



Technologische Innovationen, technische Infrastrukturen und nachhaltige Quartiersentwicklung

EIN ÜBERBLICK

OLAF SCHNUR
LEON ZENS

Einleitung

Im Diskurs um die Nachhaltigkeitstransformation wird immer wieder die besondere Bedeutung des Quartiers hervorgehoben. Davide Brocchi beschreibt Quartiere beispielsweise als „ideale urbane Reallabore, um im kleineren Maßstab Transformation zu lernen, um Transformationsprozesse zu initiieren, mit ihnen zu experimentieren und sie voranzutreiben, die dann auf die ganze Stadt übertragen werden können“ (Brocchi 2019: 17, vgl. United Nations 2024, Riechel 2024). Auch die Neue Leipzig-Charta betont, dass sich städtische Herausforderungen besonders häufig auf der Quartiersebene manifestieren und Quartiere daher als mögliche Experimentierfelder für innovative Ansätze in allen Bereichen der Stadtentwicklung betrachtet werden sollten (BMWSB 2020: 3-4).

Quartiere eignen sich deshalb oftmals so gut für vielseitige Gestaltungsprozesse, weil sie als städtische Mesoebene zahlreiche Talente haben, die im „Dazwischen“ liegen – zwischen Subjekt und Gesellschaft oder auch zwischen Lebenswelt und Systemwelt (Schnur 2023a). Neben verschiedenen sozialen und regulativen Potenzialen, die dieses „In-Between“ mit sich bringt, sind es auch infrastrukturelle Vorteile, die sich aufgrund von Skaleneffekten und Verbundlösungen ergeben können. Gerade die aus technologischen Innovationen entstehenden *technischen* Infrastrukturen¹ im Quartier sind zentral für die integrierte und nachhaltige Stadtentwicklung, da sie einen materiellen, verlässlichen Rahmen für die (gegebenenfalls veränderte, zukünftige) Alltagsorganisation und für das gesellschaftliche Miteinander bereitstellen. Von smarten Gebäuden über dezentrale Energieerzeugung bis hin zu digitalen Planungswerkzeugen und Logistikanalysen – technische Innovationen haben das Potenzial, Transformationsprozesse zu begünstigen und das städtische Leben zu verändern. Welche Handlungsfelder im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung auf welche Art und Weise adressiert werden, wer Zugang zu den Infrastrukturen hat, wer sie (mit)gestalten kann und wer davon profitiert, sind bedeutende Fragen im Hinblick auf eine ausgewogene und inklusive Quartiersentwicklung.

Im folgenden Beitrag geht es vor allem darum, einen kursorischen Überblick zu verschiedenen technischen Infrastrukturen und deren Nutzen für das „Quartier der Zukunft“ zu gewinnen. Wohl wissend, dass auch weitere wesentliche Technikfelder eine Rolle spielen (z.B. Wasser- und Abwasserleitungssysteme, Dateninfrastrukturen wie etwa Glasfaserkabelnetze, Abfallentsorgungssysteme o.ä., vgl. Monstadt 2018), werden hier die im Rahmen der Transformationsdebatte häufig diskutierten Dimensionen der Energieversorgung, der Wärmeversorgung, des Wohnens bzw. der Wohngebäude, der Mobilität, des Konsums und der Logistik, der Gesundheit, der Umwelt bzw. der Ernährung sowie allgemein der Digitalisierung in kurzen Abschnitten skizziert. Dies geschieht – zugunsten des Charakters einer Synopse – bewusst ohne eine weitergehende sozialwissenschaftliche Aufarbeitung, ohne die gebotene ingenieurwissenschaftliche Tiefe und ebenfalls ohne die große Varianz technischer Detaillösungen mit deren Vor- und Nachteilen. Weil die Innovationszyklen kurz sind, kann der Beitrag mit dem öffentlich zugänglichen Entwicklungsstand von 2024 außerdem nur eine Momentaufnahme generieren.²

Gerade weil sich die technischen Herangehensweisen schnell verändern, soll diese werkSTADT dafür sensibilisieren, welche Potenziale die Quartiersebene generell für den Einsatz infrastruktureller Technologien im Hinblick auf die vielfältigen Transformationsaufgaben hat und wie umgekehrt Technologien auch die soziale Organisation vor Ort benötigen. Gerade in einer Überblicksdarstellung wird deutlich, wie eng die verschiedenen Bereiche miteinander verknüpft sind: Eine intelligente Energieversorgung im Quartier ist ohne Digitalisierung, smarte Haustechnik oder neue Varianten der Wärmegewinnung kaum denkbar. Mehr noch: Ohne eine soziale Entsprechung und Akzeptanz in den Quartieren wird auch die ausgeklügeltste Verbundlösung keinen längerfristigen Erfolg haben (vgl. Klima-Bündnis 2019).

¹ Der Begriff wird hier in einem erweiterten Sinn gebraucht. Zur Begrifflichkeit, Systematik und raumwissenschaftlichen Einordnung technischer Infrastrukturen sei auf Monstadt 2018 verwiesen.

² Dies spiegelt sich auch in den verwendeten Quellen wider: Neben einem – angesichts der überbordenden Menge an Veröffentlichungen zu den jeweils angesprochenen Themenfeldern – fragmentarischen wissenschaftlichen Literaturkorpus wurden auch leicht zugängliche Internetressourcen als Informationsquellen einbezogen. Internetressourcen werden im Text mit einer Abkürzung und in kursiver Schrift markiert.

Energie im Quartier: Blockheizkraftwerke und Micro Smart Grids

Die Energieversorgung spielt vor dem Hintergrund knapper werdender Ressourcen und der notwendigen Abkehr von fossilen Energieträgern eine immer größere Rolle – und dies auch auf der Ebene des Quartiers (vgl. Neußer 2017 stellvertretend für das Special Issue der IzR zum Thema „Energie im Quartier“, vgl. auch Schrade et al. 2022). Die derzeit vielfach präferierte Ideallösung für ein Quartier der Zukunft stellt die dezentrale Stromerzeugung dar, bei der innerhalb oder in der Nähe von Wohn- oder Industriegebieten Energie durch Kleinkraftwerke bereitgestellt wird. Eine verbreitete Technologie zur dezentralen Stromerzeugung sind Blockheizkraftwerke (BHKW), also kleine Kraftwerke, welche Quartiere oder auch einzelne Häuser sowohl mit Strom als auch mit Wärme versorgen (vgl. *co2online*, vgl. Abbildung 1). Die bei der Stromerzeugung durch das Verfeuern von Brennstoffen entstehende Wärme wird unmittelbar vor Ort eingesetzt, was als besonders ef-

fizient gilt und im Quartiersmaßstab gut realisierbar ist. Zu den potenziellen Abnehmern gehören etwa kleine Betriebe, Wohnblöcke, Schwimmbäder, Schulen und Kitas, Verwaltungsgebäude, Hotels, Krankenhäuser oder Pflegeheime im näheren Umfeld. Der Betrieb eines Blockheizkraftwerks erfolgt häufig mit nachwachsenden Rohstoffen wie beispielsweise Pellets. Der nicht genutzte Strom wird in das Netz eingespeist und vergütet, was die Wirtschaftlichkeit der BHKW zusätzlich erhöht (vgl. *heizsparer.de*). Neben BHKW werden u. a. auch Wind- und Solarparks sowie Wasserkraftwerke der dezentralen Stromerzeugung zugeordnet, sofern die erzeugte Energie regional vor Ort verbraucht wird.

Die Energieerzeugung, -speicherung und der -verbrauch werden im Quartiersmaßstab idealerweise in intelligenten Mikro-Stromnetzen („Micro Smart Grids“) kombiniert (vgl. *umweltbundesamt.de* 1). In diesen fließen neben Energie auch Daten, mit deren Hilfe die Netzbetreiber in kurzen Abständen mit Informationen zu Energieproduktion und -verbrauch



Abbildung 1: „Zukunftskonzept Fernwärme“ der Stadtwerke Leipzig – BHKW Leipzig-Möckern, Nordfassade (2023)

Quelle: August Geyler / Wikimedia Commons / CC-BY-4.0 & GFDL, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Blockheizkraftwerk_Leipzig_M%C3%B6ckern_%E2%80%93_Nordfassade.jpg

beliefert und damit zu einer flexiblen Steuerung befähigt werden. Durch ausgeglichene Energieflüsse können Leistungsschwankungen durch fluktuierende erneuerbare Energien kompensiert und Energieerzeugung, -speicherung und -verbrauch optimal aufeinander abgestimmt werden („intelligentes Energiemanagement“, vgl. solarwatt.de).

Auch die Wohngebäude selbst übernehmen eine immer zentralere Funktion in der Energieversorgung (vgl. Pilz 2023). Im Rahmen von umfassenden energetischen Sanierungen können Gebäude mit Solar- bzw. Photovoltaikanlagen ausgestattet werden. Der produzierte Strom kann im selbstgenutzten Wohneigentum verbraucht oder bei vermieteten Wohnhäusern an die Mieterinnen und Mieter verkauft werden, was für diese deutlich günstiger sein kann als der Bezug über einen Energieversorger. Mieterinnen und Mieter können sich mit Hilfe von Displays oder Apps über die zeitliche Verfügbarkeit des eigenen Stroms sowie die jeweiligen Zeitpunkte informieren, zu denen ein Verbrauch ökonomisch vorteilhaft ist. Im Handlungsfeld der Energieversorgung spielt zudem das Thema der „Sektorkopplung“ eine wichtige Rolle. Diese Schlüsseltechnologie impliziert die kombinierte Nutzung von Strom aus erneuerbaren Energiequellen in den Sektoren Verkehr und Wärme zur Vermeidung von CO₂-Emissionen (vgl. smartgrids). Für die Sektorkopplung gibt es zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten. In Bezug auf den Verkehr kann die Sektorkopplung beispielsweise durch den Einsatz von Elektroautos erfolgen („power to mobility“). Des Weiteren besteht die Möglichkeit der Herstellung von Wasserstoff als Kraftstoff aus Ökostrom („power to liquid“). Im Bereich der Wärmeversorgung erweisen sich zum Beispiel Wärmepumpen als eine Lösung im Kontext der Sektorkopplung („power to heat“). In allen genannten Anwendungen bieten Quartierslösungen Skaleneffekte, die die Erstinvestition in neue Infrastrukturen und deren Betrieb begünstigen können.

Quartier und Wärmeversorgung: Wärmepumpen und Geothermie

Die Frage einer zukunftsfähigen Wärmeversorgung ist in den letzten Jahren im Zuge der zu erreichenden Umweltziele mehr und mehr in den Mittelpunkt gerückt und – angesichts der damit verbundenen modernisierungsbedingten Kosten – zu einem Poli-

tikum geworden. Auch hier gerät die Quartiersebene mehr und mehr in den Fokus (etwa bei den Überlegungen für eine kommunale Wärmeplanung bzw. allgemein für eine lokale Wärmewende, vgl. Riechel 2016). Neben den oben angesprochenen Blockheizkraftwerken und ähnlichen Technologien kann die künftige Versorgung von Quartieren auch mittels Erdwärme (Geothermie) erfolgen (vgl. Abbildung 2, umweltbundesamt.de 2). Um Gebäude mit Wärme aus den oberen Erdschichten zu versorgen, muss die Wärme mittels Wärmepumpen zunächst auf ein nutzbares Temperaturniveau angehoben werden. Es besteht außerdem die Möglichkeit, Bohrlöcher mit einer Tiefe von bis zu fünf Kilometern anzulegen. Die Wärme aus diesen Tiefen kann zur Speisung von Wärmenetzen genutzt werden, um ganze Quartiere mit Heizwärme zu versorgen. Bei hinreichender Temperatur kann mittels Geothermiekraftwerken sogar Strom erzeugt werden. Der wesentliche Vorteil der Erdwärme besteht – im Vergleich etwa zur Solarenergie oder der Windkraft – in ihrer Unabhängigkeit von meteorologischen Einflüssen, wodurch eine nahezu unterbrechungsfreie und umweltfreundliche Stromerzeugung über das gesamte Jahr gewährleistet werden kann. Grundsätzlich ist Geothermie überall verfügbar, allerdings können die zuständigen Behörden Tiefenbohrungen in Grundwasserschutzzonen oder erdbebengefährdeten Gebieten untersagen. Statt der ubiquitär verfügbaren Erdwärme können nach dem gleichen Prinzip in einzelnen lokalen Situationen auch andere Wärmequellen für Quartiere genutzt werden, wie z. B. die Abwärme von Rechenzentren, aus Biogas oder aus Umgebungsgewässern (z. B. Seen).

Auch für Privathaushalte erweisen sich Wärmepumpen, wie sie bei der Nutzung von Erdwärme zum Einsatz kommen, zunehmend als Option. Das Funktionsprinzip ähnelt dem eines Kühlschranks: Während ein Kühlschrank seinem Innenraum die Wärme entzieht und nach draußen abgibt, entzieht die Wärmepumpe dem Außenbereich Wärme und gibt sie als Heizenergie in den Innenbereich ab (vgl. waermepumpe.de). Privathaushalte können Skaleneffekte erzielen, wenn zum Beispiel im Rahmen der kommunalen Wärmeplanung ein Quartier für hausbezogene Einzellösungen mit Wärmepumpentechnik vorgesehen ist. Wenn im Quartiersmaßstab Eigentümerinnen und Eigentümer kooperieren und Anlagen gemeinsam erwerben und installieren lassen, kann

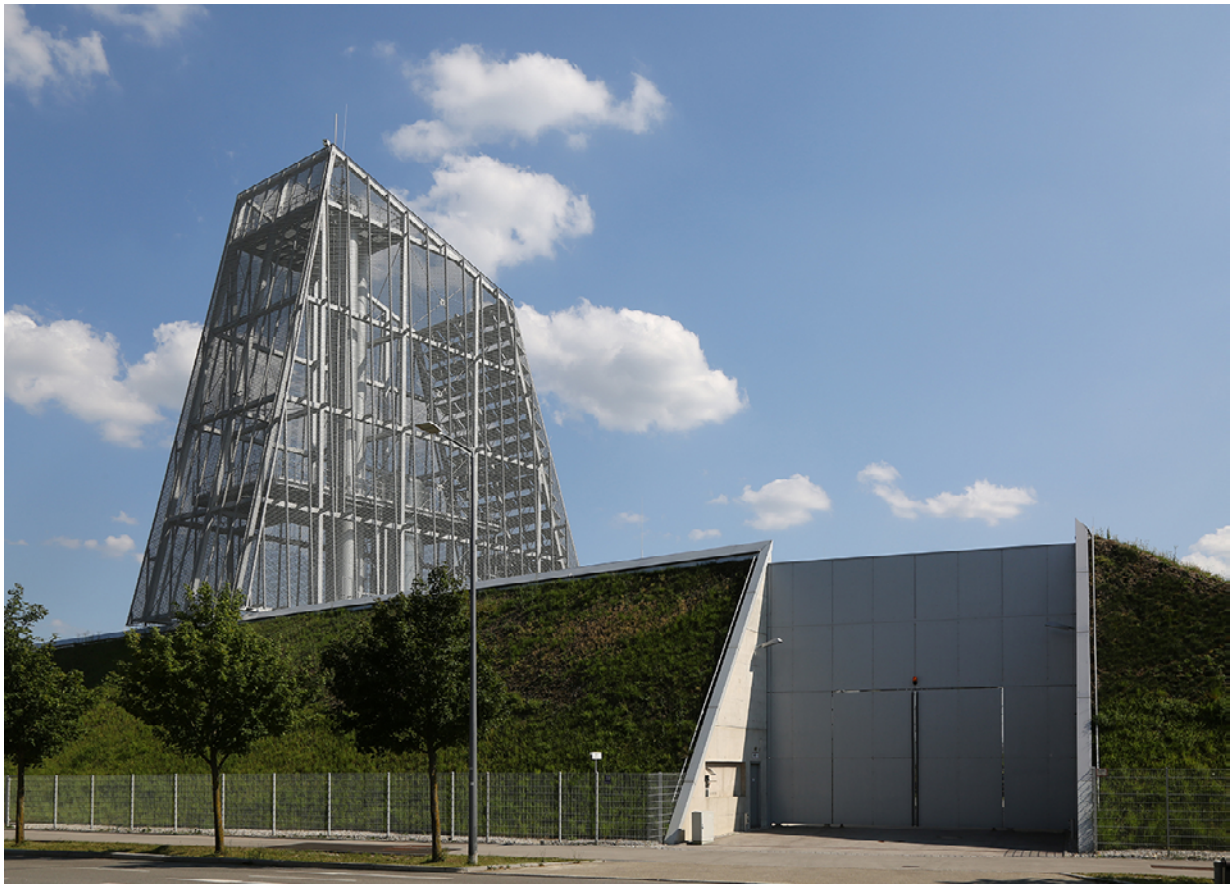


Abbildung 2: Geothermie-Kraftwerk im neuen Quartier München-Freiham (2018)

Quelle: Henning Schlottmann (User:H-stt), CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geothermie-Kraftwerk_Freiham_6016.jpg

dies für den einzelnen Haushalt wiederum kostendämpfend wirken.

Quartier und Wohntechnologien: Smart Home und Smart Living

Technische Innovationen zukünftiger Quartiersentwicklung betreffen in hohem Maße auch den Wohnsektor, zum Beispiel im Bereich des seriellen bzw. modularen Bauens, das wiederum durch innovative digitale Technologien oder intelligente Logistik befördert wird. Im engeren Bereich der technischen Infrastrukturen dagegen werben Unternehmen seit einigen Jahren verstärkt unter den Begriffen „Smart Home“ und „Smart Living“ für intelligente Wohnkonzepte, die auf dem Einsatz vernetzter Geräte basieren (vgl. *magility.com*). Dadurch sollen der Wohnkomfort verbessert, die Sicherheit erhöht und der Ressourcenverbrauch verringert werden. Die Möglichkeiten moderner Technik erstrecken sich unter anderem auf die Steuerung von Fenstern, effizienteres Heizen durch intelligente Thermostate, die Inventur von Vor-

räten, Schließtechnik, Beleuchtung, Alarmanlagen oder auch die Kameraüberwachung von Räumen, Eingängen und Außenbereichen. Da vieles davon im Sinne von Consumer-Elektronik kein besonderes Know-how erfordert, sind solche Systeme als beliebte „Gadgets“ bereits verbreitet im Einsatz (Abbildung 3, vgl. hierzu kritisch Hester & Srnicek 2023). Es mangelt jedoch unter anderem an einheitlichen Standards, weshalb die Möglichkeiten einer hausübergreifenden Vernetzung von Informationen im Quartier (z. B. über private Wetterstationen, Schadstoffsensoren o. ä.) für gemeinwohlorientierte Nachhaltigkeitsziele bislang weitgehend ungenutzt bleiben dürften.

Des Weiteren lässt eine intelligente Haustechnik den Bewohnerinnen und Bewohnern die Überwachung ihres Energieverbrauchs in Echtzeit zu. Dies ermöglicht die Identifikation von Bereichen mit besonders hohem Verbrauch, woraufhin gezielte Energiesparmaßnahmen erfolgen können (vgl. Pilz 2023) – zum Beispiel kann die Waschmaschine eingeschaltet werden, sobald die Kapazität der Solaranlage dies

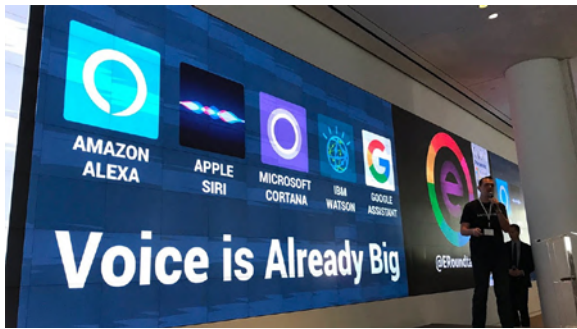


Abbildung 3: Smart Home-Anwendungen – Präsentation von Adobe-Gründer Mark Christopher Webster (2017)

Quelle: MarkChristopherWebster, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/61/Adobe_Sayspring_Founder_Mark_Christopher_Webster_Presents_At_Entrepreneurs_Roundtable_Accelerator_Demo_Day_in_April_2017.png

zulässt, die Beleuchtung gedimmt werden, sobald das Tageslicht ausreicht, oder die Steuerung der Klimaanlage situationsbedingt automatisch erfolgen (s. o.). Des Weiteren ist eine Langzeitdatenerfassung durch intelligente Messgeräte möglich, sodass eine Analyse und Optimierung des Energieverbrauchs über einen längeren Zeitraum erfolgen kann. Derartige Möglichkeiten, ein Quartier kontinuierlich zu „vermessen“, sind insbesondere für die großen Bestandshalter in der Wohnungswirtschaft hilfreich, um ökonomische, ökologische und soziale Nachhaltigkeit im Kontext der Unternehmensziele besser miteinander zu verknüpfen (z. B. *gesobau.de* für das Märkische Viertel in Berlin, vgl. Erbstöber 2019).

Quartiersmobilität: ÖPNV, Sharing und smartes Parken

Wie städtische Mobilität langfristig besser organisiert werden soll, wird intensiv diskutiert. Auf der einen Seite gibt es Menschen, die auf die Freiheit und den Komfort, den das eigene Auto nach wie vor verspricht, nicht verzichten wollen (oder auf das eigene Auto angewiesen sind). Auf der anderen Seite gibt es diejenigen, die den PKW im Sinne einer Transformation zu mehr Nachhaltigkeit am liebsten gleich ganz aus den Städten verbannen würden („Mobilitätswende“, vgl. *berlin autofrei*). Einigkeit besteht im Wesentlichen darin, dass eine gleichberechtigte Mobilität für alle Menschen angestrebt wird.

Auch hier bietet die Quartiersebene besonders gute Möglichkeiten, verschiedene Interessen und Ziele auf der Basis innovativer Technologien und Mobi-

litätsinfrastrukturen sinnvoll miteinander zu verknüpfen (vgl. Richter et al. 2020, Buchmann et al. 2023 sowie *nachhaltige mobilität*). Dem öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) kommt dabei eine entscheidende Bedeutung zu. Während viele innerstädtische Quartiere ausreichend mit Bus-, (S-/U-) Bahn- oder Tram-Linien erschlossen sind, besteht für die Menschen in den Außenbezirken oder im ländlichen Raum oft noch keine adäquate Möglichkeit, bequem mit öffentlichen Verkehrsmitteln von A nach B zu gelangen. Neben dem konsequenten Ausbau der Netze kann die Steuerung des ÖPNV durch den Einsatz moderner Technologien bedarfsgerecht optimiert werden, wodurch eine flüssigere und komfortablere Verkehrsgestaltung ermöglicht wird (z. B. durch intelligente Lichtsignalanlagen, vgl. *forschungsinformationssystem.de*). Gerade im Quartiersmaßstab ist es von Bedeutung, den ÖPNV mit weiteren Angeboten für letzten Meter von der Haltestelle zur Wohnung oder zum Büro zu kombinieren. Die räumliche Vernetzung verschiedener, aufeinander abgestimmter Mobilitätslösungen und -dienstleistungen an lokalen Knotenpunkten wird durch „intermodale Mobilitäts-Hubs“ gewährleistet (z. B. in Berlin die sogenannten „Jelbi“-Stationen bzw. kiezbezogenen „Jelbi“-Netze). An dieser Stelle kann ohne weiteres das Fortbewegungsmittel gewechselt werden (vgl. *morgenstadt*). Car-, Bike- und Rollersharing-Angebote haben sich ohnehin bereits zu einem festen Bestandteil des urbanen Mobilitätsangebots entwickelt (Abbildung 4). Eine Vielzahl von Anbietern von Sharing-Dienstleistungen stellt ihren Nutzerinnen und Nutzern vollelektrische Fahrzeuge zur Verfügung, die leiser und emissionsärmer als herkömmliche Fahrzeuge sind. Es existieren diverse Buchungs- und Mietmodelle, darunter auch P2P-Modelle, bei denen Privatpersonen ihre eigenen Fahrzeuge für andere Personen zur Nutzung bereitstellen können.

Weil auch Elektrofahrzeuge die längste Zeit des Tages nicht zum Fahren genutzt werden, eröffnen Technologien wie „Vehicle-to-Grid“ (V2G) bzw. „Vehicle-to-Home“ (V2H) neue Möglichkeiten gerade auch im näheren Wohnumfeld. Bei V2G und V2H werden die Batterien von Elektrofahrzeugen zusätzlich als mobile Stromspeicher verwendet, d. h. bei einer Verbindung mit einer Ladesäule ist es möglich, dass das Fahrzeug bei vorteilhaften Strompreisen Energie aus Sonne und Wind aufnimmt und bei einer hohen Nach-



Abbildung 4: Sigo E-Lastenrad-Leihstation in Berlin-Rummelsburg (2022)

Quelle: Singlespeedfahrer, CC0, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sigo_E_bike_sharing_station_Berlin_9v9.jpg

frage den gespeicherten Strom der Allgemeinheit zur Verfügung stellt (ins Netz einspeist). Auf diese Art und Weise können die Besitzerinnen und Besitzer der Fahrzeuge durch die Nutzung der Vehicle-to-Grid-Technologie im Idealfall Erlöse generieren. Zudem besteht die Möglichkeit, den aus den Autobatterien gewonnenen Strom zur Versorgung z. B. des Wohnraums zu nutzen, womit ein direkter Beitrag zur effizienten Energieversorgung in Quartieren geleistet wird. Die praktische Umsetzung dieses Konzepts ist anspruchsvoll, da das Zusammenwirken von Autobatterie, Wallbox und Stromnetz exakt aufeinander abgestimmt sein muss. Auch hier entstehen sinnvolle Verbundmöglichkeiten häufig erst im Quartierszusammenhang.

Das Parken selbst wird ebenfalls „smarter“. Die Erkennung freier Parkplätze kann theoretisch bereits heute mittels innovativer Technologien, wie beispielsweise Sensoren und Kameras, erfolgen. Die Information über den Standort des freien Parkplatzes kann den Autofahrerinnen und Autofahrern mittels digitaler Anzeigen zur Verfügung gestellt werden. Zur Vermeidung unnötigen Verkehrs wer-

den lokale Leitsysteme und digitale Zielführungen in den Fahrzeugen selbst eingesetzt (vgl. *cleverciti.com*, *magility.com*). Derartige Instrumente zielen darauf ab, die Verkehrsbelastung und die Emissionen zu reduzieren. Zu den flexiblen und digitalen Verkehrs- und Parklösungen in Quartieren gehören zudem die Parkraumbewirtschaftung, Quartiersgaragen, Zufahrtsmanagement durch intelligente Terminals, Reservierungs-Apps, welche die mobile Vergabe freier Parkplätze ermöglichen, Administrationsplattformen mit Informationen zur Parkraumbelegung sowie Optionen für Carsharing oder Mitfahrgelegenheiten. Eine Studie hat ergeben, dass durch intelligentes Parken allein in Deutschland bis zu 900.000 Tonnen CO₂-Emissionen eingespart werden könnten, was der Hälfte der Emissionen des gesamten inländischen Flugverkehrs entspricht (Nationale Plattform Zukunft der Mobilität 2019; *tagesspiegel.de*). Der Einsatz intelligenter Parksyste-
me ermöglicht es den Kommunen also, ihrem Ziel der Klimaneutralität näherzukommen. Tendenziell werden damit auch Flächen derart umgewidmet, dass aus ehemaligem Parkraum lebendige Straßenzüge mit Aufenthaltsqualität entstehen können. Ein wesentli-

cher Ausgangspunkt für innovative Konzepte ist auch hier das Quartier.

Quartiers-Logistik: Letzte Meile und Mikrodepots

Plattformökonomien bzw. der Bereich des eCommerce haben den Einzelhandel in den letzten Jahrzehnten grundlegend verändert (vgl. BBSR 2017). Dies kann man nicht nur am Wandel und am teilweisen Niedergang der Innenstädte erkennen, sondern auch an den Veränderungen der städtischen Einzelhandels-Logistik insgesamt. Dies betrifft auch die Quartiersebene. Unter anderem haben Lieferverkehre sowie kurzfristige Liefer- und Kurierdienste stark zugenommen – und damit die Verkehrsbelastung und die Emissionen im engeren Wohnumfeld. Abhilfe können innovative Konzepte zur Bündelung des städtischen Güterverkehrs schaffen, die unter dem Begriff „smarte Logistik“ zusammengefasst werden (vgl. Richter et al. 2020: 17-27).

Zur Optimierung der urbanen Logistik werden zunehmend sogenannte „Multi-User-Micro-Depots“ errichtet. Dabei handelt es sich um zusätzliche Umschlagpunkte im Logistiknetzwerk, die auf die Anforderungen einer fahrradgestützten (künftig ggf. auch autonomen) Zustellung bzw. Abholung von Paketen auf der letzten Meile („last mile mobility and logistics“) ausgerichtet sind und von mehreren Dienstleistern gemeinsam genutzt werden können (vgl. IHK Mittlerer Niederrhein 2019: 6). Diese entsprechen folglich einer strategischen Flächenkooperation (häufig im Quartiersmaßstab), jedoch nicht einer Plattform für eine gemeinsame Paketzustellung. In der Regel erfolgt die Distribution der Pakete zu den städtischen Mikrodepots über regionale Verteilzentren, wobei sowohl Fernverkehrs- als auch Nahverkehrsfahrzeuge zum Einsatz kommen. Der Weitertransport zu den Endkunden im Quartier erfolgt sodann mit Lastenfahrrädern oder Elektrokleinstfahrzeugen. Mikro-Depot-Konzepte, die sich in der Praxis bewährt haben, sind bislang vor allem



Abbildung 5: Autonomes Elektrofahrzeug für Mikro-Logistik (Studie, 2022)

Quelle: Faction Technology, Inc., CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Faction_D1.jpg

in Großstädten zu beobachten. In einer weiterentwickelten Perspektive könnte die Paketzustellung im Quartier zudem mit Lufttaxis oder Drohnen erfolgen, um eine Entlastung des Straßenverkehrs zu bewirken. Das übergeordnete Ziel „smarter“ Logistikkonzepte besteht in der Realisierung einer effizienten und emissionsfreien Quartierslogistik und damit in einer Entlastung des näheren Wohnumfelds.

In Zukunft wird autonomes Fahren – sowohl in der Logistik als auch beim Personenverkehr – eine zunehmende Rolle spielen und damit auch die Rahmenbedingungen im Quartiersmaßstab auf noch nicht immer absehbare Art und Weise verändern (vgl. Mitteregger et al. 2020).

Gesundheit im Quartier: Smart und Digital Health

Konzepte wie das „Quartier der kurzen Wege“ oder die „15-Minuten-Stadt“ zielen darauf ab, dass neben anderen Dienstleistungen zum Beispiel auch der nächste Arzt oder die nächste Apotheke bequem zu Fuß zu erreichen sind (z. B. Kemper et al. 2012, Pajares & Jehle 2021). Die Realität weicht mitunter von dieser Leitvorstellung ab. In einigen (zum Teil ländlichen) Gebieten findet man eine Unterversor-

gung vor, d. h. wohnortnahe Gesundheitsinfrastruktur ist unterdimensioniert oder existiert nicht mehr. In manchen Großstädten ist die Nachfrage aufgrund der Bevölkerungsdichte dagegen noch größer als das ohnehin schon umfangreiche Angebot, sodass viele Menschen z. B. bei Arztbesuchen entweder lange auf Termine warten müssen oder dann eben doch weite Wege in Kauf nehmen müssen. Gleichwohl verändern neue digitale Infrastrukturen die Situation grundlegend. Die Möglichkeiten der Telemedizin sowie der Betrieb von Online-Apotheken erlauben es, dass für bestimmte Anliegen kein persönlicher Besuch in einer Arztpraxis mehr erforderlich ist. Zudem kann die Bestellung von Medikamenten online erfolgen – inklusive Lieferung nach Hause (s. o.).

Die Verbindung von Gesundheit und digitalen Medizin- und Gesundheitstechnologien wird auch als „Smart Health“ oder „Digital Health“ bezeichnet (vgl. *smarthealth*). Die Corona-Pandemie hat zuletzt deutlich gemacht, wie wichtig derartige Systeme auch in Zukunft sein könnten. Das übergeordnete Ziel besteht in der Steigerung der Effizienz der Gesundheitsversorgung sowie der individuellen und effektiven Gestaltung des Einsatzes von Medikamenten. Zum Bereich „Smart Health“ gehören neben Telemedizin und Online-Apotheken auch tragbare Geräte



Abbildung 6: Digital-Analog-Hybrid: Filiale der Versandapotheke „Doc Morris“ in Saarbrücken (Kaiserstraße, 2007)

Quelle: I, L. Willms, CC BY-SA 3.0, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IMG_0252_DocMorris-SB_1.jpg

und Sensoren zur Fernüberwachung sowie computer- und KI-gestützte Diagnosetechniken. Im Quartier bedeutet das, dass perspektivisch solche gesundheitsbezogenen Dienstleistungen Bestand haben und vorgehalten werden müssen, die unbedingten Patienten- oder Klientenkontakt erfordern (z. B. Allgemeinarzt, Zahnarzt, Psychotherapie, Physiotherapie, soziale Arbeit o.ä.). Hier bietet die Quartiers-ebene besondere Vorteile im Hinblick auf die präzise Ansprache und die unmittelbare Präsenz von Zielgruppen vor Ort (z. B. „Gesundheitsapartments“ im „Smarten Quartier Jena-Lobeda“ in *smartcitydialog*; vgl. Teich et al. 2019, siehe auch Schelisch 2016 in Bezug auf AAL-Systeme).

Ernährung und Umwelt: Umweltmapping und Vertical Farming

Der Aspekt des Umweltschutzes stellt gegenwärtig eines der zentralen Themenfelder in der Stadt- und Quartiersentwicklung dar. Maßnahmen wie die vertikale Begrünung oder Dachbegrünung zur Verbesserung der Luftqualität, zur Reduktion von Hitzeinseln sowie zur Förderung der Biodiversität gehören ähnlich wie Schwammstadtkonzepte im gebäudeübergreifenden Maßstab längst zu den gängigen planerischen Gestaltungsmitteln. Mittels digitaler Mappings

von Umweltbelastungen lassen sich besonders belastete Quartiere identifizieren und darauf aufbauend Maßnahmen zur Verbesserung der Umweltqualität ergreifen – auch im Hinblick auf Umweltgerechtigkeit (vgl. Böhme et al. 2023).

In diesem Zusammenhang birgt die Implementierung neuer innovativer Infrastrukturen das Potenzial, Quartiere quer zu Umwelt-, Gesundheits-, ökonomischen und sozialen Zielen (z. B. auch mit Blick auf Arbeitsplätze) zu transformieren. Dazu gehört zum Beispiel die gebäudeintegrierte Landwirtschaft, die im Rahmen einer übergreifenden urbanen Nahrungsmittelproduktion gedacht werden kann. Sie ermöglicht die lokale Versorgung mit frischen Lebensmitteln und kann prinzipiell dazu beitragen, eine Degradation von Quartieren zu „food deserts“ – also in Gebiete, in denen es keinen oder nur begrenzten Zugang zu erschwinglichen und gesunden Lebensmitteln gibt – zu vermeiden (vgl. Sedelmeier 2019). Beim sogenannten „Vertical Farming“ erfolgt die Kultivierung von Pflanzen nicht mehr nebeneinander in Beeten, sondern übereinander in Gewächshäusern (Abbildung 7). Damit qualifiziert sich diese Anbauart für Standorte, an denen Flächen knapp sind und damit tendenziell auch für Quartiere oder quartiersähnliche Kontexte (vgl. Braun et al. 2024).



Abbildung 7: Vertical Farming (iFarm, Helsinki, 2022)

Quelle: Ilnar A. Salakhiev, CC BY 3.0, via Wikimedia Commons, https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/be/Ifarm_inside_interior_New.jpg

Inzwischen existiert eine Vielzahl von Start-ups, die damit werben, durch Vertical Farming Lebensmittel auf lokaler, nachhaltiger und „grüner“ Basis zu produzieren (vgl. hierzu kritisch: Zens 2021).

Planungsinfrastrukturen für das Quartier: Intelligenter Stadtraum und digitale Zwillinge

Wie anhand der bisherigen Ausführungen bereits deutlich wurde, wäre es zu kurz gegriffen, Digitalisierung „als Handlungsfeld“ zu bezeichnen, denn: Digitalisierung durchdringt sämtliche Lebensbereiche und praktisch alle technologischen Innovationen im Quartier (vgl. auch Soike & Libbe 2018, BBSR & BMI 2021, BBSR 2023a sowie zu cyber-physischen Systemen BBSR 2022). Künstliche Intelligenz wird hier noch zusätzliche Impulse geben, die in ihrem Ausmaß noch nicht abzusehen sind.

Dennoch gibt es auch einen „intelligenten Stadtraum“ als digitale Planungsinfrastruktur im engeren Sinne. Der Begriff stellt einen Terminus für intelligente Systeme dar, welche den Alltag in den Städten und Quartieren effizienter, einfacher und sicherer gestalten sollen (vgl. *baukultur nrw*). Dazu zählen beispielsweise Kameras zur Überwachung des Verkehrs, Ro-

boter zur Müllentsorgung, Drohnen zur Paketzustellung (s.o.) oder intelligente Bewässerungssysteme. Im „intelligenten Stadtraum“ werden wiederum zahlreiche Daten erhoben, die für die Planung nützlich sein können. Von besonderem Interesse ist in diesem Zusammenhang das Konzept des „digitalen Zwillings“ (vgl. symbolhaft Abbildung 8), also das digitale Abbild eines realen Objekts. Das Konzept findet in der Stadt- und Quartiersplanung zunehmend Anwendung, indem digitale Kopien von stadträumlichen Situationen erstellt werden. So können z. B. Fragestellungen zum Thema Stadtklima mithilfe eines digitalen Zwillings simuliert und in Entscheidungsgremien diskutiert werden (vgl. Schrotter & Hürzeler 2020: 100, Koch & von Richthofen 2023 sowie Merbeth & Pellegrin 2023 und BBSR 2023b). Die Zusammenführung von Daten zum Gebäudebestand und zu Versorgungsnetzen, Verkehrsdaten sowie weiteren Informationen zu digitalen Zwillingen erfolgt hierbei unter Zuhilfenahme von Geoinformationssystemen (GIS). Vorreiter-Städte wie Barcelona und Zürich oder in Deutschland Hamburg, Leipzig und München erhoffen sich von dieser Vorgehensweise eine effizientere Instandhaltung der Infrastruktur sowie eine engere Verzahnung von Bürgerbeteiligung und evidenzbasiertem Verwaltungshandeln (siehe *politico*, *connectedurbantwins*, vgl. Libbe & Abt 2022). Hierzu wird mitunter auch



Abbildung 8: 3D-Modell der City of London (2016)

Quelle: AccuCities, CC BY-SA 4.0, via Wikimedia Commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:2019_City_of_London_3D_model.jpg

AR- oder XR-Technologie (Augmented Reality bzw. Extended Reality) eingesetzt (z. B. Sinning et al. 2023).

Digitale soziale Quartiersinfrastruktur: Technik-Tools für Teilhabe und Beteiligung

Auch für die Verwaltungen und im Bereich der Bürgerbeteiligung bietet die fortschreitende Digitalisierung neue Chancen. Mithilfe digitaler Planungstools kann die Bevölkerung unmittelbar in die Entwicklung ihres Quartiers einbezogen werden (vgl. Sinning et al. 2023, Wildhack et al. 2022). Der Begriff „E-Government“ umfasst dabei sämtliche digitalen und internetbasierten Aktivitäten, die die öffentliche Verwaltung sowie die demokratische Teilhabe betreffen. In diesem Kontext ist zum einen die digitale Bereitstellung von Informationen und Behördenangelegenheiten für Bürgerinnen und Bürger („E-Administration“) von Relevanz (vgl. Kuder & Manteuffel 2024). Zum anderen ist die Möglichkeit der Einflussnahme und aktiven Beteiligung an politischen Entscheidungen („E-Demokratie“) von Bedeutung.

Die Vorteile der Online-Bürgerbeteiligung sind vielfältig. So ermöglicht die digitale Kommunikation eine vereinfachte Bereitstellung von Informationen und Prozessen. Des Weiteren können Zugangsbarrieren gesenkt und die Reichweite der Verfahren erhöht werden. Im Rahmen des Quartiersmanagements oder im Kontext von Nachbarschaft erweisen sich digitale Quartiersplattformen durchaus als geeignet, um die Bewohnerinnen und Bewohner sowie alle weiteren Akteure im Quartier zu vernetzen und die Kommunikation zu erleichtern (vgl. für Nachbarinnen und Nachbarn die vhw-Studie von Schreiber & Göppert 2018, in Bezug auf ältere Menschen siehe Schlinge & Gerling 2022, für den Bereich der Integration von Zugewanderten im Quartiersmaßstab mit Hilfe digitaler Tools vgl. die Beiträge in Helfen et al. 2020). Als weitere Beispiele für digitale Tools können Apps wie „Hush City“ angeführt werden, welche Daten für eine Karte ruhiger Orte sammelt (i. S. v. „Crowd Mapping“), sowie „#stadtsache“, ein Stadterkundungstool für Kinder – beide Anwendungen lassen sich in den wachsenden und vielfältigen Bereich der „Citizen Science“ einordnen.

Bei der Fokussierung auf die Potenziale und Chancen digitaler Stadtentwicklungstechnologien darf nicht

außer Acht gelassen werden, dass die damit einhergehenden Optimierungsbestrebungen auch eine Reihe von Herausforderungen mit sich bringen. Diesbezüglich sind insbesondere der Datenschutz und die eingeschränkte Zugänglichkeit digitaler Angebote zu nennen (z. B. aufgrund der Kosten für Endgeräte oder Verträge). Hinzu kommen eingeschränkte Reichweiten z. B. im Hinblick auf bildungsferne Milieus, Sprachbarrieren oder Alterskohorten im Quartier (vgl. *digitalstrategie*, siehe auch Ossmann et al. 2023, vgl. Wildhack et al. 2022).

Fazit: Intelligente Quartiersinfrastrukturen für mehr Effizienz, Konsistenz und Suffizienz

Insgesamt haben die Ausführungen gezeigt, dass neue Technologien die Ziele nachhaltiger Quartiersentwicklung durchaus unterstützen können. Dies ist jedoch differenziert zu betrachten, denn bei der Frage, wie eine „Große Transformation“ zu mehr Nachhaltigkeit gelingen kann, lassen sich auch im Kontext Quartier drei grundsätzliche Strategien unterscheiden: Effizienz, Konsistenz und Suffizienz (vgl. Schnur 2023b). Effizienz bedeutet, besser zu produzieren, also zum Beispiel Produkte zu entwickeln, die genauso gut oder besser sind als bisherige, aber weniger Energie verbrauchen (z. B. mit LED-Lampen). Es bedeutet auch, Rohstoffe und Ressourcen effizienter zu nutzen als bisher. Konsistenz heißt, *anders* zu produzieren, zum Beispiel mit Hilfe von erneuerbaren Energien oder recycelbaren Materialien (z. B. durch Holzbauweise). Im Gegensatz dazu zielt Suffizienz darauf ab, *weniger* zu konsumieren oder weniger Dienstleistungen in Anspruch zu nehmen und dadurch Energie und Rohstoffe einzusparen (z. B. durch Teilen und Tauschen). Dabei geht es nicht in erster Linie um „Verzicht“, sondern um eine sinnstiftende Reflexion des Ineinandergreifens von Produktion und Konsum im Kontext nachhaltiger, zukunftsfähiger Entwicklung.

Angesichts der in diesem Beitrag angedeuteten Potenziale technischer Innovationen und Infrastruktur-lösungen für ökologische, soziale und ökonomische Nachhaltigkeit in Quartieren (vgl. Abbildung 9) lohnt es sich, bei Effizienz, Konsistenz und Suffizienz etwas genauer hinzusehen: Es besteht durchaus die Gefahr von „Rebound-Effekten“, etwa wenn die Entwicklung komfortablerer Technologien zu insgesamt



Abbildung 9: „Smarte“ Quartiersinfrastrukturen

Quelle: Eigene Darstellung, <https://www.wortwolken.com/>

mehr oder ineffizienterem Konsum führt und damit möglicherweise Nachhaltigkeitsziele aushebelt (z. B. „Paketflut“ durch eCommerce in Kombination mit smarterer Lieferlogistik). Des Weiteren kann es auch zu verdeckten Umweltbelastungen durch vermeintlich nachhaltige Produkte oder Maßnahmen kommen, wenn deren Ökobilanz über den Lebenszyklus hinweg nicht ausreichend geklärt oder kommuniziert ist (Beispiel: Verbrauch an grauer Energie bzw. an schadstoffhaltigen Materialien bei der Gebäudedämmung). Nicht selten dürften manche Unschärfen bewusst in Kauf genommen werden, um neue, als „nachhaltig“ etikettierte Produkte am Markt zu platzieren. Manche Technologien, die in größerem Maßstab auch infrastrukturellen Charakter ausbilden können, sind ebenfalls kritisch zu sehen, weil sie andere Lösungen, die wichtige Beiträge zur Nachhaltigkeitstransformation leisten würden, verdrängen können (z. B. „saubere“ Elektromobilität vs. Quartierskonzepte, die motorisierten Individualverkehr im Sinne einer „Mobilitätswende“ minimieren möchten). Vorbehaltlich der skizzierten Einschränkungen können viele „smarte“ Konzepte durchaus einen mehr oder weniger großen Beitrag zur Effizienzstrategie

leisten (z. B. „Smart Home“-Technologien). Andere technische Infrastrukturen unterstützen eher die Konsistenzstrategie, wie z. B. die Nutzung erneuerbarer Energien und Geothermie in Quartieren. Um den gesetzten Nachhaltigkeitszielen z. B. in Bezug auf die Sustainable Development Goals (SDGs) näher zu kommen, ist jedoch ein konsequentes Zusammenspiel aller drei Strategien notwendig: Technische Infrastrukturlösungen auf der Quartiersebene sollten Stadtentwicklung effizienter und konsistenter machen und auch auf Suffizienzziele einzahlen. Weil nicht jede Technologie und jedes Produkt alle Ziele gleichermaßen abdecken kann, wird es letztlich um eine kluge Kombination innovativer Elemente gehen müssen.

Als Leitlinie kann gelten, das auf Linearität ausgegerichtete Wirtschaftsmodell konsequent zu reflektieren. Dessen Art der Produktion und des Konsums beruht bekanntlich auf großen Mengen billiger und leicht verfügbarer Materialien bzw. Energie und wird mit Begriffen wie „Wegwerfwirtschaft“ assoziiert. Die Alternative, eine Orientierung hin zu einer Kreislaufwirtschaft, würde hingegen das Ziel unter-

stützen, Ressourcen effizienter zu nutzen und Abfall zu minimieren (vgl. *europarl*). Das Grundprinzip einer solchen „Circular Economy“ ist zunächst simpel: Es handelt sich um ein Produktions- und Konsummodell, in dem vorhandene Materialien und Produkte so lange wie möglich geteilt, getauscht, gemietet, wiederverwendet, repariert, aufgearbeitet und recycelt werden, um deren Lebenszyklus zu verlängern. In der Praxis bedeutet dies, dass Abfälle und Emissionen auf ein Minimum reduziert werden können. Nachdem ein Produkt das Ende seiner Lebensdauer erreicht hat, verbleiben die Ressourcen und Materialien so weit wie möglich im Wirtschaftskreislauf. Sie werden also immer wieder produktiv weiterverwendet, um Wertschöpfung zu generieren (Abbildung 10). In der konkreten Umsetzung erweist sich die Kreislaufwirtschaft als überaus anspruchsvolles Projekt, insbesondere auch im Hinblick auf Koordinations- und Kooperationserfordernisse in komplexen Wertschöpfungsketten (Wilts & von Gries 2017: 7).



Abbildung 10: Urbane Kreislaufwirtschaft – „Haus der Materialisierung“ im „Haus der Statistik“ (Berlin, 2024)

Quelle: Olaf Schnur

Neue Technologien können bei einem Umschwenken in Richtung Kreislaufwirtschaft auch als Kontextfaktoren oder sogar als *conditio sine qua non* funktionieren, z. B. durch quartiersbezogene, digitale Kommunikationstools für Nachbarschafts-Tauschbörsen oder Begrünungs- und Bewässerungsinitiativen – oder bei Kiezblockinitiativen, für die intelligente Parktechnologie, Emissionsreduktion, die Nutzung von PKWs als Zwischenspeicher und Mikro-Depots miteinander kombiniert werden können. Wenn Quartiere mit ihren besonderen Eigenschaften als Zwischenebene dazu beitragen könnten, innovative technische Infrastrukturen sinnvoll und unter Einbeziehung von Effizienz-, Konsistenz- und Suffizienz-kriterien in Kombination mit sozialen Innovationen zu implementieren, wäre dies ein wichtiger Schritt für eine gelingende Nachhaltigkeitstransformation. Dies allerdings wird nur dann funktionieren, wenn gleichzeitig – analog und gegebenenfalls durch digitale „Enhancements“ – die Beteiligung und Teilhabe im Sinne eines demokratischen Gemeinwesens weiter gefördert wird. Aber auch dafür bietet die Quartiersebene einen idealen Aktionsraum (Schnur et al. 2019).

Literatur

BBSR & BMI (Hrsg.) (2021): Smart City Charta. Digitale Transformation in den Kommunen nachhaltig gestalten. Berlin.

BBSR (Hrsg.) (2017): Online-Handel – mögliche räumliche Auswirkungen auf Innenstädte, Stadtteil- und Ortszentren. BBSR-Online-Publikation 08/2017. Bonn.

BBSR (Hrsg.) (2022): Cyber-physische Systeme im öffentlichen Raum: Ein exploratives Mapping. BBSR-Online-Publikation 23. Bonn.

BBSR (Hrsg.) (2023a): Resilienz in der Smart City. Wie Kommunen besser mit Krisen umgehen und proaktiv eine nachhaltige Zukunft gestalten können. Berlin.

BBSR (Hrsg.) (2023b): Digitale Zwillinge. Potenziale in der Stadtentwicklung. Berlin.

Böhme, C., Franke, T. & L. Gröschel (2023): Umweltgerechtigkeit im Städtebauförderungsprogramm „Sozialer Zusammenhalt“. Difu-Sonderveröffentlichung. Berlin.

Braun, S., Schubert, F. & M. Letzgus (2024): Zukünftige Potenziale urbaner Anbausysteme auf Quartiersebene. Kurzstudie des Innovationsverbunds „Morgenstadt: Future District Alliance“. Stuttgart.

Brocchi, D. (2019): Große Transformation im Quartier. München.

Buchmann, L., Gerlach, J., Hausigke, S., Porojkow, I., Roderer, J., Uppenkamp, T. & M. Vobruba (2023): Leitfaden Nahmobilität. Nahmobilitätskonzepte für die Mobilitätswende im Quartier. Berlin, Dresden.

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (2020): Die Neue Leipzig-Charta. Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Berlin/Leipzig.

Erbstößer, A.-C. (2019): Das intelligente Quartier. Gebäudedaten im urbanen Kontext. Technologiestiftung Berlin. Berlin.

Helfen, T., Kuder, T. & B. Manteuffel (Hrsg.) (2020): Herausforderungen der Digitalisierung für benachteiligte Stadtquartiere. Berichte eines internationalen Workshops. vhw Schriftenreihe Nr. 17. Berlin.

Hester, H. & N. Srnicek (2023): Zuhause im PLATTFORMKapitalismus. *dérive* – Zeitschrift für Stadtforschung Nr. 91 (Jul-Sept 2023): 24-31.

IHK Mittlerer Niederrhein (Hrsg.) (2019): Handbuch: Mikro-Depots im interkommunalen Verbund am Beispiel der Kommunen Krefeld, Mönchengladbach und Neuss. Neuss.

Kemper, F.-J., Kulke, E. & M. Schulz (2012): Die Stadt der kurzen Wege. Alltags- und Wohnmobilität in Berliner Stadtquartieren. Wiesbaden.

Klima-Bündnis (Hrsg.) (2019): Quartiere, Quartierskonzepte & CO2-Monitoring auf Quartiersebene. Empfehlungspapier. Frankfurt/Main.

Koch, F. & A. von Richthofen (2023): Digitale Zwillinge für offene smarte Städte. *RaumPlanung* 222 (3/4 – 2023): 68-75.

Kuder, T. & B. Manteuffel (2024): Koordinationsherausforderungen der Digitalisierung in der Kommunalverwaltung – Eine empirische Exploration am Beispiel der Stadt Ludwigsburg. *dms – der moderne staat – Zeitschrift für Public Policy, Recht und Management* (17) 1: 148-175.

Libbe, J. & J. Abt (2022): Management der Smart City. Berichte. *Das Magazin des Difu* 2/2022: 22.

Merbeth, J. & A.-M. Pellegrin (2023): Dank Digitalisierung Städte nachhaltig planen. Wie datengestützte Stadtsteuerung dabei hilft, Städte grün und gemeinwohlorientiert zu gestalten. *Transforming Cities* 2/2023: 24-27.

Mitteregger, M., Bruck, E. M., Soteropoulos, A., Stickler, A., Berger, M., Dangschat, J. S., Scheuven, R., & Banerjee, I. (2020). Automatisierter und vernetzter Verkehr: Was kommt da auf uns zu? In: *AVENUE21. Automatisierter und vernetzter Verkehr: Entwicklungen des urbanen Europa*: 2-5.

Monstadt, J. (2018). Technische Infrastruktur. In: ARL (Hrsg.): Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover: 2649-2662.

Nationale Plattform Zukunft der Mobilität (Hrsg.) (2019): Zwischenbericht 03/2019: Wege zur Erreichung der Klimaziele 2030 im Verkehrssektor. Berlin.

Neußer, W. (2017): Energie im Quartier. Informationen zur Raumentwicklung 4: 4-8.

Ossmann, J., Seirafi, K., König, L. & T. Hagen (2023): Design von Smart City-Applikationen. Leitlinien und Best Practices für Partizipation, Motivation und Data Sharing. Transforming Cities 2/2023: 20-23.

Pajares, E. & U. Jehle (2021): GOAT: Ein interaktives Erreichbarkeitsinstrument zur Planung der 15-Minuten-Stadt. IÖR Schriften Band 79: Flächennutzungsmonitoring XIII: Flächenpolitik – Konzepte – Analysen – Tools. Berlin.

Pilz, A. (2023): Plusenergie für sieben Familien. Energie KOMPAKT – 04/2023: 20-22.

Riechel, R. (2016): Zwischen Gebäude und Gesamtstadt: das Quartier als Handlungsraum in der lokalen Wärmewende. Vierteljahresshefte zur Wirtschaftsforschung (85) 4: 89-101.

Riechel, R. (2024): Potenziale der Quartiersebene für urbane Transformationen. Synthese- und Vernetzungsprojekt Zukunftsstadt, Paper Nr. 6. Berlin.

Schelisch, L. (2016): Technisch unterstütztes Wohnen im Stadtquartier. Potentiale, Akzeptanz und Nutzung eines Assistenzsystems für ältere Menschen. Wiesbaden.

Schlinge, M. & V. Gerling (2022): Digitale Quartiersplattformen für ältere Menschen. RaumPlanung 217 (3/4 – 2022): 70-75.

Schnur, O. (2023a): Relevant, talentiert, komplex: Quartier als Faktor zukunftsfähiger Stadtentwicklung. Forum Stadt (50) 4: 293-304.

Schnur, O. (2023b): Nachhaltige Quartiersentwicklung? Ansätze eines pragmatischen konzeptionellen

Bezugsrahmens. vhw Forum Wohnen und Stadtentwicklung 5: 267-272.

Schnur, O., Drilling, M. & O. Niermann (Hrsg.) (2019). Quartier und Demokratie. Theorie und Praxis lokaler Partizipation zwischen Fremdbestimmung und Grassroots. Wiesbaden.

Schrade, J., Illner, M., Erhorn-Kluttig, H. & H. Erhorn (2022): Leitfaden für die Entwicklung von klimaneutralen Energieversorgungskonzepten für Wohnquartiere. Erstellt im Verbundvorhaben STADTQUARTIER 2050 im Rahmen der Förderinitiative „Solares Bauen /Energieeffiziente Stadt“ aus dem 6. Energieforschungsprogramm. Stuttgart.

Schreiber, F. & H. Göppert (2018): Vernetzte Nachbarn. Wandel von Nachbarschaft in Zeiten digitaler Vernetzung. vhw Schriftenreihe Nr. 9. Berlin.

Schrotter, G. & C. Hürzeler (2020): The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science 88: 99-112.

Sedelmeier, T. (2019): Food Deserts – Einblicke in Nahrungslandschaften. Wiesbaden.

Sinning, H., Brandenburger, Y., Kruse, R. & S. Rogoll (2023): Partizipative Stadtentwicklung mit XR-Technologien. Vhw Forum Wohnen und Stadtentwicklung, H. 2: 88-92.

Soike, R. & J. Libbe (2018): Smart Cities in Deutschland – eine Bestandsaufnahme. Difu Papers. Berlin.

Teich, T., Kretz, D., Neumann, T. & S. Leonhardt (2019): Sektorkopplung von Gesundheit und Wohnen im intelligenten Quartier. In: Pfannstiel, M. A., Da-Cruz, P. & Mehlich, H. (Hrsg.): Digitale Transformation von Dienstleistungen im Gesundheitswesen VI. Wiesbaden: 353-374.

United Nations (Hrsg.) (2024): MY Neighbourhood. UN HABITAT. Nairobi.

Wildhack, A., Naue, S. & S. Kohlschmidt (2022): Entwickeln. Finanzieren. Umsetzen. Stadtmachen auf digitalen Plattformen. vhw-Schriftenreihe Nr. 37. Berlin.

Wilts, H. & N. von Gries (2017): Der schwere Weg zur Kreislaufwirtschaft. Gesellschaft, Wirtschaft, Politik (GWP), 66 (1): 23-28.

Zens, L. (2021): Neue urbane Agrarproduktion im Quartier: Mittendrin – und doch nicht dabei [online]. Blog des AK Quartiersforschung. Zuletzt abgerufen am 09.10.2024 unter <https://www.quartiersforschung.de/neue-urbane-agrarproduktion-im-quartier-mittendrin-und-doch-nicht-dabei/>.

Internetquellen:

baukultur nrw – <https://baukultur.nrw/artikel/smart-cities-algorithmisierung-des-stadtraums/>

berlin autofrei – <https://volksentscheid-berlin-autofrei.de/>

cleverciti.com – <https://www.cleverciti.com/de/warum-cleverciti/was-ist-smart-parking>

connectedurbantwins – <https://www.connectedurbantwins.de/>

co2online – <https://www.co2online.de/modernisieren-und-bauen/blockheizkraftwerk-kraft-waerme-kopplung/blockheizkraftwerk-funktionsweise-wirkungsgrad/>

digitalstrategie – <https://www.digitalstrategie-deutschland.de/digitale-verwaltung/>

europarl – <https://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/economy/20151201ST005603/kreislaufwirtschaft-definition-und-vorteile>

forschungsinformationssystem.de – <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/496516/?clsId0=276646&clsId1=276651&clsId2=0&clsId3=0>

gesobau.de – <https://www.gesobau.de/maerkisches-viertel/zukunft-maerkisches-viertel/>

heizsparer.de – <https://www.heizsparer.de/heizung/heizungssysteme/bhkw/bhkw-zielgruppe>

politico – <https://www.politico.eu/article/barcelona-digital-twin-future-city-planning/>

magility.com – <https://www.magility.com/smartemobilitaet/>

morgenstadt – https://www.morgenstadt.de/de/innovationsfelder/intermodal_urban_mobility_systems.html

nachhaltige mobilität – <https://www.zukunft-nachhaltige-mobilitaet.de/>

smartcitydialog – <https://www.smart-city-dialog.de/wissensspeicher/massnahmen/smartes-quartier-jena-lobeda>

smartgrids – <https://smartgrids-bw.net/arbeitsschwerpunkte/smart-quartiere-und-sektorkopplung/>

smarthealth – <https://smarthealth.de/smart-health/>

solarwatt.de – <https://www.solarwatt.de/ratgeber/energiemanagement>

tagesspiegel.de – <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/mit-smart-parking-konnten-bis-zu-900000-tonnen-co2-eingespargt-werden-3215320.html>

umweltbundesamt.de 1 – <https://www.umweltbundesamt.de/service/uba-fragen/was-ist-ein-smart-grid>

umweltbundesamt.de 2 – <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/geothermie#tiefe-geothermie>.

waermepumpe.de – <https://www.waermepumpe.de/waermepumpe/funktion-waermequellen/>

Impressum

vhw-werkSTADT
ISSN 2367-0819

Herausgeber

vhw Bundesverband für Wohnen und
Stadtenwicklung e. V.
Vorstand: Prof. Dr. Jürgen Aring
Bereichsleiter Forschung: Prof. Dr. Olaf Schnur

Redaktion

Sabine Rietz

Sitz der Redaktion

Bundesgeschäftsstelle des vhw e. V.
Fritschestraße 27/28
10585 Berlin
T +49 30 390 473-175
F +49 30 390 473-190
E werkstadt@vhw.de
vhw.de

Autoren

Olaf Schnur, Leon Zens

Erscheinungsweise

unregelmäßig

Bezug

Alle Ausgaben der vhw-werkSTADT sind unter
vhw.de/publikationen/vhw-werkstadt/
kostenfrei herunterzuladen

Titelbildquelle

Prototyperspective, CC0, via Wikimedia Commons,
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solarpunk_utopia_with_sustainable_transport.jpg)
[Solarpunk_utopia_with_sustainable_transport.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solarpunk_utopia_with_sustainable_transport.jpg)