

Nutzenpotenziale von Smart Parking

Jürgen Anke¹ und Julia Scholle

Abstract: Intelligentes Parken – „Smart Parking“ – verspricht eine effiziente Organisation des ruhenden Verkehrs und bildet eine konkrete Applikation im Rahmen des Konzepts Smart City. Die vielfältigen Auswirkungen des Einsatzes analysiert dieser Beitrag. Anhand der Ziele verschiedener Akteure und der Funktionen von Smart Parking Systemen wird der Nutzen abgeleitet und mit Erfahrungen von Pilotinstallationen exemplarisch quantifiziert.

Keywords: Smart Parking, Smart City, Ruhender Verkehr, Parkraumbewirtschaftung

1 Einleitung

1.1 Smart Parking als Teil der Smart City

51 Prozent der Bevölkerung weltweit lebt in städtischen Gebieten, während es im Jahr 1950 nur 29% waren [Bu11]. Nach Angaben der United Nations werden im Jahr 2050 70% der Weltbevölkerung [Bu11], welche dann etwa 9,5 Milliarden Menschen zählt [UN13], in Städten leben. Dies stellt eine Herausforderung für die Stadtentwicklung dar, da in der Regel die Fläche einer Stadt nicht in gleichem Maß wachsen kann, wie die Bevölkerung. Daher gilt es, Anforderungen an Sicherheit und Bürgerservice mit stetig wachsenden ökologischen Zielen zu verbinden.

Neue (smarte) und energieeffiziente Technologien bieten unter dem Begriff „Smart City“ für Städte neue Lösungsansätze für aktuelle und zukünftige Herausforderungen in den Bereichen Mobilität, Arbeiten & Wohnen, Bürgerservice, Bildung, Gesundheit und Sicherheit. Unter einer Smart City versteht TOWNSEND "Orte, an welchen Informationstechnologie mit Infrastruktur, Architektur, Alltagsgegenständen oder sogar mit unserem Körper verbunden wird, um dadurch soziale, ökonomische und ökologische Probleme anzugehen" [PF15]. Beispiele dafür sind das „Waste Management“, welche den Füllstand öffentlicher Mülltonnen überwacht, um die Fahrtrouten der Müllfahrzeuge zu optimieren [Ba15] oder Smart „Lighting“, welches abhängig von der Helligkeit und Nutzungsgrad der Straße, intelligent die Aktivität und Leuchtstärke von Straßenlaternen regelt [CHF12]. Fokussiert wird in diesem Beitrag der ruhende Verkehr - das Parken - als Teil des Smart City Aspekts „Mobilität“ [GST12].

¹ Hochschule für Telekommunikation Leipzig, G.-Freytag-Str. 43-45, 04227 Leipzig,
{anke|s114229}@hft-leipzig.de

Parken ist im städtischen Bereich eine Notwendigkeit. Bürger, Pendler, Touristen aber auch Zulieferer sind auf Parkräume angewiesen. Auch Städte sind daran interessiert, Kraftfahrzeuge in geordneten Parkräumen zu organisieren. Für die Organisation des ruhenden Verkehrs gibt es in einer intelligenten Stadt das Konzept „Smart Parking“. [Pe14]. Es soll mittels IKT der Prozess der Parkplatznutzung besser koordinieren, um Kosten- und Zeitersparnis für die Bürger sowie ökologische Verbesserungen zu erreichen [Ma14a], [Ma14c].

1.2 Forschungsfrage

Der Fokus der Betrachtung von Smart Parking war bislang vor allem auf die technischen Aspekte von Sensorik, Datenanalyse und Systemarchitektur gerichtet [GC12], [Ji14]. Jedoch fehlte eine systematische Darstellung und Bewertung des Nutzens, welcher Smart Parking für die betroffenen Gruppen einer Stadt haben kann. In diesem Beitrag wird dieses Defizit anhand der Forschungsfrage adressiert:

Welchen potenziellen Nutzen hat Smart Parking für die beteiligten Akteure?

Damit soll kommunalen Entscheidern ein besseres Verständnis von Smart Parking gegeben und gleichzeitig einen ersten Eindruck über seine Auswirkungen vermittelt werden.

1.3 Methodik und Struktur des Beitrags

Zur Nutzenbewertung haben wir eine Literaturanalyse durchgeführt. Im ersten Schritt wird der aktuelle Status zur Organisation des ruhenden Verkehrs dargestellt. Anschließend wird der Begriff „Smart Parking“ erläutert, seine Merkmale und die Funktionsweise eines Smart Parking Systems dargelegt. Auf Basis der wesentlichen Akteure im ruhenden Verkehr und ihrer Ziele werden die Nutzen von Smart Parking abgeleitet. Zur Unterstützung der Analyse werden Erfahrungen aus Pilotinstallationen herangezogen und - soweit verfügbar – mit konkreten Zahlen zur Quantifizierung der Auswirkungen gestützt. Der Beitrag schließt mit einer Zusammenfassung sowie der Ableitung weiterer Forschungsfragen.

2 Einordnung von Smart Parking

2.1 Status Quo der Parkraumbewirtschaftung

Derzeit entstehen rund 30% der Verkehrs in Innenstädten durch die Suche nach Parkplätzen [Sh06], [GC13], [ARS05]. Ein Autofahrer benötigt ca. acht Minuten pro Parkplatzsuche [GC13] und legt dabei eine Distanz von 4,5 Kilometern zurück. Dabei werden ca. 1,3 kg CO₂ ausgestoßen. Damit verbunden sind Staus, zusätzliche Unfall-

gefahren sowie Zeitaufwand für die Autofahrer. Laut einer Studie entstehen in Frankreich pro Jahr 700 Millionen Euro Schaden durch Suchaufwand für Parkplätze [GL06].

Ohne individuelle Informationen begeben sich Autofahrer erst am Ziel auf die Suche. Große Parkplätzen und Parkhäuser sind anhand eines Parkleitsystems leicht identifizierbar, und sind daher beliebt bei Touristen. Das hat zur Folge, dass diese besonders an Wochenenden und Feiertagen, stark ausgelastet sind und somit Staus entstehen. Parkräume für Lieferverkehr wiederum sind kaum ausgeschildert, so dass auch dieser zu der Belastung in Innenstädten beiträgt. Spezielle Parkplätze für Elektrofahrzeuge mit Ladestationen sind derzeit häufig schlecht ausgewiesen. Weiterhin gibt es Zielorte, bei denen große Parkflächen nicht vorhanden sind und ein Parkplatz am Straßenrand gefunden werden muss. In Wohngebieten können die Parkflächen den Anwohnern vorbehalten sein, was dazu führt, dass aufwändig nach einem Parkplatz gesucht wird.

Solche Situationen verleiten dazu, Fahrzeuge in Bereichen abzustellen, die nicht für den ruhenden Verkehr vorgesehen [PLP13] oder auf Parkplätzen, die anderen Personen vorbehalten sind, sind z.B. für Menschen mit Behindertenausweis, Elektrofahrzeuge oder Lieferantenverkehr. Neben der Verzögerung von Warenlieferungen und Maßnahmen des Ordnungsamtes (Abschleppen), sind Falschparker ein Hindernis für andere Verkehrsteilnehmer und lösen zudem Unfälle und Staus aus und. Die Identifikation dieser Vergehen erfolgt durch Mitarbeiter des Ordnungsamtes, die Parkverbotsbereiche kontrollieren. Dieses Verfahren ist sehr kosten- und zeitintensiv. Zum einen entgehen der Stadt Gebühren für das widerrechtliche Parken, zum anderen müssen entsprechend Mitarbeiter zur Ahndung eingesetzt werden.

Parkvorschriften und Parkgebühren sind durch Verordnungen festgelegt. Daher sind Anpassungen selten und eine dynamische Anpassung z.B. anhand der Nachfrage findet bislang nicht statt [Du05]. Wenn Parkräume geplant werden, werden Preise und Regeln zu Beginn bestimmt, welche sich nur zwischen Haupt- und Nebenzeiten unterscheiden.

2.2 Merkmale, Funktionen und Ziele von Smart Parking

Smart Parking soll die genannten Herausforderungen im ruhenden Verkehr reduzieren. Im Allgemeinen wird unter „Smart Parking“ der Einsatz von Technologien verstanden, um Kraftfahrern das Auffinden, Reservieren und Bezahlen von Parkdienstleistungen zu ermöglichen [RS10]. Folgenden Funktionen charakterisieren Smart Parking Systeme:

- Identifikation und Kommunikation der Belegung von Parkplätzen
- Navigation zu freien Parkplätzen
- Elektronische Buchung und Zahlung
- Elektronische Prüfung auf spezielle Zugangsberechtigung, z.B. Behinderte
- Verwaltung von Zugangsberechtigungen
- Dynamische Preisfindung
- Effiziente Ermittlung von Falschparkern
- Ableitung von Nachfrage zur Unterstützung der Verkehrsplanung

Grundlage von Smart Parking ist die automatische Ermittlung der Belegung von Parkflächen und der zentralen Bereitstellung dieser Informationen. Um Autofahrer bei der Routenführung zu unterstützen, werden die von den Sensoren gelieferten Daten ausgewertet und mit der eigenen Position sowie Zielort verglichen. Das Ergebnis der Analyse wird dem Fahrer entweder auf dem Smartphone oder dem Navigationssystem zur Verfügung gestellt, um den Fahrer direkt zum ermittelten Parkplatz zu führen. Dabei können speziell Berechtigte (Elektrofahrzeuge, Lieferverkehr, Anwohner, Behinderte, Reisebusse) zu den vorgesehenen Parkräumen geführt werden, während alle anderen Autofahrer nicht zu diesen Plätzen geleitet werden. Während Parkraumnutzer in der Regel per Smartphone auf das Smart Parking System zugreifen, gibt es weitere Systemzugänge für Parkraum-Manager sowie Ordnungsbehörden [Gr13].

Wie eingangs erwähnt, gibt es für technische Aspekte von Smart Parking bereits eine Vielzahl Publikationen. Zum besseren Verständnis soll an dieser Stelle jedoch der Aspekt der Datenerfassung in einem Smart Parking System kurz betrachtet werden. Zur Belegungserkennung von Parkräumen gibt es verschiedene Techniken:

- *Installation eines Sensors pro Parkplatz:* Mittels Infrarot [KN14], Induktionsschleifen oder Ultraschall [RD12] wird ermittelt, ob ein bestimmter Platz von einem belegt ist. Die Sensoren übertragen über ein drahtloses Sensornetzwerk ihren aktuellen Zustand an einen Gateway, der die gesammelten Informationen aufbereitet und an eine zentrale Instanz (Server) weitersendet (siehe Abb. 1).
- *Überwachung eines größeren Parkbereiches:* Dazu werden Kameras eingesetzt, um mittels Bildanalyse die Belegung einzelner Parkplätze im Sichtfeld zu bestimmen [Id09b], [BCM11], [LCL07]. Dieser Ansatz ist kostengünstiger als Einzelsensoren. Allerdings ist die Genauigkeit geringer, vor allem durch Umwelteinflüsse (Dunkelheit, Nebel, Schnee usw.)
- *Smartphone Sensoren:* Neuere Ansätze verwenden die Präsenz von Smartphones an lokalen Wi-Fi Hotspots [NEM13] sowie der Auswertung von Beschleunigungssensoren [Sa15], um Parkvorgänge zu identifizieren.

Bei zugangsbeschränkten Parkplätzen müssen die Fahrzeuge identifiziert werden, um ihre Berechtigung zu prüfen. Hierfür hat sich die Radiofrequenzidentifikation (RFID) etabliert [Dj15]. Alternativ kann das Fahrzeugkennzeichen mittels Kameras und Bilderkennung bestimmt werden [RD12]. Die Navigation zu freien Parkplätzen erfordert die Position des Fahrzeugs, die z.B. per Global Positioning System (GPS) ermittelt wird. GPS-Empfänger sind in Navigationssystem sowie den meisten Smartphones vorhanden. Zudem kann die Navigation über digitale Verkehrsschilder unterstützt werden.

Einige Smart Parking Systeme erlauben es, Parkgebühren bargeldlos zu zahlen [RD12]. Nutzt der Parker z.B. ein Smartphone zum Kauf eines Parktickets für einen bestimmten Zeitraum, kann er dieses verlängern, ohne zum Parkplatz zurückzukehren. Eine andere Variante ist die minutengenaue Bezahlung, wobei der Autofahrer nach Verlassen des Parkplatzes, die angefallenen Gebühren bargeldlos bezahlt.

Über die Auswertung der Daten zu Belegungen und Bedarfe unterstützt Smart Parking die Planung und Steuerung von Parkraum, z.B. durch Festlegung von Bereichen für Behinderte oder Lieferantenverkehr.

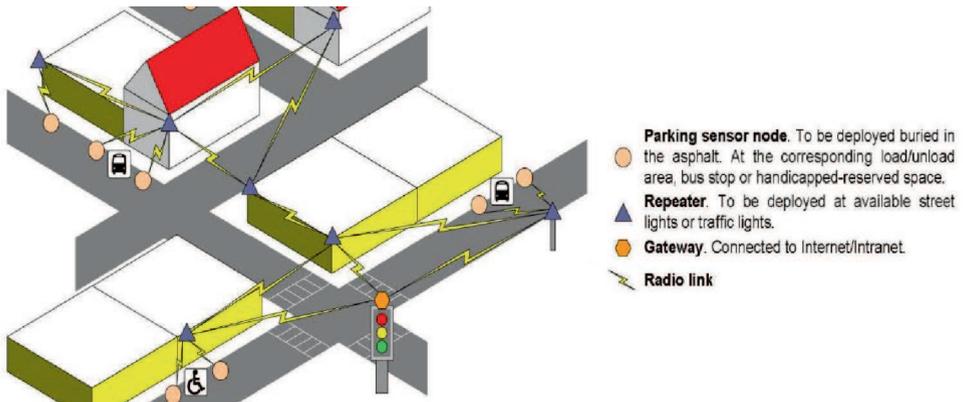


Abb. 1: Erfassung der Belegung von Parkplätzen mit Smart Parking [HM13]

Bestandteil der Planung kann ebenfalls die Preisgestaltung für Parkplätze entsprechend der Nachfrage sein [Ko16]. Hier kann durch die Digitalisierung des gesamten Vorgangs - zumindest technisch gesehen - eine häufige Anpassung an individuelle Situationen (dynamische Preisfindung) erfolgen. Parkgebühren und Höchstparkdauern könnten damit flexibel an die Nachfrage angepasst werden [DDR14]. Zudem ist die Identifikation von Falschparkern effizienter möglich.

3 Analyse des Nutzens von Smart Parking

Zur Betrachtung der Nutzen ist eine Herleitung der wichtigsten Akteure notwendig:

- Die erste Gruppe sind Autofahrer, die nachfolgend als *private Parkraumnutzer* bezeichnet werden. Ihre Ziele sind vor allem Kostenersparnis und Komfortgewinn, der sich vor allem in niedrigen Zeitaufwand für die Fahrt ausdrückt. Ihre Parkdauer ist unterschiedlich. Besonders Kunden und Gäste parken eher kurz, Anwohner eher lang [Du05]. Innerhalb dieser Gruppe gibt es noch Personen mit Mobilitätseinschränkungen, Führer von Elektro- sowie Carsharing-Fahrzeugen, für die spezielle Plätze („Sonderparkstände“) vorgesehen sind [Du05].
- Die zweite Gruppe sind Lieferverkehre, d.h. *gewerbliche Parkraumnutzer*. Für sie ist das rechtzeitige Erreichen gekennzeichneter Lieferzonen wichtig, da sonst Umsatzeinbußen oder Vertragsstrafen drohen. Sie sind eher Kurzparker [Du05].
- Die letzte Gruppe sind *kommunale Akteure*. Dort sind verschiedene Ziele vereint, die sich mit der Stadt als Ganzem befassen. Hier sind vor allem Finanz- und Um-

weltziele sowie die Verbesserung von Planungsgrundlagen relevant. Ineffizienzen in der Parkraumbewirtschaftung entstehen u.a. durch ungleiche Auslastung von Parkplätzen und der aufwändigen Aufdeckung und Bearbeitungen von Ordnungswidrigkeiten.

3.1 Nutzen für private Parkraumnutzer

Der primäre Nutzen von Smart Parking für private Parkraumnutzer ist die Verringerung der Parksuchzeit. In einem Experiment wurden die Fahrtzeiten innerhalb eines Parkraums und die Gesamtzeit zum Erreichen eines Parkplatzes von zwei Fahrern mit und ohne Smart Parking in der Hauptverkehrszeit verglichen. Nach 200 Durchläufen wurde festgestellt, dass sich die Fahrtzeit im Parkraum um 40% verringert und die Gesamtzeit der Parkplatzsuche um 32% kleiner ist, als beim herkömmlichen Suchen [Ma14b].

Daneben verringern sich auch die Kosten die bei der Parkplatzsuche für unnötig gefahrene Strecken entstehen. Diese betragen nach [AP14] im Schnitt 1,35 Euro und setzen sich aus Kraftstoff- und Fahrzeugkosten zusammen, z.B. für die Instandhaltung. Da Smart Parking Informationen über Parkmöglichkeiten am Ziel liefert, ist ebenfalls eine Reduktion von Kosten für Bußgelder durch Falschparken möglich, die sich im Durchschnitt auf 16 Euro pro Fahrer und Jahr belaufen [AP14].

Ein weiterer Nutzen von Smart Parking ist die Optimierung der Parkgebühren und die Vereinfachung der Bezahlung der Parkgebühren [Id09a]. Dafür sind zwei Funktionen verantwortlich: Transparenz über für sie optimale Kombination von Preis und Standort sowie elektronische Bezahlung und Verlängerung von Parktickets, die weder zu lang noch zu kurz gebucht werden.

3.2 Nutzen für gewerbliche Parkraumnutzer

Aus dem Nutzen von Smart Parking für Autofahrer folgen Nutzen für den Lieferverkehr. Lieferzonen sind häufig speziell gekennzeichnet und als Parkverbotszone für Autos deklariert [Du05]. Durch einem nicht der Nachfrage angepassten Parkplatzangebot wird widerrechtlich in Lieferzonen geparkt. Das hat zur Folge, dass der Lieferverkehr bei der Arbeit behindert wird. Dadurch geht Zeit verloren und es müssen größere Strecken zum Abliefern der Ware ohne das Lieferfahrzeug bewältigt werden. Reduziert sich die Anzahl der Falschparker, kann der Lieferprozess effizienter ausgeführt werden. Damit können mehr Aufträge in der gleichen Zeit abgewickelt werden.

Weitere Zeit kann durch den geringeren Verkehr und den Einsatz von Smart Parking für den Lieferverkehr gewonnen werden. Die erwarteten Effekte sind ähnlich wie bei den privaten Parkraumnutzern, jedoch werden als Parkplätze nur die für den jeweiligen Lieferort geeigneten Lieferzonen betrachtet. Bei der Betrachtung der Kosten ist Kraftstoff- und Verschleißkosten auch der höhere Umsatz sowie ggf. Vermeidung von Vertragsstrafen durch Verletzung vereinbarter Lieferterminen zu berücksichtigen.

3.3 Nutzen von Smart Parking für Städte

Der Nutzen von Smart Parking für Städte liegt zum einen im verringerten Verkehrsaufkommen. Dadurch reduzieren sich CO₂-, Feinstaub- und andere Werte, welche die Umweltbelastung durch Verkehr kennzeichnen [Id09a]. Bis 2050 sollen 80 bis 95 Prozent der Emissionen gegenüber 1990 reduziert werden [Bu14]. In einem Beispiel reduzierten sich die Emissionen durch Smart Parking um 38 Prozent [Ma14b].

Weiterhin liefern die mit Smart Parking gewonnenen Daten Angaben über die Nachfrage an Parkplätzen und zeigen die Auslastung sowie Art der Nutzung dieser an. Daraus lassen sich Prognosen zur künftigen Parkplatznachfrage ableiten, die wiederum die Verkehrs- und Parkraumplanungen unterstützen. Dazu gehört neben der Gestaltung der Parkräume auch die Festlegung von Parkgebühren [Id09a].

Smart Parking erlaubt ebenfalls, die Gebühren dynamisch festzulegen. Damit können die Gebühreneinnahmen maximiert, die Auslastung optimiert oder Emissionen reduziert werden. Der Preis bildet den Anreiz, um das Verhalten der Autofahrer entsprechend zu lenken [DDR14]. Bei der Integration von Smart Parking in intermodale Verkehrsketten, kann die Erreichung des Fahrziels auch unter Nutzung anderer Verkehrsmittel transparent angeboten werden. Gerade öffentliche Verkehrsmittel sind häufig günstiger und verringern wiederum Verkehrsaufkommen und Umweltbelastung.

Da es in Deutschland eine Vorschrift gibt, dass zur Ahndung von Falschparkern Zeugen vor Ort sein müssen, erfordert dieser Vorgang die physische Präsenz von Mitarbeitern des Ordnungsamtes. Mit Smart Parking können diese jedoch gezielter zu Falschparkern geleitet werden. Dies reduziert den Anteil der nicht entdeckten Falschparker, was zu Mehreinnahmen durch Ordnungsgelder führt.

3.4 Nutzenzusammenhänge im Überblick

In Abb. 2 ist dargestellt, welchen Nutzen die wichtigsten Funktionen von Smart Parking haben und welche Ziele von Städte und Parkraumnutzern damit bedient werden. Dabei sind nur die wichtigsten Zusammenhänge dargestellt. Es gibt weitere Wechselwirkungen, wie z.B. der Einfluss geringerer Emissionen auf die Gesundheit der Bürger.

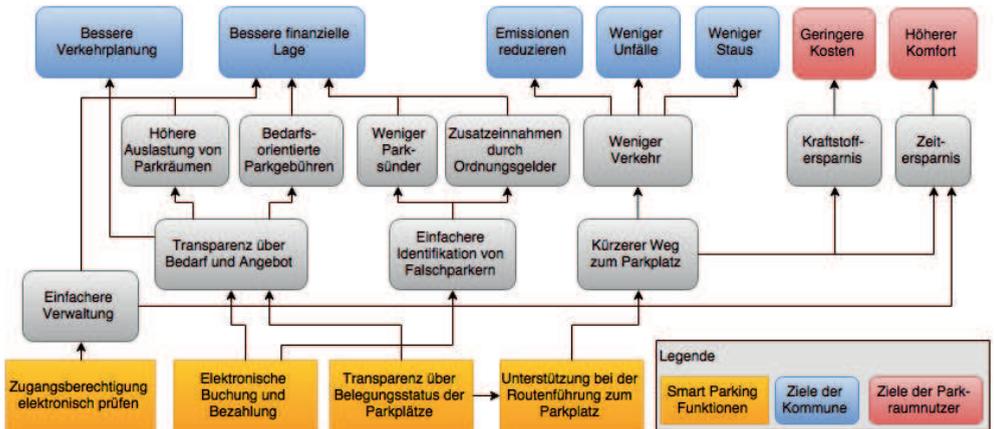


Abb. 2: Wesentliche Nutzen von Smart Parking im Überblick

4 Erfahrungswerte aus Pilotprojekten

Smart Parking wurde bereits in einer Reihe von Städten pilotiert. Leider sind die Ergebnisse dieser Projekte oft nur im Rahmen von Pressemitteilungen der am Projekt beteiligten Unternehmen oder gar nicht dokumentiert. Da Unternehmen an einer verkaufsfördernden Darstellung ihrer Leistungen interessiert sind, sollten die Daten unter dieser Perspektive bewertet werden. Dennoch liefern sie einen Beitrag zur vorliegenden Fragestellung. Wissenschaftliche Quellen zum Nutzen von Smart Parking finden sich vereinzelt in den EU-geförderten Smart City Projekten (siehe [Ma14a] für einen Überblick). Tab. 1 zeigt die Erkenntnisse ausgewählter Städte zur Quantifizierung der Zusammenhänge.

| Stadt, Anzahl Sensoren | Ergebnisse |
|--------------------------------------|--|
| Barcelona (Spanien), > 500 Sensoren | Reduktion der Suchzeit für Parkplätze von 15,6 min auf 5 min. Durch effizientere Nutzung von Parkflächen ist die Schaffung neuer Parkflächen unnötig geworden. Als Haupthindernis wird der Aufwand für die Ausrüstung der Parkplätze mit Sensoren gesehen [Ma14a]. |
| San Francisco Bay Area (USA) | Unterstützung eines Park & Ride Szenarios mit Smart Parking. Reduktion der Reisedauer für Pendler um rund 7,5%, Verringerung der mit dem Auto gefahrenen Strecke um 9,7 Meilen [RS10]. |
| Moskau (Russland), > 12.000 Sensoren | Die durchschnittliche Nutzungszeit von Parkplätzen hat sich von 6-8h auf 1,5 reduziert, d.h. die Parkflächen wurden von 4x mehr Fahrzeugen genutzt als zuvor. Die Anzahl der Fälle von unzulässigem Parken wurde um 64% reduziert [Ne15]. |

| | |
|--|---|
| Santander, Spanien, 400 Sensoren | Reduktion des Parksuchverkehrs um 80% [Ci14]. |
| Cottesloe, Australien, ca. 600 Sensoren | Einnahmen der Stadt aus Bußgeldern für Falschparker stiegen von 230.000 AU\$ auf 983.000 AU\$ innerhalb von vier Jahren. [Sm15] |
| Embry Riddle Aeronautical University, Florida, USA | Parksuchverkehr auf einem Campusparkplatz sinkt um 11 Sekunden pro Parkvorgang [SLV13]. |
| Pittsburgh, USA | 40% der Fahrer erzielten eine Reduktion der Parksuchzeit um 1 bis 6 min. [FHH13] |

Tab. 1: Ergebnisse ausgewählter Smart Parking Installationen

Wie aus der Tabelle hervorgeht, werden Bestrebungen unternommen, die konkreten Auswirkungen von Smart Parking Installationen zu bewerten. Allerdings sind die angegebenen Größen nur begrenzt vergleichbar, da die Ausgangssituationen und Szenarien sehr unterschiedlich sind.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Smart Parking ist ein Konzept mit dem Potenzial aktuelle Herausforderungen in Bezug auf die effiziente Steuerung des Parksuchverkehrs sowie der Parkraumbewirtschaftung zu bewältigen. Wie gezeigt wurde, weist Smart Parking vielfältige Auswirkungen auf, die den Zielen von Städte und Bürgern gleichermaßen dienen können. Es zeigt sich in Pilotinstallationen, dass insbesondere kurzfristig wirksame Effekte wie Gebühreneinnahmen und Belegungsdauer auch messbar sind. Andere Nutzen, z.B. die Reduktion von Emissionen oder bessere Verkehrsplanung müssen mit höherem Aufwand und über einen längeren Zeitraum ermittelt werden. Weitere abgeleitete strategische Nutzen wie die Verbesserung der Attraktivität der Stadt für Ansiedlung von Unternehmen wurden in diesem Beitrag nicht berücksichtigt, wemgleich es hierfür insbesondere im Einzelhandel erste Ideen wie digitale Parkgutscheine gibt [SGT14].

Für eine vollständige Betrachtung der Wirtschaftlichkeit ist nicht nur die Analyse der Nutzen, sondern auch die Gegenüberstellung mit den Kosten relevant. Dazu gehören die nötige Hard- und Software, die Möglichkeit Smart Parking für Autofahrer nutzbar zu machen und die Installation sowie Wartungs- und Instandhaltungskosten. Zudem müssen auch nicht-monetäre negative Effekte wie mögliche Missbrauchsszenarien und höhere Abhängigkeit von der Verfügbarkeit der Systeme analysiert werden. Mittelfristiges Ziel der Forschung sollte ein Instrumentarium für die Ausgestaltung von Smart Parking Systemen in konkreten Städten sowie die Abschätzung der Auswirkungen sein.

Weitere offene Fragen sind die technische Integration verschiedener Erfassungstechniken, das Verwalten von deren Lebenszyklus sowie die Schaffung einer Transparenz zwischen öffentlichen und privaten Parkraumbetreibern hinweg. Schließlich sind Fragen der Authentifizierung gegenüber stadtwweit genutzten elektronischen Diensten, die Einbindung in intermodale Verkehrsketten sowie in die optimierte Steuerung des Verkehrsflusses zu beantworten. Bei Integration mit Nahverkehrsangeboten kann das System alternative Verkehrsmittel vorschlagen, wenn einerseits der Zeitaufwand zum Erreichen des Parkplatzes zu hoch (z.B. durch Staus) oder die fußläufige Entfernung vom Parkplatz zum Zielort zu groß ist. Teilaspekte davon wurden in Darmstadt in einem Projekt unter der Bezeichnung „Smart Traffic Flow“ erprobt [Sc15].

Die große Herausforderung besteht darin, die sehr abstrakten technischen Möglichkeiten in konkrete, durchführbare Projekte zu übersetzen [CT12]. Eine aussichtsreiche Strategie liegt für Kommunen im gezielten Aufbau von Pilotszenarien. Auf diese Weise lassen sich in kleinem Maßstab einfach Erfahrungen zu sammeln und Kompetenz aufzubauen, ohne ein hohes finanzielles Risiko einzugehen. Hier sind für Smart City Projekte Konzepte wie z.B. sogenannte „Living Labs“ und „Innovation Districts“ vorgeschlagen worden [CAT13]. Für die Projektierung konkreter Smart Parking Installationen gibt es bislang nur wenige Arbeiten. Dabei müssen technische, organisatorische, rechtliche und wirtschaftliche Anforderungen aufeinander abgestimmt werden. Erste Ansätze gibt es z.B. zur optimierten Anordnung von Sensoren und anderen Infrastrukturkomponenten, die sowohl technische als auch finanzielle Kriterien berücksichtigten [BCZ15].

6 Literaturverzeichnis

- [AP14] APCOA Parking Holdings GmbH: APCOA Parking Studie 2013. <http://www.apcoa.de/nachrichten/extra-news/parking-studie.html>, 20. Juli 2015.
- [ARS05] Arnott, R.; Rave, T.; Schöb, R.: Alleviating Urban Traffic Congestion. The MIT Press, 2005.
- [Ba15] Baird, J.: Recycling and the Cloud. <http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-15/issue-5/wmw-recycling-special/recycling-and-the-cloud.html>, 25. August 2015.
- [BCM11] Banerjee, S.; Choudekar, P.; Muju, M.K. Hrsg.: Real time car parking system using image processing, 2011.
- [BCZ15] Bagula, A.; Castelli, L.; Zennaro, M.: On the Design of Smart Parking Networks in the Smart Cities: An Optimal Sensor Placement Model. Sensors (Basel, Switzerland), 2015, 15; S. 15443–15467.
- [Bu11] Bunge: Anteil der in Städten lebenden Bevölkerung weltweit im Zeitraum von 1950 bis 2050. zitiert nach Statista. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/199605/umfrage/anteil-der-in-grossstaedten-lebenden-bevoelkerung-weltweit/>, 01.10.2015.

- [Bu14] Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit: Nationale Klimapolitik. www.bmub.bund.de/themen/klima-energie/klimaschutz/nationale-klimapolitik, 18. August 2015.
- [CAT13] Cosgrave, E.; Arbuthnot, K.; Tryfonas, T.: Living Labs, Innovation Districts and Information Marketplaces. A Systems Approach for Smart Cities. In *Procedia Computer Science*, 2013, 16; S. 668–677.
- [CHF12] Crowther, J.; Herzig, C.; Feller, G.: The Time Is Right for Connected Public Lighting Within Smart Cities, 2012.
- [Ci14] Cisco: IoE-Driven SmartSantander Initiative Reduces Traffic Congestion, Pollution, Commute Times, 28.09.2015.
- [CT12] Cosgrave, E.; Tryfonas, T.: Exploring the Relationship Between Smart City Policy and Implementation. In (IARIA Hrsg.): *The First International Conference on Smart Systems, Devices and Technologies*, 2012.
- [DDR14] Di Nocera, D.; Di Napoli, C.; Rossi, S.: A Social-Aware Smart Parking Application: CEUR workshop proceedings, 2014.
- [Dj15] Djenouri, D. et al.: Car Park Management with Networked Wireless Sensors and Active RFID. *IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE on ELECTRO/INFORMATION TECHNOLOGY*, 2015; S. 373–378.
- [Du05] Dunker: Ruhender Verkehr. In (Steierwald, G.; Künne, H. D.; Vogt, W. Hrsg.): *Stadtverkehrsplanung*. Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 2005; S. 555–590.
- [FHH13] Fabusuyi, T.; Hampshire, R. C.; Hill, V.: Evaluation of a Smart Parking System. In *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 2013, 2359; S. 10–16.
- [GC12] Geng, Y.; Cassandras, C. G.: A new “Smart Parking” System Infrastructure and Implementation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, 54; S. 1278–1287.
- [GC13] Geng, Y.; Cassandras, C. G.: New “Smart Parking” System Based on Resource Allocation and Reservations. *Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on*, 2013, 14; S. 1129–1139.
- [GL06] Gantelet, E.; Lefauconnier, A.: The Time looking for a Parking Space. Strategies, Associated Nuisances and Stakes of Parking Management in France: Proceedings of the European Transport Conference, 2006.
- [Gr13] Grazioli, A. et al.: Collaborative Mobile Application and Advanced Services for Smart Parking. In (IEEE Hrsg.): *14th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM)*, 2013; S. 39–44.
- [GST12] Giuffrè, T.; Siniscalchi, S. M.; Tesoriere, G.: A Novel Architecture of Parking Management for Smart Cities. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, 53; S. 16–28.
- [HM13] Hernández-Muñoz, J. M.; Muñoz, L.: The SmartSantander Project. In (Hutchison, D. et al. Hrsg.): *The Future Internet*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2013; S. 361–362.

- [Id09a] Idris, M. et al.: Car Park System. A Review of Smart Parking System and its Technology. In *Information Technology Journal*, 2009, 8; S. 101–113.
- [Id09b] Idris, M. Y. I. et al.: Smart Parking System using Image Processing Techniques in Wireless Sensor Network Environment. *Information Technology Journal*, 2009, 8; S. 114–127.
- [Ji14] Ji, Z. et al.: A Cloud-Based Car Parking Middleware for IoT-based Smart Cities: Design and Implementation. *Sensors*, 2014, 14; S. 22372–22393.
- [KN14] Karunarathne, M. S.; Nanayakkara, L. D. J. F.: A Prototype to Identify Availability of a Car in a Smart Car Park with Aid of Programmable Chip and Infrared Sensors. *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, 2014, 5; S. 76–79.
- [Ko16] Kotb, A. O. et al.: iParker—A New Smart Car-Parking System Based on Dynamic Resource Allocation and Pricing. In *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2016; S. 1–11.
- [LCL07] Lin, S.F.; Chen, Y.Y.; Liu, S.C. Hrsg.: A vision-based parking lot management system, 2007.
- [Ma14a] Manville, C. et al.: Mapping Smart Cities in the EU, 2014.
- [Ma14b] Mathew, S. S. et al.: Building sustainable parking lots with the Web of Things. In *Personal and Ubiquitous Computing*, 2014, 18; S. 895–907.
- [Ma14c] Mainetti, L. et al. Hrsg.: Integration of RFID and WSN technologies in a Smart Parking System. *IEEE*, 2014.
- [Ne15] Nedap Identification: Moscow installs smart parking system SENSIT. <http://www.nedapidentification.com/news/news/moscow-installs-sensit.html>, 30.09.2015.
- [NEM13] Nawaz, S.; Efstratiou, C.; Mascolo, C.: ParkSense: A Smartphone Based Sensing System For On-Street Parking. In (Helal, S.; Chandra, R.; Kravets, R. Hrsg.): the 19th annual international conference, 2013; S. 75.
- [Pe14] Perboli, G. et al.: A New Taxonomy of Smart City Projects. In *Transportation Research Procedia*, 2014, 3; S. 470–478.
- [PF15] Portmann, E.; Finger, M.: Smart Cities – Ein Überblick! In *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 2015, 52; S. 470–481.
- [PLP13] Polycarpou, E.; Lambrinos, L.; Protopapadakis, E.: Smart parking solutions for urban areas: 2013 IEEE 14th International Symposium on “A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks” (WoWMoM), 2013; S. 1–6.
- [RD12] Revathi, G.; Dhulipala, V. R. S.: Smart parking systems and sensors: A survey: 2012 International Conference on Computing, Communication and Applications (ICCCA), 2012; S. 1–5.
- [RS10] Rodier, C. J.; Shaheen, S. A.: Transit-based smart parking: An evaluation of the San Francisco Bay area field test. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2010, 18; S. 225–233.

-
- [Sa15] Salpietro, R. et al.: Park Here! a smart parking system based on smartphones' embedded sensors and short range Communication Technologies: 2015 IEEE 2nd World Forum on Internet of Things (WF-IoT), 2015; S. 18–23.
- [Sc15] Schmidt, W. et al.: Smart Traffic Flow. In HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2015, 52; S. 585–596.
- [SGT14] Sauras-Perez, P.; Gil, A.; Taiber, J.: ParkinGain: Toward a smart parking application with value-added services integration: 2014 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE), 2014; S. 144–148.
- [Sh06] Shoup, D. C.: Cruising for parking. *Transport Policy*, 2006, 13; S. 479–486.
- [SLV13] Surpris, G.; Liu, D.; Vincenzi, D.: Evaluating the Effect of Smart Parking Technology on Campus Parking System Efficiency using Discrete Event Simulation. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2013, 57; S. 1948–1952.
- [Sm15] SmartPark: Town of Cottesloe, Perth - Australia. <http://www.smartparking.com/keep-up-to-date/case-studies/smartpark-cottesloe>.
- [UN13] UN DESA Population Division: Prognose zur Entwicklung der Weltbevölkerung von 2010 bis 2100 (in Milliarden). zitiert nach Statista. <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/1717/umfrage/prognose-zur-entwicklung-der-weltbevoelkerung/>, 01. Oktober 2015.