

Luftbild eines großen PKW-Parkplatzes [25]

Parkraummanagement mithilfe von Digitalen Zwillingen

Eine Fallstudie anhand der Stadt München

In einer Zeit, die durch eine rasche Expansion der Städte gekennzeichnet ist, sind die Ballungsräume weltweit mit einem hohen Verkehrsaufkommen konfrontiert, was den Druck auf die bestehende Infrastruktur erhöht. Jüngste Daten der Vereinten Nationen zeigen, dass bis 2050 rund 68 % der Weltbevölkerung in städtischen Regionen leben werden [22]. Diese Schätzung verschärft den Druck auf die bestehende städtische Infrastruktur noch mehr. Ein Problem, mit dem sich die Ballungsräume auseinandersetzen müssen, ist der begrenzte Parkraum für die hohe Anzahl von Fahrzeugen, der sich direkt aus dem hohen Transitbedarf ergibt.

Diese Situation erfordert eine Neubewertung und Umgestaltung der traditionellen Parkraumbewirtschaftungskonzepte. Trotz verschiedener Versuche, die Parkplatzknappheit zu bekämpfen, müssen die konventionellen Methoden der Städte oft angepasst werden, um die Parkraumnutzung zu optimieren. Eine ineffiziente Bewirtschaftung verschlimmert Staus, Verkehrsprobleme, Umweltprobleme und führt zu einem sinkenden Lebensstandard in den Städten. Darüber hinaus machen die sich ständig verändernden Stadtlandschaften und die sich wandelnden Mobilitätsmuster der Bewohner diese Herausforderung noch komplexer. Die dringende Notwendigkeit, das Parkraumproblem im städtischen Umfeld zu lösen, hat zu einer deutlichen Veränderung der Stadtplanung und der Managementstrategien geführt. Innovative Ansätze sind entscheidend, um der Überlastung der Straßen entgegenzuwirken und die städti-

sche Mobilität zu verbessern. Ein solcher Ansatz, der weltweit Beachtung findet, ist die Integration von Digitalen Zwillingen in die städtische Infrastruktur. Die vom Deutschen Städtetag als innovative Methode für die Stadtplanung anerkannten urbanen Digitalen Zwillinge verändern die Art und Weise, wie Städte ihre physische Umgebung wahrnehmen und verwalten [3]. Das Aufkommen Digitaler Zwillinge in Städten bietet eine vielversprechende Lösung für die Revolutionierung der städtischen Parkraumbewirtschaftung. Doch obwohl diese Technologie ein großes Potenzial aufweist, müssen ihre praktische Umsetzung und ihre Integration in bestehende Stadtplanungssysteme neu bewertet werden. Aspekte wie Datengenauigkeit, technologische Infrastruktur, Zusammenarbeit zwischen den Akteuren und politische Rahmenbedingungen müssen sorgfältig geprüft werden, um die transformative Kraft der urbanen Digitalen Zwillinge

bei der Bewältigung der Parkplatzknappheit voll auszuschöpfen.

Was ist ein urbaner Digitaler Zwilling?

Im Wesentlichen geht es bei den urbanen Digitalen Zwillingen um die Erstellung eines digitalen Abbilds der Stadt, in das verschiedene Datenquellen wie Verkehrsmuster, Bevölkerungsdichte, Flächennutzung und Parkplatzverfügbarkeit integriert werden [23]. Diese virtuellen Duplikate bilden reale Situationen mithilfe fortschrittlicher Algorithmen und Modellierungstechniken nach und ermöglichen es Stadtplanern und politischen Entscheidungsträgern, städtische Infrastrukturen wie z. B. Parkplätze effizienter zu visualisieren, zu analysieren und zu verwalten [3]. Es gibt verschiedene Arten von Digitalen Zwillingen, darunter Prototypen, Digitale Zwillingeinstanzen und prognostizierende Digitale Zwillinge, die sich auf

Szenariovorhersagen konzentrieren [18]. Insgesamt lassen sich viele verschiedene Definitionen für Digitale Zwillinge finden. In diesem Artikel wird der Digitale Zwilling als eine technische Darstellung der physischen Infrastruktur betrachtet, die öffentliche Räume durch Algorithmen und Software effektiver nutzbar macht. Es handelt sich um ein Konzept, das die Datenintegration und die Interoperabilität verschiedener Systeme umfasst und eine kontinuierliche Aktualisierung mit Echtzeitdaten beinhalten kann. Grundlage hierfür ist die Definition des Digitalen Zwillinges des Lehrstuhls für Geoinformatik der Technischen Universität München. Professor Kolbe vom Lehrstuhl für Geoinformatik betont, dass alle Digitalen Zwillinge für einen bestimmten Zweck bestimmt sein sollten, weshalb eine Stadt je nach Zweck auch mehrere Digitale Zwillinge haben kann [11].

Diese Verlagerung hin zur Digitalisierung und datengestützten Entscheidungsfindung unterstreicht die Notwendigkeit für Städte, innovative Technologien einzusetzen, um die sich entwickelnden Herausforderungen der Urbanisierung zu bewältigen.

Was ist Parkraummanagement?

Parkraummanagement ist ein umfassender Prozess, der darauf abzielt, die Nutzung und Verfügbarkeit von Parkplätzen zu optimieren und zu kontrollieren, um die städtische Mobilität zu verbessern und die Umweltbelastung zu verringern [9]. Das Deutsche Institut für Urbanistik definiert Parkraummanagement als die zeitliche und räumliche Steuerung der Parkraumnutzung durch bauliche, organisatorische und verkehrliche Maßnahmen unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten. Es zielt darauf ab, die Effizienz der Parkraumbewirtschaftung zu verbessern. Das erfordert die Einbeziehung verschiedener Maßnahmen und Daten, darunter Angebotssteuerung, Informations- und Leitsysteme sowie Parkraumbewirtschaftung [4].

Parkraumbewirtschaftung ist nicht nur restriktiv, sondern auch integraler Bestandteil eines umfassenden Mobilitätskonzepts der Städte [4]. Durch die Parkraumbewirtschaftung können sicherheitsrelevante Sichtachsen gewährleistet werden, und es können auch Flächen für Freiräume und Grünflächen geschaffen werden, die die Qualität des öffentlichen Raums erhöhen [4]. Eine effektive Parkraumbewirtschaftung trägt zu einer nachhaltigen Stadtentwicklung bei und unterstützt den Übergang zu einer umweltfreundlichen Mobilität [23]. Verschiedene Methoden der Parkraumanalyse, bei denen häufig offene Daten mit nichtöffentlichen Quellen integriert werden, spielen in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle [23].

Aktuelles Parkraummanagement in urbanen Gebieten

Im Rahmen der Parkraumbewirtschaftung werden verschiedene Instrumente und Bewirtschaftungsarten eingesetzt, um eine effiziente Nutzung des begrenzten Parkraums zu gewährleisten. Zu den grundlegenden Instrumenten der Parkraumbewirtschaftung gehören Anwohnerparken, Kurzzeitparken und Langzeitparken. Die Bewirtschaftungsarten lassen sich in allgemeines gebührenpflichtiges Parken, gebührenpflichtiges Parken in bestimmten Bereichen und kostenloses Parken unterteilen. Darüber hinaus gibt es Varianten mit oder ohne Anwohnerparken, bei denen die Anwohner Parkausweise erhalten können. Eine entscheidende Rolle bei der Parkraumbewirtschaftung spielen auch differenzierte Regelungen, wie z. B. die Festlegung von Gebührensätzen, Mindestparkdauer und -gebühren, Gebührenabstufungen, Zeiten des freien Parkens, Bewirtschaftungszeiten und maximale Parkdauer. Für diese Gebühren werden die Parkuhren zunehmend durch Park-Apps ergänzt, die in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Städten entwickelt wurden. Beispiele sind „HandyParken“ in München und andere bekannte Apps wie EasyPark und Parkster [2].

Die Daten zu den Parkplätzen können auch in Parkraummanagement- und Mobilitätsanwendungen genutzt werden, um eine effektive Verkehrssteuerung und eine optimale Parkraumnutzung zu ermöglichen [23]. Diese verschiedenen Ansätze und Instrumente der Parkraumbewirtschaftung tragen



Abb. 1: Parkscheinautomat in Herne, Nordrhein-Westfalen [19]

zu einer effizienten Parkraumnutzung und einem besseren Verkehrsfluss in städtischen Gebieten bei. Bemerkenswert ist, dass die Auswirkungen der Pandemie der Coronavirus-Krankheit 2019 (COVID-19) und der Digitalisierung zu erheblichen Verschiebungen in der Parkraumbewirtschaftung geführt haben. Während der Bedarf an Parkplätzen in der Nähe von Arbeitsplätzen aufgrund von Fernarbeit abnimmt, steigt die Nachfrage nach Parkplätzen in Wohngebieten. Vor allem das Wohnen in Mittel- und Kleinstädten ist attraktiver geworden, was die Nachfrage nach Parkraum in diesen Gebieten erhöht [9]. Die zunehmende



Parkleitsystem Düsseldorf [26]



Digitalisierung ermöglicht eine stärkere Verflechtung und Verschmelzung verschiedener Lebensbereiche. Getrennte Prozesse werden über digitale Schnittstellen miteinander verknüpft, was zu neuen Verfahren und der Einbeziehung neuer Akteure führt [8]. Wie sich dies auf die Parkplätze auswirkt, ist noch nicht geklärt.

Technologien und Anwendungen von Digitalen Zwillingen

Heute nutzen viele deutsche Städte eine Vielzahl kommerziell verfügbarer Anwendungen, wie EasyPark [5], Yellowbrick von Flowbird [24], Parkster [14], PaybyPhone [15] und viele mehr. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für einen Parkscheinautomaten in Herne [19]. Neben dem manuellen Parkticket werden auch verschiedene mobile Anwendungen für digitale Parktickets angeboten. Dieser Artikel vergleicht im folgenden Abschnitt zwei mobile Parkanwendungen. Zum einen EasyPark, weil es die meistgenutzte Parkanwendung in Europa ist [5]. Zweitens die App HandyParken München, die ausschließlich in München verfügbar ist und in Zusammenarbeit mit den Stadtwerken München und der Münchner Verkehrsgesellschaft (MVG) entwickelt wurde [10].

Zukünftige Initiativen der Stadt München

Die Stadt München plant verschiedene Initiativen im Bereich der Digitalen Zwillinge und der Parkraumbewirtschaftung, um die Effizienz und Nachhaltigkeit im städtischen Verkehr zu verbessern. Dreißigminütige Experteninterviews wurden mit zwei Mitarbeitern der Stadt München geführt, um diese zukünftigen Initiativen der Stadt München besser zu verstehen. Benjamin Stjepanovic arbeitet im Referat für Mobilität, Andreas Schlagbauer im Referat für Stadtplanung und Bauordnung und Markus Mohl ist Leiter des Kompetenzzentrums Digitaler Zwilling im Geodaten dienst der Landeshauptstadt München. Herr Mohl wurde jedoch nicht interviewt, sondern die Informationen stammen aus einem Vortrag, den er auf der Abschlussveranstaltung von „Twin.by“ zum Thema gehalten hat: Urban AI Twin: Talk to Munich's Digital Twin. In diesem Vortrag führte er aus, dass die vorhandenen Daten aus Luftbilddaufnahmen und Feldbegehungen genutzt werden, um den Straßenraum als hochauflösende Punktwolke und Panoramabilder zu erfassen. Diese Daten ermöglichen eine detaillierte Bestandsaufnahme der Objekte im Straßenraum und bilden die Grundlage für zukünftige Entwicklungen. In Zukunft werden zusätzliche Informationen wie Verkehrszeichen, Vegetation und detaillierte Gebäudeinformationen erfasst, um umfassendere Digitale Zwillinge zu erstellen. Auch die Zu-



Abb. 2: Niederländisches Scan-Auto in Amsterdam [1]

gänglichkeit für Menschen mit Behinderungen steht im Vordergrund, um zum Beispiel barrierefreie Parkplätze leichter verfügbar zu machen. Das Kompetenzzentrum für Digitale Zwillinge in München hat das Ziel, den Digitalen Zwilling zu visualisieren und aktiv mit ihm zu interagieren [13].

Im Bereich der Parkraumbewirtschaftung plant das Mobilitätsreferat der Stadt München verschiedene Initiativen zur Digitalisierung und technologischen Weiterentwicklung. Dazu gehören die Erhöhung der Parkgebühren, die Entwicklung von mobilen Park-Apps, die Ausstattung von Sonderparkplätzen mit Detektionstechnik und die Digitalisierung von Park-and-Ride-Anlagen. Auch ein neues Parkleitsystem wird ausgeschrieben, um ein neues Konzept zu schaffen. In der Parkraumbewirtschaftung sollen mobile Sensoren und Scan-Autos die Parkflächen erfassen und überwachen. Allerdings gibt es Herausforderungen beim Einsatz von Kameras im öffentlichen Raum, und es muss auf Datenschutz und Akzeptanz geachtet werden [20]. Zu den Herausforderungen bei der Parkraumbewirtschaftung gehören niedrige Parkgebühren im Vergleich zu anderen europäischen Städten, begrenzte Möglichkeiten zur Gebührenanpassung aufgrund fehlender Rechtsgrundlagen und Platzmangel in dichten Städten wie München aufgrund von Mobilitätsstellungsmaßnahmen. Die Rolle der Digitalen Zwillinge in der Parkraumbewirtschaftung liegt in der Erfassung und Analyse von Parkdaten zur Verbesserung der Effizienz und Nachhaltigkeit. Sie können auch zur Vereinfachung von Genehmigungsverfahren und zur besseren Auslastung von Parkplätzen beitragen [20].

Das Projekt Connected Urban Twins zielt darauf ab, ein digitales Abbild der Stadt München zu erstellen und eine städtische

Datenplattform für eine bessere Datenkatalogisierung und -verknüpfung zu entwickeln. Es gibt jedoch Herausforderungen bei der Übertragung von Technologien auf öffentliche Parkplätze, bei der Akzeptanz von Pilotprojekten mit Sensoren und Kameras und beim Umgang mit der Komplexität der Bedürfnisse der verschiedenen Interessengruppen in der Stadt [16]. Insgesamt geht die Stadt München mit den geplanten Initiativen im Bereich der Digitalen Zwillinge und der Parkraumbewirtschaftung einen wesentlichen Schritt in Richtung einer effizienteren, nachhaltigen und barrierefreien urbanen Mobilität. Die dritte Forschungsfrage untersucht die Strategien, die die Stadt München umgesetzt hat, um Digitale Zwillinge in ihre Parkraumbewirtschaftungsmethoden einzubinden.

Vergleich mit anderen Städten: Amsterdam

Seit 2017 wird die Parkraumbewirtschaftung in Amsterdam in den Niederlanden durch Scan-Cars (Abb. 2) optimiert, die Fahrzeuge und Nummernschilder auf Parkplätzen erfassen. Diese Daten werden dann mit digitalen Parkscheinen abgeglichen. Der effiziente Einsatz von Scan-Autos ermöglicht eine präzise Nummernschildüberprüfung und eine effektive Steuerung des Verkehrsflusses [21]. Die Scan-Autos sind mit fortschrittlichen Sensoren, Kameras und Kennzeichenerkennungstechnologien ausgestattet, die ein automatisches Scannen der Kennzeichen von geparkten Fahrzeugen ermöglichen. Durch die Integration von Datenbanken können die Scan-Autos in Echtzeit überprüfen, ob ein Fahrzeug berechtigt ist, an seinem aktuellen Standort zu parken. Dies hilft, Verstöße gegen die Parkvorschriften zu erkennen und zu ahnden. Darüber hinaus bietet die

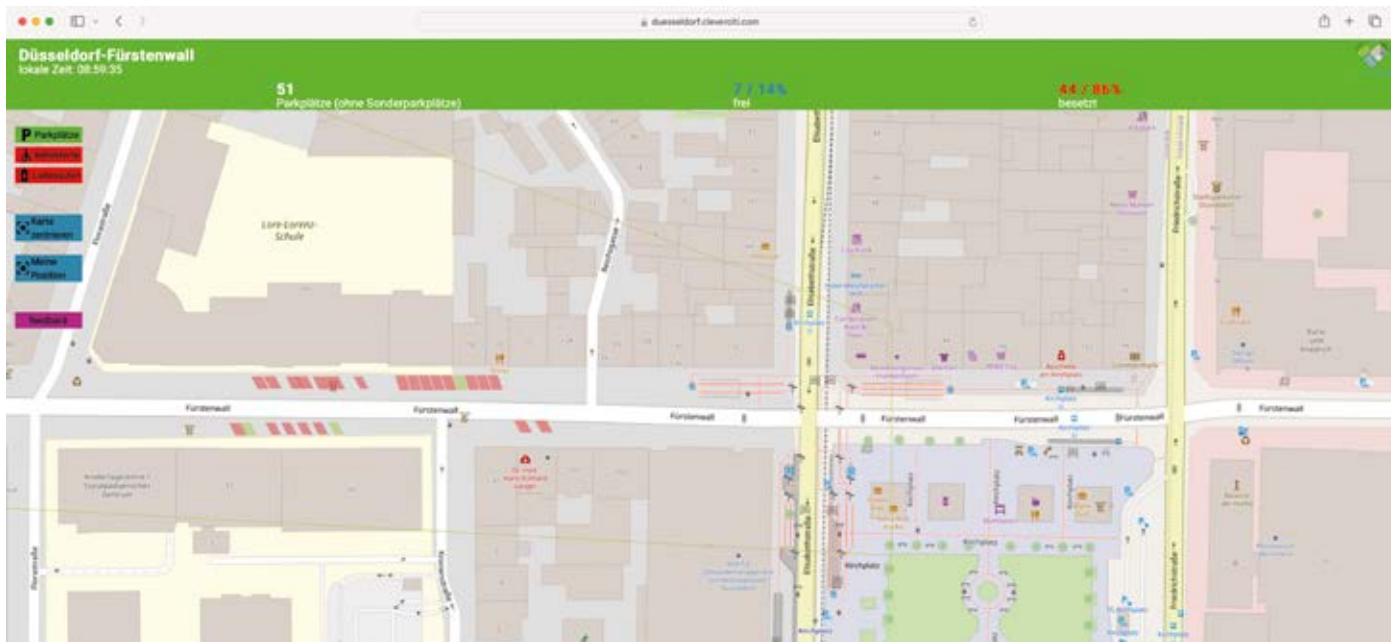


Abb. 3: Screenshot der Anwendung (Landeshauptstadt Düsseldorf, 2024)

Stadt Amsterdam verschiedene Möglichkeiten, einen Parkschein zu lösen, darunter Parkuhren, mobile Apps und Online-Dienste. Diese Vielfalt an Möglichkeiten macht es den Autofahrern leicht, die Parkgebühren zu bezahlen und gleichzeitig die Parkregeln einzuhalten, was den Prozess der Parkplatzreservierung erheblich vereinfacht, wie das Umweltbundesamt [21] betont. Wird ein Fahrzeug ohne gültigen Parkschein oder Berechtigung festgestellt, erhält der Fahrzeughalter einen entsprechenden Bescheid oder ein Bußgeld [21].

Scan-Autos werden immer intelligenter, um die Effizienz zu steigern und die Stadtverwaltung bei der Erfüllung ihrer Aufgaben zu unterstützen, von der Durchsetzung der Parkvorschriften bis hin zur Abfallregistrierung [1]. Der Einsatz von Scan-Autos verringert die Notwendigkeit, dass Mitarbeiter des Ordnungsamtes Parktickets manuell überprüfen müssen. Dadurch könnten Ressourcen für andere wichtige Themen frei werden. Allerdings kann dies zu Problemen für Touristen und andere Bürger führen, die mit dem Online-System nicht vertraut sind. Interessanterweise unterscheidet sich das System in Amsterdam von dem in Deutschland. In Deutschland sind Mitarbeiter der Ordnungsbehörde vor Ort anwesend, um Parkkontrollen durchzuführen. Im Gegensatz dazu bieten in Amsterdam Scan-Autos eine automatisierte und effiziente Lösung, wie das Umweltbundesamt (2021) feststellt. Der Digitale Zwilling wird eingesetzt, indem mobile Anwendungen und Datenbanken mit Echtzeit-Parktickets in ein Online-Dashboard integriert werden. Diese fortschrittliche Technologie hilft, den Parkverkehr in

Amsterdam zu organisieren und Regelverstöße effizient zu ahnden. Insgesamt trägt die Parkraumbewirtschaftung in Amsterdam erheblich zur Verkehrssicherheit und -effizienz in der Stadt bei und sorgt dafür, dass die begrenzten Parkplätze so gut wie möglich genutzt werden.

Vergleich mit anderen Städten: Düsseldorf

Das Projekt „Zukunftsviertel“ in Düsseldorf verkörpert eine wegweisende Initiative zur Förderung einer nachhaltigen Stadtentwicklung und Mobilität. Die Stadtwerke Düsseldorf entwickeln in Zusammenarbeit mit der Verwaltung ein Konzept mit konkreten Maßnahmen, die auf die Bedürfnisse der Bewohner zugeschnitten sind: Lebensqualität, Wohnen, Mobilität und Luftqualität. Zu diesen Maßnahmen gehören eine klimafreundliche Wärmeversorgung, dezentrale Energieerzeugung, Mobilitätslösungen, innovative Beratungsangebote und intelligente Infrastruktur [12]. Mit dem ausdrücklichen Ziel, den Umwelt- und Klimaschutz 2035 zu erreichen und die Lebensqualität für die Bewohner zu erhöhen, dient der Zukunftsviertel als Reallabor für innovative Themen mit aktiver Bürgerbeteiligung mit den Schwerpunkten Mobilität und Quartiersentwicklung [6]. Im regionalen Kontext steht Düsseldorf unter zunehmendem öffentlichem Druck, die Luftqualität zu verbessern. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf dicht besiedelten Stadtteilen wie Unterbilk mit ihren Verkehrsknotenpunkten und Anbindungen an den öffentlichen Nahverkehr [12]. Ein zentraler Bestandteil dieses wegweisenden Projekts ist die digitale

Parkraumbewirtschaftung. Als Reaktion auf den hohen Parkdruck und die begrenzten Parkflächen in Unterbilk wurde eine Zusammenarbeit mit Cleverciti ins Leben gerufen, um den Parksuchverkehr und die Emissionen zu reduzieren. Cleverciti ist Hersteller der Sensoren und Software und wurde für eine Marktstudie ausgewählt, die Sensoren an Straßenlaternen installiert, wodurch die vorhandene Infrastruktur effizient genutzt werden kann. Das Pilotprojekt erstreckt sich über 800 Meter entlang der Fürstenwallstraße in Unterbilk und zielt darauf ab, die technische Machbarkeit zu bewerten. Obwohl die digitale Parkraumbewirtschaftung noch nicht in Parkleitsysteme integriert ist, gibt sie über Anzeigen an Kreuzungen oder die Website <https://duesseldorf.cleverciti.com/> Aufschluss über freie Parkplätze. Die Website bietet drei Funktionen zur Anzeige der Belegung der überwachten Parkplätze: normale Parkplätze (Abb. 3), barrierefreie Parkplätze und Ladestationen. Die Bürgerbeteiligung und das Feedback sind positiv, und die Anwohner beteiligen sich aktiv [6].

Herausforderungen bei der Umsetzung, wie z. B. Baubeschwerden und die Anpassung der Beleuchtung, werden transparent kommuniziert. Das Feedback der Anwohner zu diesem Projekt war insgesamt gut. Einer der Gründe, warum die Bürgerinnen und Bürger an der Fürstenwallstraße die umgesetzten Änderungen mögen könnten, ist, dass die Stadtwerke Düsseldorf neue Straßenleuchten installiert haben. Allein dadurch verbessert sich die Sicht auf die Straße enorm. Ein Anwohner sagte jedoch, dass er sich nur wegen der neuen Elektroladestationen ein Elektrofahrzeug kaufen konnte. Jetzt gibt es



eine Ladestation direkt vor ihrem Haus. Vorher kam diese Option für sie wegen fehlender Ladestationen nicht infrage. Zu den künftigen Herausforderungen gehören die Ausweitung des Projekts und die Zusammenarbeit mit der Stadt, um die Nutzung der vorhandenen Daten zu optimieren. Die Übertragbarkeit auf andere Städte liegt auf der Hand, da es in vielen Großstädten ähnliche Probleme mit hohem Parkdruck gibt. Das „Future District“-Projekt unterstreicht die Bedeutung der Zusammenarbeit für eine nachhaltige Stadtentwicklung und zeigt, dass kollektive Anstrengungen für die Dekarbonisierung der Städte entscheidend sind [6].

Vergleich mit München und Diskussion

Die Parkraumbewirtschaftung in Städten wie München, Amsterdam und Düsseldorf zeigt verschiedene Ansätze und Herausforderungen, die für jeden Kontext spezifisch sind. Amsterdam z. B. setzt auf das Scannen von Autos, um Nummernschilder zu überprüfen und online hinterlegte Parktickets zu akzeptieren. Dadurch wird weniger Personal im Ordnungsamt benötigt, was jedoch zu Problemen für Gäste und Touristen führen kann, die mit dem System nicht vertraut sind [1]. Im Vergleich dazu prüft das Münchner Ordnungsamt Parktickets, die online über die App HandyParken München oder an Automaten vor Ort gekauft werden können [20]. Dies ist zum Beispiel für ältere Menschen von Vorteil, die kein Handy besitzen oder nicht wissen, wie sie die Handy-Parken-München-App einrichten können. Die Ticketautomaten vor Ort sind für diese speziellen Fälle eine große Unterstützung. Düsseldorf hat ebenfalls Pilotprojekte zur Bereitstellung von Echtzeit-Parkplatzinformationen gestartet, aber auch hier bleiben diese Initiativen vorerst auf Testgebiete beschränkt [6]. Laut Stjepanovic [20] hat München im deutschen Vergleich eine gute Position und ist als Vorbild für andere Städte in der Parkraumbewirtschaftung anerkannt. Sie hat auch Fortschritte bei der Entwicklung eines Digitalen Zwillinges gemacht, obwohl es noch Herausforderungen bei der Dateninfrastruktur und dem kulturellen Wandel gibt [16]. Derzeit findet der Digitale Zwilling keine Anwendung in der Parkraumbewirtschaftung. Insgesamt bleibt die Parkraumbewirtschaftung in München und anderen Städten eine komplexe Herausforderung, die verschiedene Akteure und technische Aspekte umfasst [16]. Hinsichtlich der Forschungsfrage, wie sich die Implementierung und Nutzung von Digitalen Zwillingen in der Parkraumbewirtschaftung zwischen München und ausgewählten Vergleichsstädten unterscheidet, zeigt sich, dass München ei-

nen ähnlichen Ansatz wie andere deutsche Städte verfolgt.

Eine Forschungsstudie geht davon aus, dass bis 2023 weltweit 500 Städte einen Digitalen Zwilling nutzen werden [7]. Auch in Deutschland gibt es zahlreiche Aktivitäten zu diesem Thema, auf die im Folgenden kurz eingegangen wird [17]. Die Ergebnisse dieses Artikels zeigen, dass Digitale Zwillinge in verschiedenen städtischen Gebieten erforscht und gefördert werden. In der Parkraumbewirtschaftung in München oder anderen Städten wurden sie jedoch noch nicht eingesetzt. Diese Ergebnisse werfen die Frage auf, warum nicht mehr Investitionen in die digitale Parkraumbewirtschaftung getätigt wurden oder ob mehr Investitionen zur Erforschung der relativ neuen Technologie notwendig sind. Die vollständige Digitalisierung der stadtweiten Parkraumbewirtschaftung, einschließlich des straßenbegleitenden Parkens, ist mit erheblichem Aufwand und Kosten verbunden. Neben den anfänglichen Investitionskosten müssen auch die laufenden Betriebs- und Wartungskosten berücksichtigt werden, was weitere Investitionen in diesem Bereich erfordert.

Ein konkretes Beispiel, das diese Herausforderung veranschaulicht, findet sich in München, wo die genaue Anzahl der vorhandenen Parkplätze unbekannt bleibt, da es keine digitale Erfassung der Parkplätze gibt [20]. Darüber hinaus gibt es in einigen Stadtteilen Tiefgaragen, die den Parkdruck erheblich verringern könnten. Die Anzahl und die genaue Lage dieser Tiefgaragen sind jedoch ebenfalls unbekannt. Diese Informationslücken erschweren die Planung und Optimierung der Parkraumbewirtschaftung erheblich. Stjepanovic [20] stellte fest, dass der nächste logische Schritt die Digitalisierung des oberirdischen Parkraums mithilfe von Technologien wie dem Scannen von Autos und hochauflösenden Punktwolken wäre. Doch selbst die Durchführung solcher Oberflächenscans ist ressourcenintensiv und kostspielig. Zusätzlich zu den rein finanziellen Aspekten muss auch der zeitliche Aspekt berücksichtigt werden. Oberflächenscans erfordern Zeit und logistische Planung, was die Umsetzung weiter verlangsamt [16]. Angesichts dieser Ergebnisse lässt sich feststellen, dass die Investitionen in die digitale Parkraumbewirtschaftung aufgrund der Komplexität und Kostenintensität dieses Projekts bisher zurückhaltend sind. Das fehlende Wissen über die genaue Anzahl und Verteilung der Parkplätze und die Schwierigkeit, Tiefgaragen abzubilden, stellen weitere Herausforderungen dar, die die Umsetzung erschweren. Daher sind zusätzliche Forschungsarbeiten und möglicherweise innovative Lösungen erforderlich, um diese Hürden zu überwinden und das

volle Potenzial Digitaler Zwillinge in der Parkraumbewirtschaftung zu erschließen.

Fazit

In städtischen Gebieten ist die Parkraumbewirtschaftung eine entscheidende Herausforderung, die die Effizienz des Verkehrsflusses und die Lebensqualität der Bewohner beeinträchtigt. Die Parkraumbewirtschaftung erfolgt hauptsächlich durch Beschilderung, verschiedene Parkzonen und eine begrenzte Anzahl von Parkhäusern, was zu einem erhöhten Parksuchverkehr führen kann.

Darüber hinaus wurden verschiedene Ansätze und Technologien für den Einsatz Digitaler Zwillinge zur Verbesserung der Parkraumbewirtschaftung untersucht, und es wurden Park-Apps wie HandyParken München und EasyPark verglichen. Es wurde festgestellt, dass diese Technologien noch nicht weitverbreitet sind, was vor allem auf die hohen Kosten und die Komplexität der Implementierung sowie der Konkurrenz durch kommerzielle Apps auf dem Markt zurückzuführen ist.

Im Rahmen der Strategien zur Integration Digitaler Zwillinge in die Parkraumbewirtschaftung hat die Stadt München verschiedene Pilotprojekte durchgeführt und das Munich Digital Twin Competence Center gegründet. Die Zusammenarbeit mit anderen Städten wie z. B. im Projekt CUT zeigt den Willen, Digitale Zwillinge zu nutzen. Allerdings fehlt es der Stadt München derzeit an konkreten Ideen zur Integration und Umsetzung der Parkraumbewirtschaftung in den Digitalen Zwilling. Ein Vergleich zwischen München und ausgewählten Vergleichsstädten zeigt, dass München mit dem Digitalen Zwilling und den Testprojekten einen ähnlichen Ansatz verfolgt wie andere deutsche Städte (z. B. Düsseldorf), während internationale Städte wie Amsterdam auf standardisierte digitale Systeme (z. B. Scan Cars) und Echtzeitdaten setzen, um ihre Digitalen Zwillinge für den Anwendungsfall Parkraumbewirtschaftung zu verbessern. Die Handy-Parken-München-App sticht jedoch durch ihren kommerziellen Ansatz und ihre Einzigartigkeit im deutschen Kontext hervor. Die Analyse der Parkraumbewirtschaftungsmaßnahmen und der Herausforderungen bei deren Umsetzung in Digitalen Zwillingen liefert wesentliche Erkenntnisse für die zukünftige Entwicklung und Implementierung dieser Technologien in städtischen Gebieten. Die Ergebnisse (der diesem Artikel zugrunde liegenden) Arbeit unterstützen fundierte Entscheidungen und die Entwicklung von nachhaltigen und digitalen Strategien für die Stadtentwicklung. Die gewonnenen Erkenntnisse können als Grundlage für weitere Projekte dienen wie z. B. die Durchführung eines

Testprojekts mit Scan Cars zur flächendeckenden Kartierung aller Parkflächen. Es stellt sich die Frage, warum der Digitale Zwilling nicht in großem Umfang für die Parkraumbewirtschaftung genutzt wurde. Liegt es an begrenzten Ressourcen und Investitionen oder an einem Mangel an innovativen Umsetzungsideen? Es sollte auch untersucht werden, warum nach den Testprojekten in München nicht mehr in dieser Richtung getan wurde. Zusätzliche Interviews mit Mitarbeitern der Stadt München, insbesondere mit denen des Kompetenzzentrums Digital Twin Munich, könnten weitere Erkenntnisse liefern. Die Bedeutung der Parkraumbewirtschaftung für die Stadtplanung wird weiter zunehmen. Digitale Zwillinge können durch die Bereitstellung von Echtzeit-Parkdaten und Navigationssystemen verschiedene Problembereiche wie z. B. den Parksuchverkehr verbessern. Daher ist es ratsam, die Parkraumbewirtschaftung und Digitale Zwillinge in künftigen Forschungs- und Stadtplanungsprojekten zu berücksichtigen, um innovative Lösungen für städtische Verkehrsprobleme zu entwickeln. Insgesamt lässt sich sagen, dass die Parkraumbewirtschaftung immer eine Mangelverwaltung ist. Das Problem, das in Städten mit zu vielen Autos auf begrenztem Raum besteht, kann nicht allein durch Parkraumbewirtschaftung gelöst werden. Es ist immer ein Zusammenspiel von vielen verschiedenen Bereichen, die zusammenarbeiten müssen. Nur dann kann die Mobilitätswende erfolgreich gelingen.

Literaturverzeichnis

- [1] Amsterdam Institute for Advanced Metropolitan Solutions: Booklet: 4 scan car designs that incorporate more "human" features, 12. Mai 2020, <https://www.ams-institute.org/news/booklet-4-scan-car-designs-incorporate-more-human-features/>
- [2] Baier, R./Klemp-Kohlen, A.: Aktuelle Praxis der Parkraumbewirtschaftung in Deutschland. In: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung. Urbane Mobilität – Verkehrsforschung des Bundes für die kommunale Praxis, 65/2009, S. 343–356
- [3] Deutscher Städtetag: Urbane Digitale Zwillinge. Eine Stadt sehen, verstehen und lebenswert gestalten. Expertenpapier der Fachkommission Geoinformation, Vermessung und Bodenordnung des Deutschen Städtetags, 2023
- [4] Deutsches Institut für Urbanistik: Was ist eigentlich ... Parkraummanagement?, 26. Juli 2017 <https://difu.de/nachrichten/was-ist-eigentlichparkraummanagement>
- [5] EasyPark: Mehr Platz fürs Leben. Hole dir EasyPark – die Park-App Nr. 1 in Europa. Aufgerufen am 30. April 2024, von <https://www.easypark.com/de>
- [6] Fuchs, F.: München, Interview mit Fuchs, F. 30. Januar 2024
- [7] Guckenbiehl, P./Hess, S./Mumme, M./Swarat, G./Vogt-Hohenlinde, S./Burton, S./Roscher, K.: Der Digitale Zwilling für smarte Städte – zwischen Erwartungen und Herausforderungen. Was wir in der Zukunft erwarten können und wo wir heute stehen. Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V., 2021, https://www.iese.fraunhofer.de/content/dam/iese/dokumente/media/studien/digitale_zwillinge_smart_cities-dt-fraunhofer_iese.pdf
- [8] Handrich, M./Maier, S./Herbster, M./Martinez, S.: Parkraummanagement in der Praxis: eine Herausforderung für die Kommunen, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 2021 <https://publicrest.fraunhofer.de/server/api/core/bitstreams/74ceca0f-cc0e-45c7-bee7-e9f8cfb80c9d/content>
- [9] Handrich, M./Merkle, S./Christ, N./Bienzeisler, B.: Das Parkhaus der Zukunft als vernetzter „Urban Hub“, Bautechnik, 98(6)/2021, 441–445
- [10] HandyParken München: HandyParken München: Lösen sie digitale Parkscheine für bezahlpflichtige Parkplätze am Straßenrand in München. Einfach und sicher – ganz ohne Bargeld oder lästige Automatenuche. Aufgerufen am 30. April 2024, von <https://www.handyparken-muenchen.de/>
- [11] Kolbe, T. H.: Abschlussveranstaltung Twin.by Projekt, München, Panel Diskussion mit Schwerdtfeger, P., Karg, E., Liebenstund, A.-L., Stangl, B., Müller-Kaderschafka, J., Kolbe, T. H. 11. April 2024
- [12] Landeshauptstadt Düsseldorf: Zukunft Quartier Düsseldorf: Düsseldorf Nähe trifft Freiheit. Projektdossier. Landeshauptstadt Düsseldorf. Zukunftsviertel. Düsseldorf-Fürstenwall, 2020. Aufgerufen am 8. März 2024, von <https://duesseldorf.cleverciti.com/>
- [13] Mohl, M.: Abschlussveranstaltung Twin.by Projekt, München, Präsentation von Mohl, M. 11. April 2024
- [14] Parkster: Parken mit der App: Bargeldlos, sicher und unkompliziert. Aufgerufen am 30. April 2024, von <https://www.parkster.com/de/for-drivers/parken-per-app/>
- [15] PaybyPhone: Parkschein einfach online bezahlen. Aufgerufen am 30. April 2024, von <https://www.paybyphone.de>
- [16] Schlagbauer, A. (2024). München, Interview mit Schlagbauer, A. 26. Februar 2024
- [17] Schubbe, N./Boedecker, M./Moshrefzadeh, M./Dietrich, J./Mohl, M./Brink, M./Reinecke, N./Tegtmeyer, S./Gras, P.: Urbane Digitale Zwillinge als Baukastensystem: Ein Konzept aus dem Projekt Connected Urban Twins (CUT). In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, DVW – Gesellschaft für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement, 148. Jg./2023, S. 14–23
- [18] Schwab, B./Knezevic, M./Gitahi, J./Wysocki, O./Kanna, K./Balaj, C./Fröch, T./Lu, Y./Ovais, S./Pilz, T./Strout, D.: Trendanalyse INTERGEO 2023. Runder Tisch GIS e. V.
- [19] Stadt Herne: Parkschein per App kaufen. Inherne.net Das Stadtmagazin online, 20. Februar 2020, <https://inherne.net/parkschein-per-app-kaufen/>
- [20] Stjepanovic, B.: München, Interview mit Stjepanovic, B. 17. Januar 2024
- [21] Umweltbundesamt Fachgebiet für Nachhaltige Mobilität in Stadt und Land: Parkraummanagement für eine nachhaltige urbane Mobilität in der Stadt für Morgen. Projektbericht, 2021.
- [22] Vereinte Nationen: 68% of the world population to live in urban areas by 2050, says UN, 16. Mai 2018, <https://www.un.org/development/desa/en/news/population/2018-revision-of-world-urbanization-prospects.html>
- [23] Vogel, L./Visca, D./Neis, P.: Herausforderungen und Chancen einer Parkraumanalyse auf Basis offener Daten. Journal für Angewandte Geoinformatik, 9/2023, S. 23–32, Wichmann Verlag
- [24] Yellowbrick: Handyparken mit Yellowbrick! Aufgerufen am 30. April 2024, von <https://yellowbrick.de/>
- [25] Von Benh LIEU SONG from Torcy, France – Bay 2 Parking, CC BY-SA 2.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=82284203>
- [26] Von Frank Vincentz – Eigenes Werk, CC BY-SA 3.0, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=45886954>

Tanja Pilz, M. Sc.



Mitarbeiterin Flächenmanagement

Sweco GmbH

Tanja.pilz@sweco-gmbh.de

Digital Object Identifier (DOI)

<https://doi.org/10.14627/vdvmagazin-2025-2-3>

Dieser Artikel ist thematisch angelehnt an die Masterarbeit „Parking management with the support of digital twins – case study based on the city of Munich“.