugangsdaten, insbesondere des Passworts war nicht vorgesehen und im Rahmen der ca. 6 Wochen andauernden Projektphase für die App-Nutzung nicht erforderlich.

**Privacy**

Das SG4Mobility-Projekt legte großen Wert auf die Durchsetzung der Persönlichkeits- und Eigentumsrechte der Studienteilnehmer. Unter anderem wurde dazu umfangreich Pseudonymisierung zum Schutz der Teilnehmer, sowie eine weitreichende Trennung der Verantwortlichkeiten der Projektteilnehmer in Bezug auf die erhobenen Daten vorgenommen.

## 5 Evaluation

### 5.1 Untersuchungsraum

Die Stadt Offenbach am Main war der Testbereich für die Akzeptanzstudie und Platzierung der ortsbasierten Mini-Spiele. Die Stadt besteht aus 21 Stadtteilen und hat neben der Zugverbindung innerhalb der Stadt nur Busse als öffentliches Verkehrsmittel. Dabei gibt es Haltestellen einer Linie in gegenüberliegenden Richtungen eingeschlossen, ca. 150 Bushaltestellen.

### 5.2 Erste Online-Befragung zur Nutzerakquise

Für die Akquise von Test-Usern für die Evaluation der SG4Mobility-App wurden verschiedene Medien und Kanäle genutzt. Neben der Nutzung der Netzwerke der Projektpartner (Homepage, Blogbeiträge, Facebook), wurden auch die assoziierten Projektpartner für die Akquirierung eingebunden. Folgende Punkte zeigten die meisten Wirkung:

- Visitenkarten-Flyer: Etwa 500 Flyer mit QR-Code und Link wurden auf der Tagung „Mobilität 2100“ und dem „Logistik-Kongress“ verteilt.
- Social-Media-Kanäle der Stadtwerke Offenbach: Über Facebook, Twitter und Instagram teilten die Stadtwerke Offenbach den Aufruf zur Beteiligung am Projekt.
- Pressemitteilung: Eine Pressemitteilung der Stadtwerke Offenbach über das Projekt führte zu einem Artikel bei der Offenbach-Post.

An der Online-Befragung nahmen insgesamt 64 Personen teil. Der Fragebogen enthielt 18 Fragen, welche sich auf Angaben zum Smartphone und Betriebssystem, den verfügbaren Verkehrsmitteln und der Mobilität, sowie soziodemographischen Daten konzentrierten. Die Fragen wurden gewählt, um ein möglichst genaues Bild der Test-User zur Verkehrsmittelverfügbarkeit zu erlangen, als auch die persönliche Affinität zu Handy-Spielen.

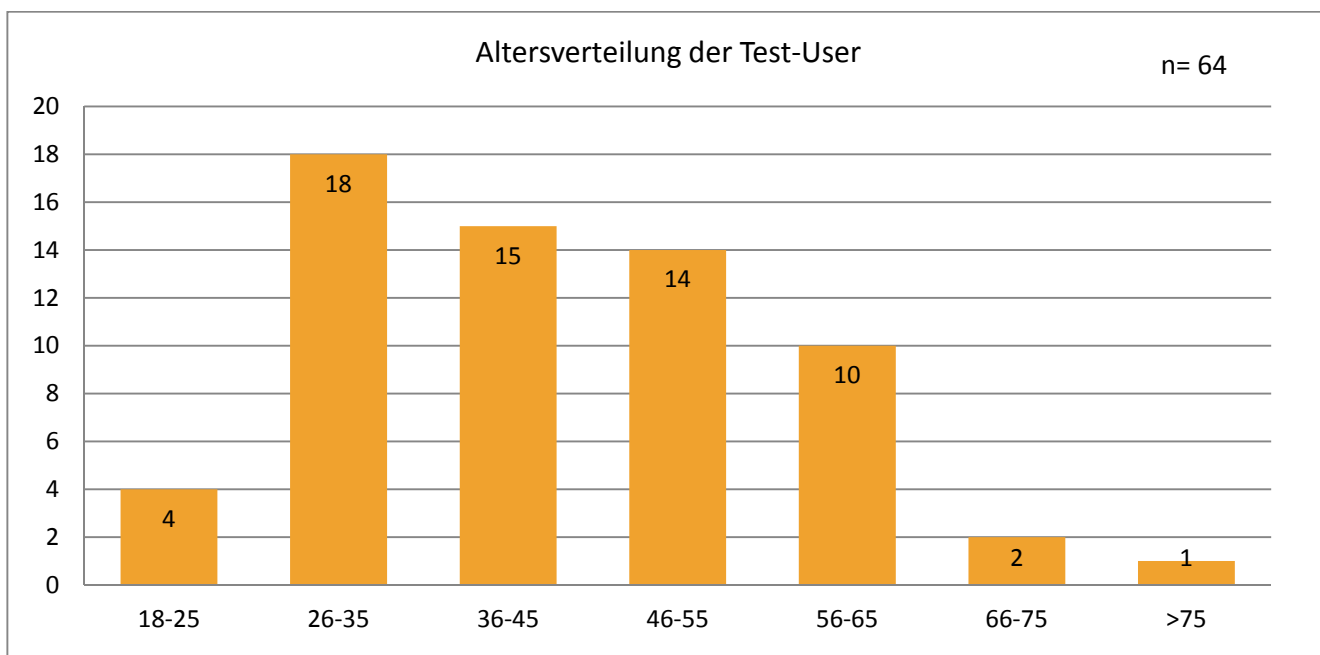


Abbildung 17: Altersverteilung der Teilnehmer/-innen der ersten Online-Befragung (eigene Darstellung)

Die Altersverteilung der Befragten zeigt die stärkste Beteiligung von Personen zwischen 26 und 35 Jahren (siehe Abbildung 17). Dabei gaben 42 der Befragten männlich als Geschlecht an, 20 weiblich und zwei ohne Angabe. Fast die Hälfte gab einen akademischen Abschluss, und ein Viertel (Fach-)Abitur, als höchsten Bildungsabschluss an. Dies zeigt, dass vor allem Personen mit höherem Bildungsabschluss an der Studie interessiert waren. Hauptsächlich nahmen erwerbstätige Personen an der Befragung teil. Einen geringen Anteil machten Rentner/-innen und Student/-innen aus.

Bei den Angaben zum Smartphone wurden bereits Personen ohne Android Betriebssystem oder einem Smartphone, das älter als drei Jahre ist, von der weiteren Befragung ausgeschlossen. Von den 64 Befragten gaben 22 an, dass sie regelmäßig Spiele auf dem Smartphone zur Unterhaltung oder Zeitvertreib spielen. Bei den Fragen zur Mobilität zeigte sich, dass lediglich acht Personen keinen Führerschein besitzen und zwölf Personen keinen regelmäßigen Zugriff auf einen Pkw haben. Ähnliche Angaben wurden zum Besitz eines verkehrstüchtigen Fahrrads gemacht. Über ein ÖPNV-Zeitticket, z.B. eine Monats- oder Jahreskarte, verfügte die Hälfte.

Insgesamt zeigte sich, dass eine breite Verkehrsmittelverfügbarkeit bei den meisten Test-Usern gegeben war. Im Bereich der Affinität zu Handy-Spielen stellte sich die Gruppe als homogen dar.

### 5.3 Usability-Test

#### Erhebungszeitraum

Die Gesamtdauer der Testphase betrug sechs Wochen und fand vom 20.05. bis zum 30.06.2019 statt. Der gewählte Zeitraum fand außerhalb der Ferienzeit in Hessen statt. Im durchgeführten Erhebungszeitraum spiegelt sich der Sommeranfang durch die steigenden Temperaturen wieder (vgl. Abbildung 18). Regenerenisse wurden nur selten verzeichnet (vgl. Abbildung 19). Insgesamt lässt sich aus den Wetterdaten ablesen, dass keine Auffälligkeiten zu erkennen sind, die das Mobilitätsverhalten der Test-User stärker hätten beeinflussen können.

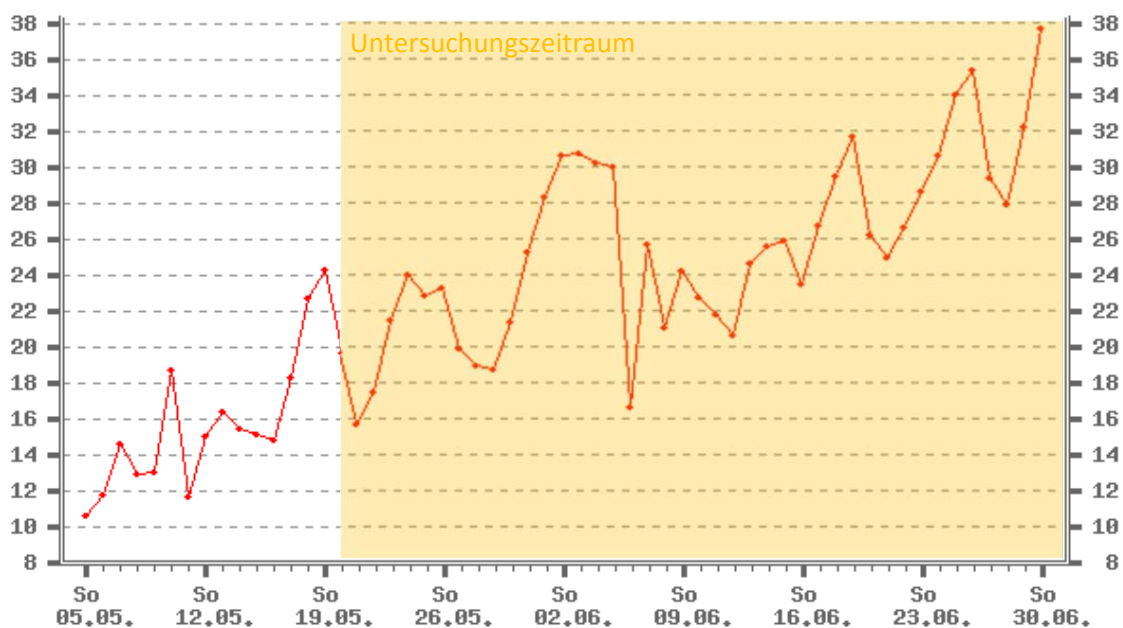


Abbildung 18: Höchsttemperaturen [°C] in Offenbach a.M. im Untersuchungszeitraum (Grundlage von WetterOnline)

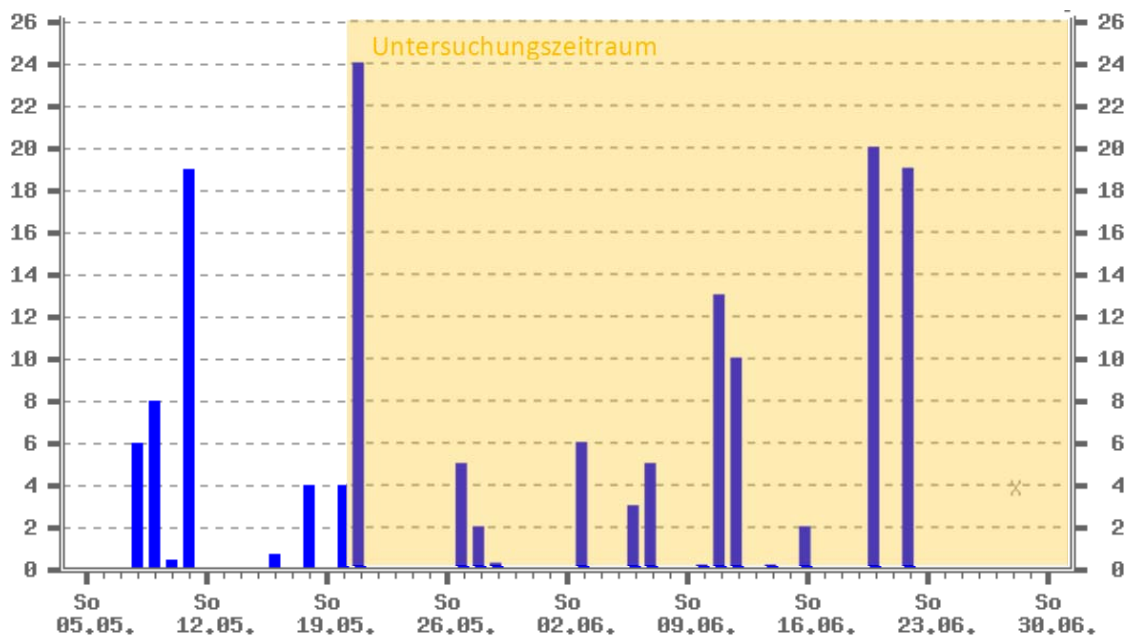


Abbildung 19: Niederschlag [mm] in Offenbach a.M. im Untersuchungszeitraum (Grundlage von WetterOnline)

### Erhebungsphasen

Der Usability-Test gliederte sich in drei Phasen, je zwei Wochen. Die drei Phasen bauten aufeinander auf. Dabei wurden in jeder Phase neue App-Inhalte für die Test-User freigeschaltet. Die Test-User wurden zu Beginn jeder neuen Phase über die hinzugefügten Inhalte per E-Mail informiert. Die Phasen gliederten sich wie folgt:

#### 1. Phase: Mobilitätstracking (20.05. - 02.06.2019)

In der ersten Phase lag der Fokus der App auf der Mobilitätserkennung. Spielelemente waren kein Bestandteil.

#### 2. Phase: Mobilitätstracking + Verkehrsmittelbepunktung (03.06. - 16.06.2019)

Hauptbestandteil der zweiten Phase war weiterhin das Mobilitätstracking. Komplettiert wurde dieses durch die Bepunktung der genutzten Verkehrsmittel. Das eigene Mobilitätsverhalten wurde in Grafiken für den Test-User visualisiert.

#### 3. Phase: Mobilitätstracking + Verkehrsmittelbepunktung + Mini-Spiele (17.06. - 30.06.2019)

Ergänzend zum Mobilitätstracking und der Verkehrsmittelbepunktung wurden in der dritten Phase Mini-Spiele in Form von Quizen, Rätseln, Puzzeln oder Sport-Übungen hinzugefügt. Darüber konnten die Test-User ebenfalls Punkte sammeln.

Wie in der Anforderungsanalyse beschrieben, wurden die Community Funktionen auf der Homepage nicht implementiert. Auch in der App haben Nutzer nicht die Möglichkeit, mit anderen Nutzern/-innen in Kontakt zu treten, und sehen die Mitspieler nur über die Rangliste.

## Bereitstellung der App

Die App wurde über den Google Play Store (siehe Abbildung 20) für eine einfache zentrale Verteilung der App an die Nutzer/innen und automatische Update-Möglichkeit angeboten. Fünf Tage vor dem Start des Usability-Tests erhielten die registrierten Test-User den Link zum Google Play Store mit einer Installationserläuterung. Jedem Test-User wurde ein Pseudonym zugeordnet. Dieses wurde für das Login der App, in Kombination mit einem zugeordneten Kennwort, benötigt. Somit wurde verhindert, dass nicht registrierte Personen an der Erhebung teilnehmen und die Ergebnisse möglicherweise verfälschen.

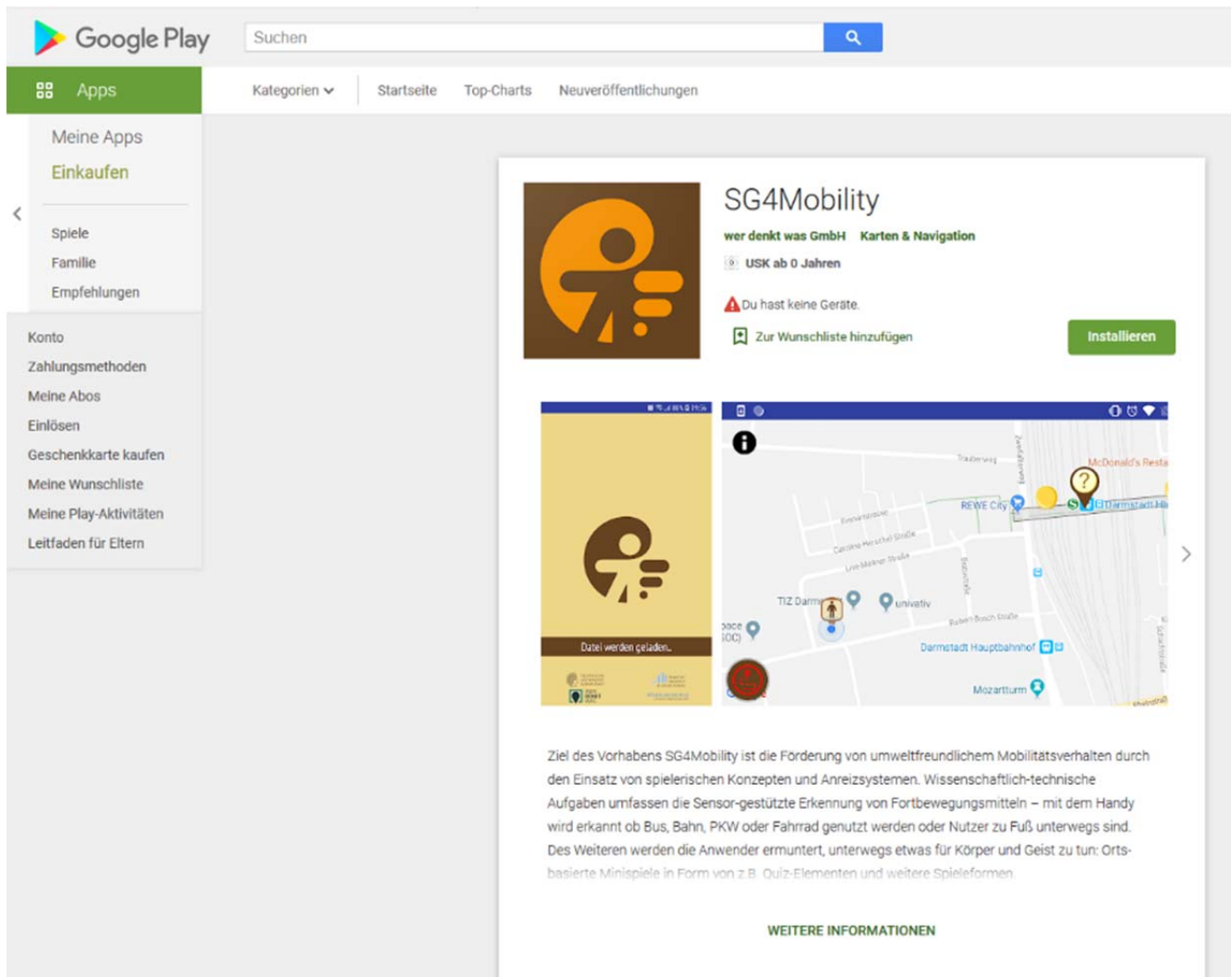


Abbildung 20: SG4Mobility App im Google Play Store

Von den 67 Teilnehmern, welche sich über die erste Befragung für den Usability-Test angemeldet hatten, meldeten sich 47 Personen über den mit bereitgestellten Alias und den dazugehörigen Passwort in der SG4Mobility-App an.

## **Problemstellungen und Abweichungen**

Während der Erhebungsphase wurden Probleme mit der SG4Mobility App und den Mobilgeräten von verschiedenen Nutzern festgestellt, die sich auf die unterschiedliche Hardware und Betriebssystemversionen der Android Geräte zurückführen lassen. Beispielsweise waren Huawei Geräte in der Datenaufnahme besonders auffällig. Laut einem Nutzer schien die App seine Bewegung nicht korrekt aufzunehmen. Das Problem lag an der Rechtevergabe des Huawei Android Betriebssystems, welches Apps, die nicht im Vordergrund, oder bei nicht aktivem Gerät weiterlaufen sollen, alle Zugänge zu GPS und Internet verwehrt. Der Nutzer muss hierbei der SG4Mobility App im Gerät manuell die Berechtigung zuweisen. Das andere Problem unterschiedlicher Hardware war die unterschiedliche Sensorik, die manchen Nutzern eine langsamere und den anderen eine schnellere und häufigere Erkennung der Position und Modalität ermöglicht hat.

Aufgrund von Inkompatibilität mit systembezogenen Updates einer Bibliothek konnten Subskriptionen zur Fahrrad Modalität nicht konsistent verarbeitet werden. Demnach wurden Fahrradfahrten nicht als solches erkannt.

## **5.4 Validierung**

### **Zweite Online-Befragung zur Erhebungsphase**

Nach Ende der sechswöchigen Erhebungsphase wurde an alle Test-User ein Link zu einer zweiten Online-Befragung versendet. Der Fragebogen gliederte sich in folgende Punkte:

- Fragen zur App-Nutzung
- Fragen zu den App-Funktionen
- Fragen zum Gamification Modul
- Fragen zum App-Design
- Fragen zur Projektkommunikation
- Weitere wünschenswerte Funktionen
- Freies Textfeld für Anregungen, Verbesserungsvorschläge, Kritik oder Lob

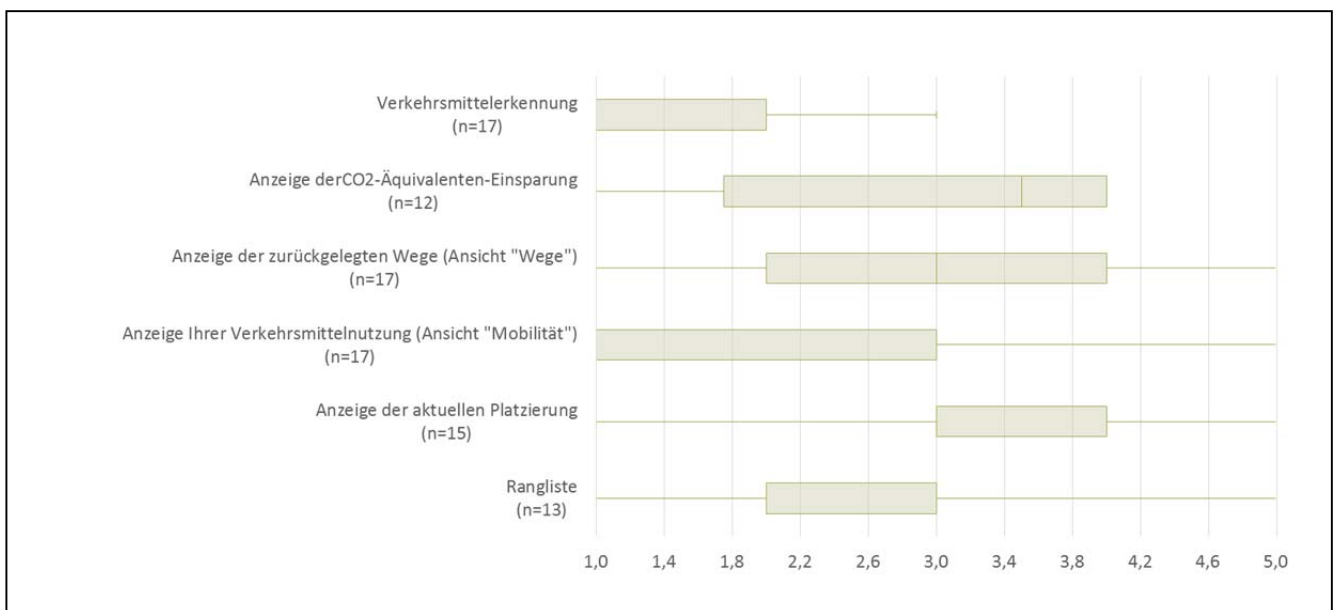
Die Punkte wurden gewählt, um die gewonnen Daten aus der App mit den Antworten der Nutzer vergleichen zu können. Der Fokus der qualitativen Befragung lag auf den App-Funktionen und dem Gamification Modul, um erste Rückschlüsse über die Nutzung und den Einfluss zu erhalten.

Insgesamt nahmen 23 Test-User an der anonymen Online-Befragung teil. Bezogen auf die 47 Teilnehmer des Usability-Tests, entspricht dies einer Rücklaufquote etwa der Hälfte.

Zunächst wurde die Nutzungshäufigkeit der SG4Mobility-App abgefragt. Von den 23 Befragten gaben 17 an, dass sie mehrmals die Woche oder sogar täglich die App genutzt haben. Als Gründe für eine seltene oder gar keine Nutzung der App wurden fehlerhaftes Tracking und „vergessen“ genannt. Test-User, die auswählten die App „seltener als wöchentlich“ genutzt zu haben, wurden nur noch zur Kommunikation und zu weiteren Funktionswünschen befragt, da davon auszugehen ist, dass in den sechs Wochen Erhebung keine ausreichende Nutzung der App getätigt wurde, um eine qualitative Bewertungen der entwickelten App-Inhalte abzugeben.

Die restlichen Befragten (n=17) gaben an, dass sie durchschnittlich etwas mehr als die Hälfte ihrer Wege getrackt haben.

Wie sich der Abbildung 21 entnehmen lässt, wurde bei der Bewertung der einzelnen App-Screens und Anzeigen die „Verkehrsmittelerkennung“ (vgl. Abbildung 5) am schlechtesten bewertet. Die „Anzeige Ihrer Verkehrsmittelnutzung“ (vgl. Abbildung 7) zeigt eine breite Streuung der Antworten, fällt insgesamt aber negativ aus. Diese Bewertung lässt sich auf das fehlerhafte Tracking zurückführen. Die Bewertung der „Anzeige der CO<sub>2</sub>-Äquivalenten-Einsparung“ (vgl. Abbildung 6) zeigt eine breite Streuung der Antworten, ebenso wie die „Anzeige der zurückgelegten Wege“ (vgl. Abbildung 6). Obwohl die Rangliste eher uninteressant für die Test-User schien, wurde die „Anzeige der aktuellen Platzierung“ (vgl. Abbildung 6) eher gut bewertet. Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass eine Zusammenfassung und Visualisierung des eigenen Mobilitätsverhaltens, als auch der entstandenen Emissionen, für die Test-User als relevant anzusehen ist.



**Abbildung 21: Bewertung der einzelnen App-Screens und Anzeigen: 1,0=sehr schlecht; 5,0= sehr gut (eigene Darstellung)**

Ein Fokus der weiteren Befragung lag auf der Bewertung der Gamification-Elemente. 10 der 14 Befragten bewerteten die Verteilung der Punkte für die Verkehrsmittelnutzung (siehe Tabelle 3) mit 4 oder 5, was „gut“ oder „sehr gut“ entspricht. Somit lässt sich sagen, dass die gewählte Bewertungsmetrik als passend einzustufen ist.

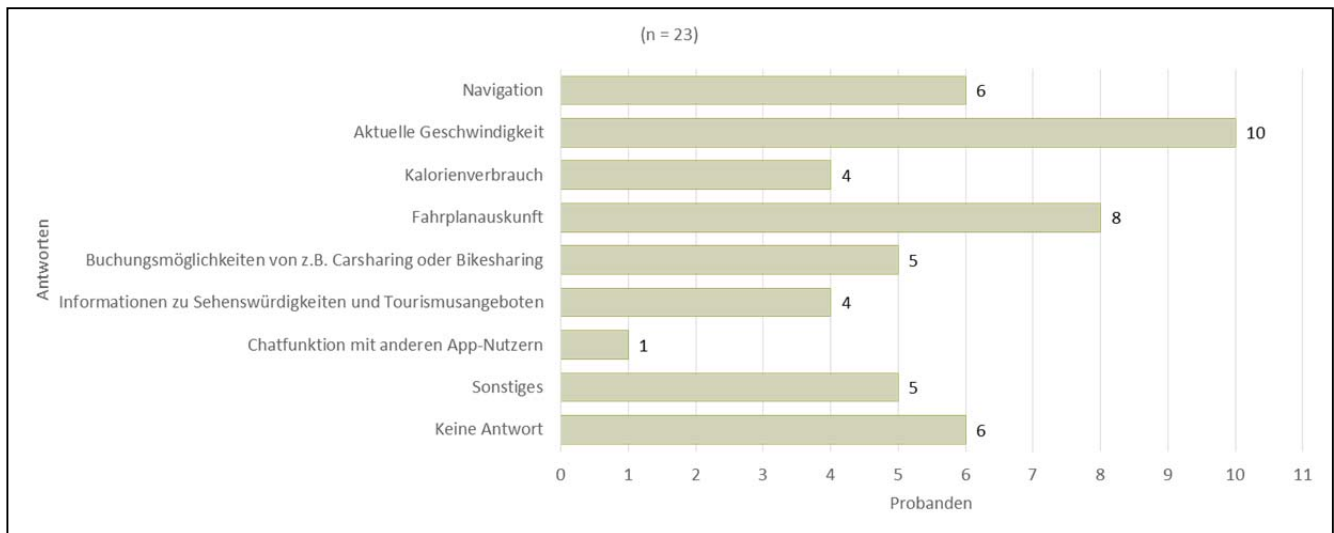
Die Inhalte der Mini-Games (in der dritten Phase), als auch die Anzahl und Verteilung im Stadtgebiet von Offenbach wurden mit neutral bis positiv bewertet. Dabei hat die Mehrheit (10/17) die Platzierung über die Rangliste nicht verfolgt. Obwohl die vergebenen Punkte für die verschiedenen Verkehrsmittel als sinnvoll erachtet wurden, gaben 14 von 17 Personen an, dass sich durch die virtuellen Punkte das eigene Mobilitätsverhalten nicht geändert hat. In Kombination mit der Bewertung der Rangliste (vgl. Abbildung 21), lassen sich Tendenzen auf einen geringen Einfluss durch den implementierten Wettbewerb unter den Test-Usern schließen.

13 Test-User bewerteten die verwendeten Symbole als gut bis sehr gut und 12 der Befragten bewerteten das verwendete Farbschema ebenfalls als gut bis sehr gut (n=17). Allgemeiner Aufbau und Buttons wurden

insgesamt neutral bewertet. Somit ist davon auszugehen, dass das Design der App keinen negativen Einfluss auf die Nutzung dargestellt hat.

Die Kommunikation, Anschreiben, Anleitung für die App und Informationen zu neuen Phasen wurden insgesamt als gut bis sehr gut bewertet (n=23).

Als weitere App-Funktionen wurden die Anzeige der aktuellen Geschwindigkeit, sowie die Fahrplanauskunft angegeben, während eine Chatfunktion mit anderen Nutzern nicht erwünscht ist (vgl. Abbildung 22). Dies bestätigt die Annahmen des Projektkonsortiums.



**Abbildung 22: Antworten auf die Frage „Welche Funktionen hätten Sie sich in der App noch gewünscht?“ (eigene Darstellung)**

Als Anregungen und Verbesserungsvorschläge wurde eine Verbesserung des Mobilitätstrackings genannt, mit einer Korrekturmöglichkeit, falls ein Verkehrsmittel nicht richtig erkannt wird. Zudem wurde mehrfach der Wunsch nach einem „automatischen Tracking im Hintergrund“ geäußert.

## Datenmanagement

In der Datenbank wurden zu Beginn der Nutzerstudie 100 Accounts mit Pseudonymen und Passwörtern erstellt und für die Ausgabe an Nutzer der Studienleitung zur Verfügung gestellt. Die Verteilung der Accounts an die Nutzer unterlag dabei keinerlei Einschränkungen und eine Auflösung des Pseudonyms ist in der Datenbank nicht möglich. In der Datenbank ist lediglich ersichtlich, welche Pseudonyme aufgrund von Dateneingängen genutzt wurden. Keinerlei zusätzliche persönliche Daten wie z.B. Adresse, Email oder Telefonnummer wurden in der Datenbank hinterlegt. Eine entsprechende Zuordnung ist nur durch die Studienleitung über das Führen einer Offline-Liste möglich.

Bei jeder Übertragung von Daten wird das Pseudonym zusätzlich übermittelt, um eine Zuordnung vornehmen zu können. Die Auswertungen fanden über diese Pseudonyme statt. Zur Erstellung der Statistiken und Karten wurden die Interaktionen mit der App sowie die GPS-Daten und erkannte Modalitäten herangezogen. Relevante Daten wurden aus der Datenbank extrahiert, die Pseudonyme wurden durch neue ersetzt (User1, User2, ...) und für die weitere Analyse mit Excel verarbeitet. Für die Visualisierung von Streckenabschnitten wurden die relevanten Modalitäten mit den dazugehörigen GPS-Daten als CSV-Datei mit QGIS (Open-Source-



Geographisches-Informationssystem) verarbeitet. Um keinerlei Rückschlüsse auf eine reale Person zuzulassen, wurden dem Studienmanagement ausschließlich Visualisierungen bereitgestellt, auf denen keine häufig aufgesuchten Lokalitäten ersichtlich sind. Modalitäten und Wegstrecken wurden über alle Nutzer hinweg dargestellt und ließen sich nicht auf eine einzelne Person herunterbrechen. Damit sind keine persönlichen Orte wie Wohnort oder Arbeitsplatz identifizierbar. Dem Studienmanagement bereitgestellte und für die Veröffentlichung vorgesehene Daten sind somit nicht mehr nur pseudonymisiert, sondern anonymisiert.

### **Datenauswertung**

Bei der Datenauswertung wurden die Zugriffe und Interaktionen der Test-User pro Tag analysiert. Zudem wurde der Fokus auf der Auswertung der gesammelten GPS-Daten, in Verbindung mit der erkannten Modalität, gelegt.

Als Zugriff wird das Öffnen/Starten der Applikation pro Tag definiert. Eine Interaktion bezeichnet hingegen die Nutzung von Funktionen innerhalb der App, z.B. das Anwählen von verschiedenen Reitern. Anlage 1 zeigt den Verlauf der Zugriffe über den Untersuchungszeitraum. Die Auswertung zeigt, dass das Maximum am dritten Tag der Erhebungsphase, mit 25 Zugriffen, erzielt wurde. An diesem Tag wurde auch eine Erinnerungsmail an die Test-User versendet.

Bei der weiteren Betrachtung der Daten fiel auf, dass besonders am Wochenende die Zugriffe nachlassen. Insgesamt nahmen die Zugriffe über die sechs Wochen Erhebungsphase stetig ab. Ein ähnliches Bild zeichnete sich bei den Interaktionen innerhalb der App ab (siehe Anlage 2), da diese im direkten Zusammenhang mit den Zugriffen auf die App stehen.

Einen Zusammenhang zwischen niederschlagsreichen Tagen und einer geringeren Zugriffsrates oder Interaktionen lassen sich nicht eindeutig darlegen, da die Werte insgesamt sehr stark schwanken.

Im Rahmen der Erhebung wurden ca. 450.000 GPS-Daten von den Test-Usern gesendet. Es wurden insgesamt 4.671 Teilstrecken und 854 Wege erfasst. Ein Weg kann dabei aus mehreren Teilstrecken bestehen, die mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln absolviert wurden. Die gesammelten GPS-Daten sind mit einem Zeitstempel versehen und beinhalten ebenso die verwendete Modalität. Für die Visualisierung von Streckenabschnitten wurden die relevanten Modalitäten mit den dazugehörigen GPS-Daten als CSV-Datei mit QGIS (Open-Source-Geographisches-Informationssystem) verarbeitet. Die Ergebnisse lassen sich den Anhängen 3 bis 6 entnehmen.

Bei der Betrachtung der visualisierten Daten, aus verkehrsplanerischer Sicht, ließen sich deutlich die genutzten Hauptverkehrsstrecken mit dem Pkw identifizieren (vgl. Anhang 3), als auch Verkehrsknotenpunkte des ÖPNV (vgl. Anhang 4). Die Betrachtung der erhobenen Fußwege zeigen eine starke Nutzung der Fußgängerzonen im Innenstadtgebiet in Offenbach (vgl. Anhang 5). In einer Detailbetrachtung lassen sich die genauen Fußwege analysieren (vgl. Anhang 6). Am Beispiel der Stadthalle Offenbach ist u.a. zu erkennen, wo Straßenquerungen stattgefunden haben.

Die gesammelten Daten zeigen, dass durch die Modalitätserkennung via Smartphone Erkenntnisse für die Stadt- und Verkehrsplanung gezogen werden können. So können beispielweise die Auswirkungen von

Baustellen oder Sperrungen analysiert werden. Zudem lässt sich über das Tracking genau der Quell- und Zielverkehr identifizieren, wodurch Infrastruktur und Mobilitätsangebote noch besser zugeschnitten werden können.

## **Workshop**

Der Workshop fand am 14.08.2019 in den Räumlichkeiten der Hochschule für Gestaltung in Offenbach am Main statt. Eingeladen wurden alle registrierten Test-User aus der ersten Befragung, da durch die Pseudonymisierung der Namen nicht festgestellt werden konnte, wer an dem Usability-Test tatsächlich teilgenommen hatte.

Der Workshop wurde von der Frankfurt University of Applied Sciences vorbereitet und mit zwei Personen durchgeführt. An dem Workshop nahmen fünf Test-User teil. Der Workshop dauerte etwa 1,5 Stunden. Ziel des Workshops war die Erörterung der Ergebnisse aus der zweiten Online-Befragung, sowie detailliertes Diskutieren der konkreten App-Inhalte.

Der Workshop gliederte sich in vier Topics:

- Top 1: Vorstellungsrunde
- Top 2: Rückblick auf den Usability-Test
- Top 3: Bewertung von Belohnungsmöglichkeiten und spielerischen Ansätzen
- Top 4: Datenverarbeitung im Rahmen von Forschungsprojekten

Der Workshop startete mit einer kurzen Vorstellungsrunde der Teilnehmer. Dabei sollte beantwortet werden, warum sie an dem Projekt teilgenommen haben. Die Test-User zeigten eine intrinsische Motivation. Entweder weil sie das Thema Mobilität und Verkehr interessiert, oder weil eine Affinität zu neuen Apps und der Entwicklung besteht.

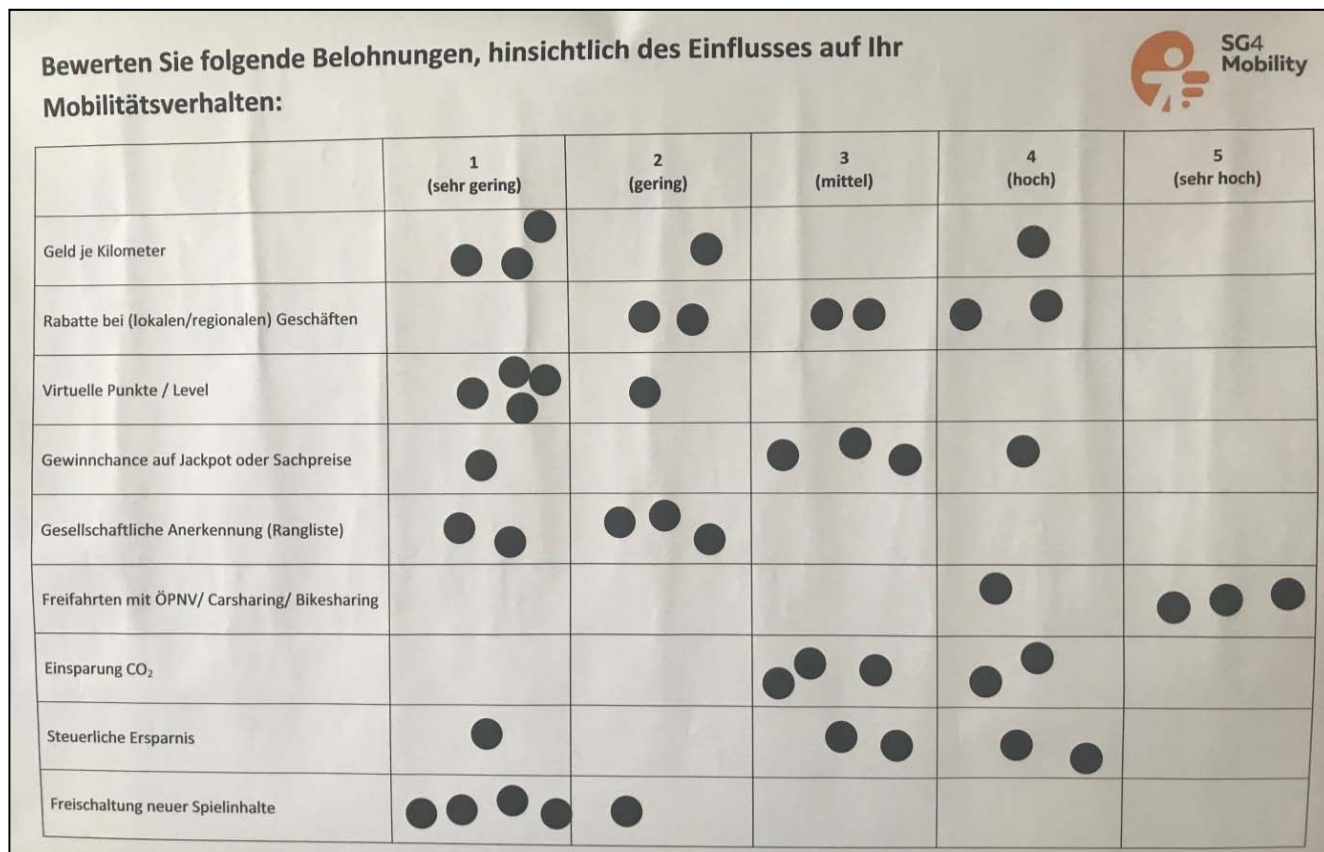
In Top 2 sollten die Teilnehmer in einer offenen Diskussionsrunde beantworten, was rückblickend beim Usability-Test gut und was schlecht empfunden wurde. Dabei wurden die ähnlichen Antworten wie bei der zweiten Online-Befragung gegeben. Zum einen wurde die fehlerhafte Erkennung der Verkehrsmittel bemängelt, als auch Probleme bei der Ausführung der Mini-Games. Oftmals wurde vergessen, das Tracking vor einem Weg zu starten oder nach einem Weg zu beenden.

In Top 3 wurden die Workshopteilnehmer aufgefordert, verschiedene Belohnungsmöglichkeiten für umweltfreundliche Mobilität, hinsichtlich des Einflusses auf das eigene Mobilitätsverhalten, zu bewerten. Aufgelistet wurden monetäre und nicht-monetäre Anreize, welche einzeln über eine Skala (1=sehr gering; 5=sehr hoch) bewertet wurden.

Abbildung 23 zeigt das Ergebnis. Es ist abzulesen, dass monetäre Belohnungen, wie Rabatte, Freifahrten oder eine Steuerersparnis einen größeren Einfluss ausüben würden, als rein virtuelle Punkte oder neue Spielmöglichkeiten als Belohnung. Den größten Einfluss würden Freifahrten, für z.B. den ÖPNV, erzielen. Die Workshopteilnehmer merkten an, dass durch die geldwerten Anreize nicht mehr Mobilität gefördert werden

sollte, sondern vorrangig umweltfreundliche Mobilität. Bei der SG4Mobility-App wurden die zurückgelegten Strecken (Kilometer) und das Verkehrsmittel in der Bepunktung berücksichtigt.

Bei monetären Anreizen, wie z.B. Rabattaktionen beim Einkaufen, sollte laut den Workshopteilnehmern eine Kooperation mit lokal ansässige Unternehmen und Geschäfte angestrebt werden, um das Nachhaltigkeit auch in diesem Bereich aufzugreifen.



**Abbildung 23: Bewertung von monetären und nicht-monetären Anreizen über die Methodik „Punkten“ (eigene Aufnahme)**

In Top 3 wurden abschließend die Mini-Spiele thematisiert. Diese wurden in der Erhebungsphase nur wenig gespielt. Die Workshopteilnehmer gaben an, dass die Spiele überwiegend aus mangelndem Interesse nicht gespielt wurden. Um die Wartezeit an einer Haltestelle zu überbrücken, wären jedoch kurze, einfache Spiele für die Test-User denkbar. Dies könnten Geschicklichkeitsspiele (z.B. Tetris, Candy-Crush) oder Quizze sein. Quizze sollten jedoch möglichst regionalen Bezug haben, um somit mehr über die eigene Stadt zu erfahren. Rollenspiele wurden als zu zeitintensiv beurteilt. Spiele in Form von Sport-Übungen, wie auch in der SG4Mobility-App vorhanden, wurden von den Workshopteilnehmern abgelehnt.

In Top 4 wurde das Thema Datenverarbeitung thematisiert. Die Workshopteilnehmer wurden in einer offenen Diskussionsrunde gefragt, wie sensibel sie die Verarbeitung von Mobilitäts- und Standortdaten bewerten. Die Test-User bewerteten die Verarbeitung als unkritisch, solange der Verwendungszweck für die Forschung ist.

## 6 Fazit und Ausblick

Für die Evaluation der prototypischen App „SG4Mobility“ wurden zwei Online-Befragungen und ein sechswöchiger Usability-Test mit anschließender Datenauswertung und einem abschließenden Workshop erfolgreich durchgeführt.

Im Rahmen der App-Entwicklung konnte gezeigt werden, dass sich StoryTec Web sehr gut zur Erstellung von georeferenzierten Mini-Spielen eignet. Die entwickelten Konzepte zur Erkennung des genutzten Verkehrsmittels sind vielversprechend, d.h. durch den Abgleich mit der RMV Open Data API konnte – im Gegensatz zur google awareness API – eine Differenzierung von „IN\_VEHICLE“ Verkehrsmitteln vorgenommen werden, eine Unterscheidung zwischen öffentlichem \_Verkehr und MIV war somit möglich. Zur Erkennung von Radfahrenden besteht noch Forschungsbedarf.

Im Rahmen der Evaluation wurden sehr viele georeferenzierte Tracking-Daten gesammelt. Diese wurden mit einem GIS-System (u.a. in der Form von Heat Maps pro Transportmittel) visualisiert und bieten damit eine wertvolle Datengrundlage für die Stadt- und Verkehrsplanung. Beispielsweise kann damit der Bedarf an Querungsmöglichkeiten oder die Auswirkungen von Straßensperrungen aufgezeigt werden.

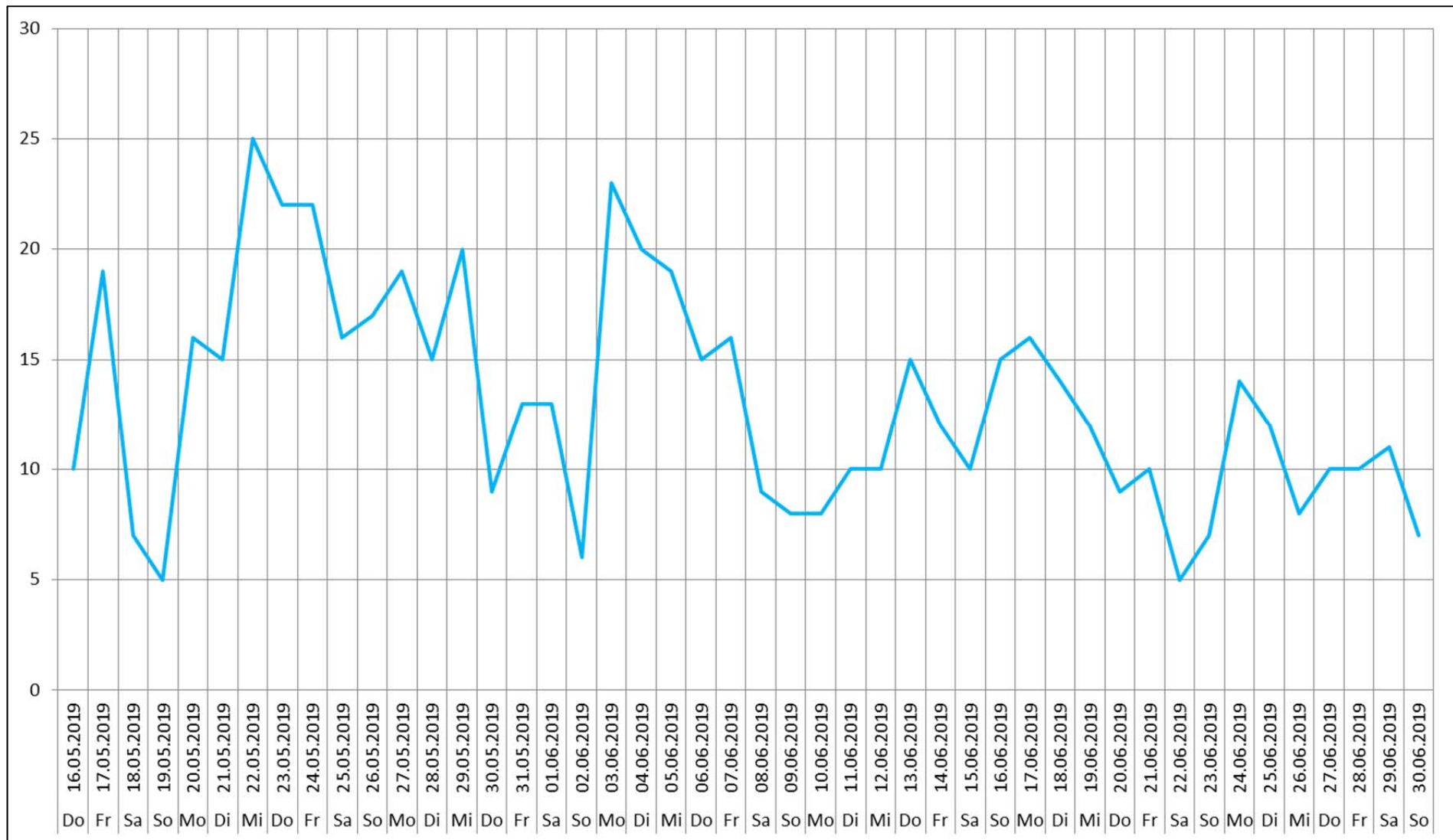
Die Testgruppe für die SG4Mobility App bestand überwiegend aus männlichen Personen zwischen 26 bis 55 Jahren, die keine besondere Affinität zu Handy-Spielen aufwies. Die Befragungen und der Workshop haben gezeigt, dass die Test-User ein großes Interesse an der Visualisierung der eigenen Mobilität hatten. Die Studie hat gezeigt, dass der Einsatz von spielerischen Ansätzen, speziell Belohnungen, genau auf die gewünschte Zielgruppe zugeschnitten werden muss. Die Einbeziehung von lokalen und regionalen Akteuren ist daher besonders wichtig, um den Umweltverbund zu fördern.

Der Rhein-Main-Verkehrsverbund nutzt bereits erste Gamification-Techniken in Form eines Punktesystems für gekaufte Fahrkarten. An dieser Stelle besteht somit Potential, existierende Systeme mit spielerischen Elemente aus SG4Mobility (gamification Elemente zur Bepunktung des Mobilitätsverhaltens je nach genutzten Verkehrsmitteln; ortsbasierte Minispiele) anzureichern. Der rmv hat dahingehend in einem Abschluss-Workshop, in dem die Projektergebnisse präsentiert wurden, bereits Interesse signalisiert. Auch ist die Datenerhebung und Visualisierung von genutzten Verkehrsmitteln von hohem Interesse.

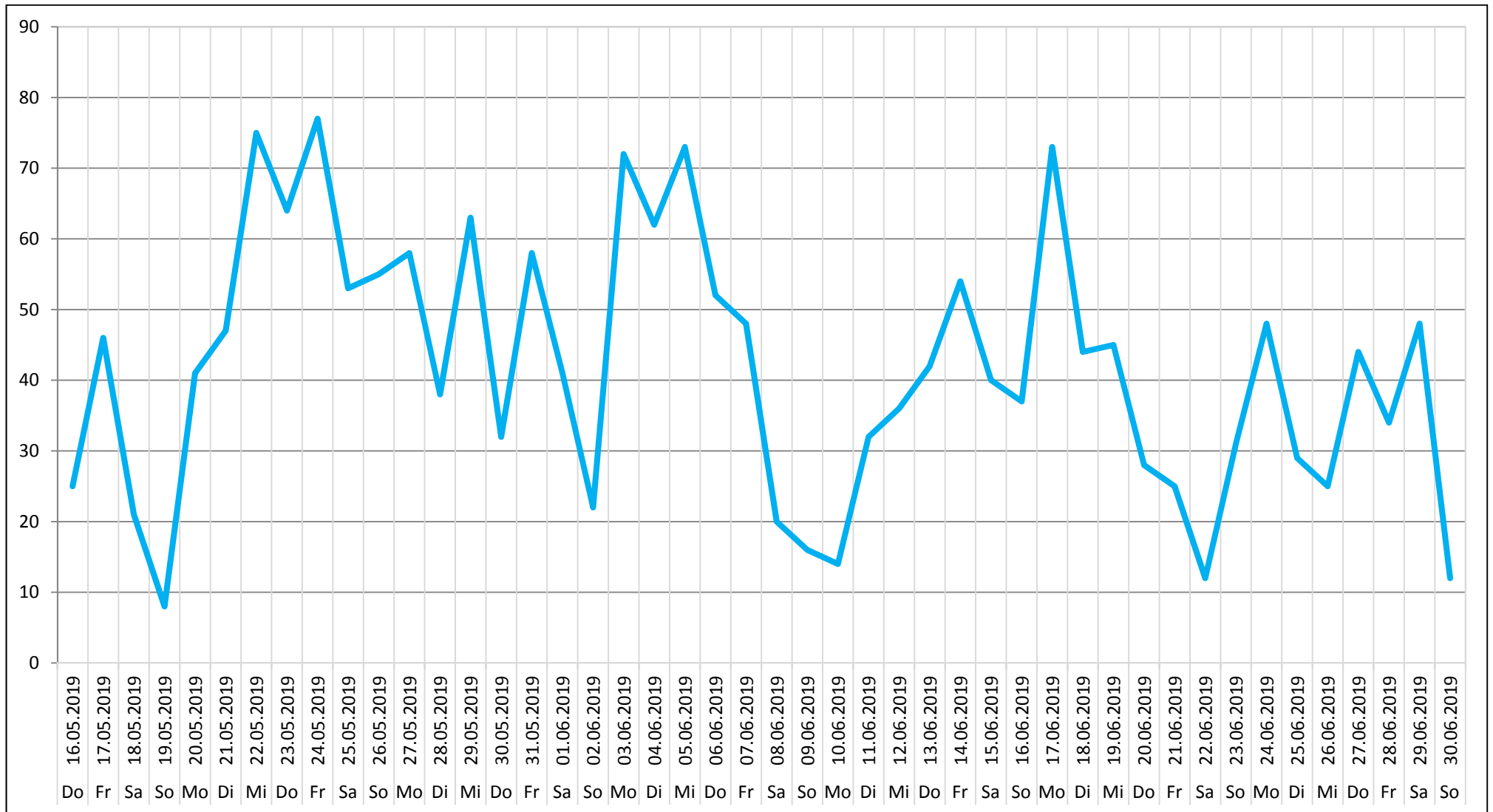
Die erarbeiteten Methoden und Konzepte sind problemlos auf andere Städte, Regionen oder Länder übertragbar – jedoch müssen die georeferenzierten Mini-Spiele mit ortsspezifischen Inhalten befüllt werden. Auch kann die SG4Mobility App einschließlich der Mini-Spiele im Bereich „Stadtmarketing, Handel und Tourismus“ zur spielerischen Erkundung von Städten eingesetzt werden.

Der im SG4Mobility Vorhaben intendierte Sekundareffekt der Gesundheitsförderung durch umweltfreundliches Mobilitätsverhalten beispielsweise durch Laufen oder Fahrradfahren muss weiter erforscht werden, um beispielsweise auch Anreize für körperliche Aktivitäten auf Mobilitätsketten im urbanen Umfeld zu schaffen – insbesondere sollten dazu auch geeignete umweltfreundliche Orte identifiziert werden.

Anhang 1: Anzahl der Zugriffe pro Tag der „SG4Mobility-App“ während der Erhebungsphase



Anhang 2: Anzahl der Interaktionen pro Tag der „SG4Mobility-App“ wahren der Erhebungsphase





Legende:

 Erkanntes Verkehrsmittel: Pkw



Kartengrundlage:  
OpenStreetMap

Plan:  
Anhang 3: SG4Mobility - Datenauswertung  
Modalität Pkw

Datum:  
28.10.2019





Legende:

 Erkanntes Verkehrsmittel: Bus



Kartengrundlage:  
OpenStreetMap

Plan:  
Anhang 4: SG4Mobility - Datenauswertung  
Modalität Bus

Datum:  
28.10.2019







Legende:

 Erkanntes Verkehrsmittel: zu Fuß



Kartengrundlage:  
OpenStreetMap

Plan:  
Anhang 5: SG4Mobility - Datenauswertung  
Modalität Fuß

Datum:  
28.10.2019





Legende:

 Erkanntes Verkehrsmittel: zu Fuß



Kartengrundlage:  
OpenStreetMap

Plan:  
Anhang 6: SG4Mobility - Datenauswertung  
Modalität Fuß, Detailausschnitt Stadthalle OF

Datum:  
28.10.2019





**SG4  
Mobility**