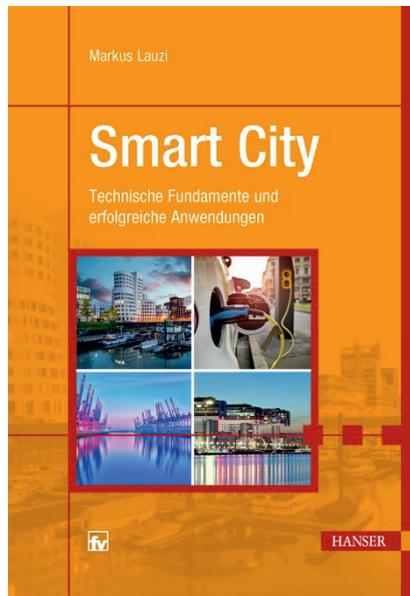


HANSER



Leseprobe

zu

Smart City

von Markus Lauzi

ISBN (Buch): 978-3-446-45496-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-45768-3

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-45496-5>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

Vorwort

Smart City ist ein immer häufiger zu hörendes Schlagwort in der öffentlichen Diskussion. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie sich die Möglichkeiten der Digitalisierung – seit einigen Jahren auch als vierte (industrielle) Revolution bezeichnet – in einem Gemeinwesen umsetzen lassen. Es geht dabei nicht nur um die Umstellung papiergebundener Verwaltungsvorgänge auf elektronisch gestützte Lösungen, sondern um die Durchdringung aller öffentlichen und privaten Lebensbereiche mit Informationstechnik. Impulse und Ansätze stammen deshalb nicht nur aus der klassischen Städteplanung, sondern zunehmend auch aus den Sozialwissenschaften und der IT-Welt. Barrieren werden durchlässig oder abgeschafft, neue Geschäftsideen befeuern das wirtschaftliche Wachstum, politische Entscheidungsprozesse werden weiter demokratisiert. Gleichzeitig aber wächst die Verwundbarkeit bei Ausfall lebenswichtiger Versorgungssysteme und steigt die Gefahr der vollständigen Überwachung jedes einzelnen Menschen – überall und rund um die Uhr.

Das vorliegende Buch versucht mit einem klaren technologischen Fokus, dem Leser auf dem unübersichtlich großen Feld *Smart City* eine Orientierung zu vermitteln. Es richtet sich dabei an einen breiten Leserkreis. Neben technisch Interessierten gehören dazu die heutigen und künftigen Gestalter digitaler Welten, gerade auch in verantwortungsvoller Position bei Versorgern, kommunalen Verwaltungen und in Planungsbüros. Natürlich soll das Buch auch für Studierende technischer Fachrichtungen eine wichtige Stütze sein.

Ausgehend von einem kurzen Exkurs in die Siedlungsgeschichte und die Entwicklungsstufen der etablierten Technologien von Energieerzeugung und -nutzung sowie deren zugrundeliegenden gesellschaftlichen Treibern liegt der Schwerpunkt des Buches auf den Begriffen und Architekturen der Informationstechnik, die *Smart City* überhaupt erst ermöglichen. Dazu gehören die Grundzüge der Elektrotechnik, der Mess- und Regelungstechnik sowie wichtige Anwendungen in der Versorgungstechnik. In umfangreicher Form werden Funktionen prototypischer oder bereits käuflicher smarterer Produkte vorgestellt und um Ansätze neuer (digitaler) Geschäftsmodelle ergänzt. Hinzu kommt eine Einführung in die Architektur verteilter Automatisierungssysteme, insbesondere auch im Hinblick auf eine sichere Datenverbindung zwischen den vor Ort installierten vernetzten Geräten und zentralen Systemen im Internet (Cloudlösungen). Zur Vollständigkeit schließt das Buch mit einer Betrachtung möglicher Folgen beim massenhaften Einsatz der Informationstechnologie – wichtig gerade für diejenigen, die die entsprechenden Anwendungen entwickeln oder in Verkehr bringen. Zur Sicherstellung des Lernerfolges werden die Inhalte durch Wiederholungsfragen am Ende eines jeden Kapitels ergänzt. Zusätzlich wird der jeweils behandelte Themenkomplex mit einigen kleineren Rechen- und Anwendungsaufgaben am Ende der Kapitel 2 und 4 abgerundet. Die zugehörigen Musterlösungen finden sich in einem separaten Kapitel am Ende dieses Buches.

Das Thema Digitalisierung begleitet mich seit 30 Jahren im Berufsleben, beginnend mit dem Studium an der TU Kaiserslautern in der frühen Phase der Entwicklung von Mobilfunknetzen, innovativen Ansätzen der Automatisierung mittels Algorithmen der künstlichen Intelligenz (KI) und dem beginnenden Siegeszug des Internet. Die zunehmende Digitalisierung elektri-

scher Antriebe und deren nachfolgende Vernetzung zu ganzen Bewegungsverbänden durfte ich in mehreren namhaften Firmen des deutschen Maschinen- und Anlagenbaus über viele Jahre mitgestalten.

Umso interessanter ist es nun zu beobachten, wie viele Ansätze inzwischen den Weg in die Gegenwartswelt außerhalb der Hightech-Industrie finden und wie einfach es zu sein scheint, all diese smarten Geräte und Anwendungen zu nutzen, ohne die teils hochkomplexen Hintergründe auch nur im Ansatz zu verstehen.

An dieser Stelle gebührt zu allererst Dank dem Präsidenten der Technischen Hochschule Bingen (THB), Herrn Prof. Klaus Becker: Er hat mich vor einigen Jahren angeregt, meine digitale DNA auf das für mich zunächst neue kommunale Feld *Smart City* zu übertragen und einen neuen Studienschwerpunkt *Smart City* an der THB zu etablieren. Für das hier vorliegende Buch danke ich vor allem meinem Lektor beim Carl Hanser Verlag, Herrn Manuel Leppert, für die wertvollen Hinweise und eine sehr engagierte Zusammenarbeit.

Besonderen Dank für viele fruchtbare Diskussionen und die Durchsicht von Teilen des Manuskripts verdienen Herr Dipl.-Phys. Michael Hofmann, ein ausgewiesener Experte von Internet-Technologien der ersten Stunde, und die Kollegen der Transferstelle Bingen (TSB), allen voran deren Leiter, Herrn Prof. Oliver Türk und Herrn Joachim Walter. Ohne deren Anregungen wäre das Buch sicherlich nicht in der nun vorliegenden Form entstanden.

Nicht zuletzt geht ein großes Dankeschön an meine Frau für das intensive Korrekturlesen und an meinen Sohn für seine Geduld, dass ich während der Manuskripterstellung über mehrere Monate hinweg kaum Zeit für ihn gefunden habe.

Bingen, im August 2018

Markus Lauzi

Inhalt

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung | 9 |
| 1.1 | Bestandteile einer Smart City | 9 |
| 1.2 | Treiber städtischer Transformation | 12 |
| 2 | Stadtentwicklung | 15 |
| 2.1 | Vom Siedlungskern zur Digitalstadt | 17 |
| 2.2 | Aktuelle Siedlungssituation in Deutschland | 22 |
| 2.3 | Globale Entwicklung von Siedlungsräumen | 24 |
| 2.4 | Gesellschaftlicher Einfluss auf die Stadtentwicklung | 29 |
| 2.5 | Öffentliche Infrastruktur | 31 |
| 2.6 | Rechenaufgaben | 36 |
| 3 | Digitalisierung | 39 |
| 3.1 | Grundbegriffe der Informationstechnik | 40 |
| 3.2 | Technologische Voraussetzung der Digitalisierung | 46 |
| 3.2.1 | Grundlagen moderner Mikroelektronik | 46 |
| 3.2.2 | Die mikroelektronische Roadmap | 47 |
| 3.3 | Automatisierung | 51 |
| 3.3.1 | Anwendung und Folgen von Automatisierung | 51 |
| 3.3.2 | Automatisierung für die smarte Stadt | 53 |
| 3.3.3 | Daten erfassen mit Mikroelektronik – die Messkette | 55 |
| 3.3.4 | Daten steuern die reale Welt – das Stellglied | 60 |
| 3.4 | Vernetzung | 63 |
| 3.4.1 | OSI-Schichtenmodell | 63 |
| 3.4.2 | Internet-Protokolle und Ethernet | 64 |
| 3.4.3 | Weitere wichtige Protokolle zur Datenübertragung | 66 |
| 3.4.3.1 | Protokoll OPC UA zur Verbindung von Steuerungen | 67 |
| 3.4.3.2 | Protokoll MQTT als schlankes Internetprotokoll | 69 |
| 3.4.4 | Erweiterung der LAN-Standards | 70 |
| 3.4.5 | Drahtlose lokale Netze | 71 |
| 3.4.6 | Mobilfunknetze | 75 |
| 3.4.7 | Festnetz und Netzkonvergenz | 76 |
| 3.4.8 | Datentransfer über elektrische Energienetze | 78 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.5 | Cloud Computing | 79 |
| 3.6 | Sichere Datenverbindungen über unsichere Netze..... | 81 |
| 3.7 | Energiebedarf digitaler Komponenten | 82 |
| 4 | Digitale Geschäftsmodelle | 87 |
| 4.1 | Bestandteile eines Geschäftsmodells | 88 |
| 4.2 | Beispiele digitaler Aufrüstung | 93 |
| 4.2.1 | Datentechnisch vernetzte Zahnbürste | 93 |
| 4.2.2 | Kühlschrank als Datenobjekt | 94 |
| 4.3 | Geschäftsmodelle in der Smart City | 97 |
| 4.4 | Anwendungsaufgabe: Geschäftsmodell Druckluftkompressoren | 98 |
| 5 | Digitale Anwendungen in der Smart City | 101 |
| 5.1 | Öffentliche Verwaltung | 103 |
| 5.2 | Verkehr und Mobilität..... | 105 |
| 5.3 | Energie und Umwelt | 110 |
| 5.3.1 | Gebäude | 115 |
| 5.3.2 | Straßen- und Außenbeleuchtung | 119 |
| 5.4 | Weitere Aufgabenfelder | 125 |
| 5.4.1 | Gesundheit und Pflege | 125 |
| 5.4.2 | Bildung und Kultur | 125 |
| 5.4.3 | Wirtschaftsförderung | 126 |
| 5.5 | Normungsaktivitäten | 127 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick | 131 |
| 7 | Musterlösungen | 135 |
| | Literatur und Normen | 139 |
| | Index | 147 |

2

Stadtentwicklung

Der menschliche Zivilisationsprozess hängt eng zusammen mit der Schaffung verdichteter Siedlungsstrukturen, die sich seit mehr als 5.000 Jahren vor allem in Mesopotamien und Ägypten, nahezu zeitgleich jedoch auch eher isoliert davon in China und später auch in Mittelamerika entwickelten.

Bereits die ersten Städte sind meist in regelmäßiger Anordnung angelegt, wobei lokal vorhandene Topografien und Ressourcen (z. B. bergiges Gelände, Wasservorkommen) meist geschickt genutzt werden. Daraus ergeben sich in unterschiedlicher Weise Vorteile, wenn durch eine hohe räumliche Siedlungsdichte der Verbrauch des oft mühsam zuvor gewonnenen Ackerlandes minimiert wird. Zunehmend aber finden auch Sicherheitsaspekte Berücksichtigung, da auch ein bescheidener Wohlstand oder die schlicht nur die für den Winter angelegten Vorräte Begrenzlichkeiten bei fremden, d. h. nicht der eigenen Bevölkerung angehörigen Menschen oder auch bei Tieren finden. So entstehen, zunächst meist in Holz-Erde-Bauweise, erste Umwallungen und Befestigungen. Solche Siedlungskerne sind von Anfang an zentrale Treffpunkte zum Austausch von Waren und zunächst mündlich tradierten Informationen. Deshalb liegen sie üblicherweise verkehrsgünstig an wichtigen Handelsrouten, oftmals an großen Flüssen oder auch unterhalb von bedeutenden Gebirgspässen.

Stadtentwicklung kann ungeordnet oder in Form eines strukturierten Prozesses ablaufen. Ungeordnetes „wildes“ Wachstum findet sich heute vor allem in unterentwickelten Ländern oder in kriegsnahen Gebieten – und dann meist aus der Not heraus, schnell große Menschenmengen unterzubringen.

Strukturierte Stadtentwicklung setzt einen planerischen und gestalterischen Eingriff voraus und zielt auf eine Ordnung, die wichtige menschliche Bedürfnisse beim zumeist engen räumlichen Zusammenleben regelt. Neben den hochverdichteten Städten gilt dies auch für die in Deutschland und Mitteleuropa vorherrschenden kleineren Orte und Gemeinden. In diesem Zusammenhang fallen dann Begriffe wie beispielsweise Stadtplanung, Raum- und Umweltplanung oder Städtebau [ALWK17].

Zielt der sogenannte Städtebau vor allem auf bauliche Aspekte in der unmittelbaren Realisierung, so ist der Begriff der Stadtplanung weiter gefasst, er integriert gesellschaftliche, kulturelle, ökonomische und ökologische Dimensionen. Besonders beachten sollte man, dass Stadtentwicklung bzw. Stadtplanung stets unter sehr langem zeitlichen Horizont ablaufen (mehrere Jahrzehnte) und große finanzielle Investitionen beeinflussen. Aufgrund der begrenzten Ressource „Boden“ ergibt sich nur selten die Chance, Städte oder Quartiere auf der grünen Wiese neu zu errichten (Idealstadt), meist geht es eher um das Einpassen eines Sanierungsgebietes in ein in sich bereits funktionsfähiges Siedlungsumfeld. Eine solche Aufgabe ergibt sich fast zwangsläufig bei jedem tieferegreifenden Wandel in der Nutzung einer zur Verfügung stehenden Siedlungsfläche wie beispielsweise der Konversion von ehemaligem Bahngelände, Militär- oder Gewerbeflächen zu einem Wohngebiet.

Dabei muss meist auch ein Ausgleich zwischen widersprüchlichen Zielen gefunden werden (z. B. ein Freihaltebedürfnis für Grünflächen, von Frischluftschneisen oder von Verkehrs- und Versorgungssystemen gegenüber Interessen wie privatem Grunderwerb oder einer sehr ungleichmäßigen Verdichtung durch Gebäude). Neben den sichtbaren baulichen Restriktionen wie z. B. die Festlegung von Grundstücksbreiten und -zugängen in Bezug auf das vorhandene Straßennetz oder das Einhalten maximaler Gebäudehöhen treten seit vielen Jahren zahlreiche weitere Anforderungen wie beispielsweise die Lärm- und Staubemission oder die Anbindungsmöglichkeiten an Versorgungs- und Kommunikationsnetze.

Bereits aufgrund des stetigen Wechsels in der Nutzung bzw. der daraus resultierenden Zielsetzungen sowie nach außergewöhnlichen Ereignissen (Kriege, Erdbeben etc.) ergeben sich bereits nach einigen Jahrzehnten häufig chaotisch wirkende „gewachsene“ Strukturen, die kaum eine Stadt als Gesamtkunstwerk erscheinen lassen. Somit wird eine Stadt nie *fertig*, allenfalls in großen Teilen *funktionsstüchtig* im Sinne einer Bewohnbarkeit oder eines hohen Lebenswertes.

Doch zurück zu den Aufgaben einer Stadtplanung: Pläne und Planungsergebnisse können dabei rechtlich bindend sein (für Behörden und Bürger, beispielsweise bei monetären Abrechnungen) oder als reine Diskussionsgrundlage dienen, wie z. B. beim Aufzeigen von mehreren alternativen Planungsentwürfen. Es kann sich um Pläne für das unmittelbare lokale Umfeld (z. B. Vorgaben für Baukörper, Zaunhöhen oder einen Bodenbelag) handeln oder für eine größere Gesamtheit (z. B. Straßen, Wege, Bushaltestellen, Versorgungsleitungen). Manchmal geht es auch um die Koordination zwischen großräumiger Landesplanung bzw. Raumordnung mit der lokalen Architektur. Fast immer versteht man darunter jedoch das Management langfristiger Veränderungsprozesse, die ein methodisches und dabei auch transparentes Vorgehen voraussetzen. In Deutschland läuft der Planungsprozess seit den 1970er Jahren verstärkt unter Bürgerbeteiligung ab, wobei neben der politischen Einflussnahme zahlreiche, oft nur lokal gültige und dabei teils widersprüchliche Rechts- und Verwaltungsvorschriften einzuhalten sind.

Häufig versteht man neben der planerischen Beschreibung eines Ziels auch die Projektplanung auf dem Weg dorthin. Als Beispiele seien genannt: ein reibungsloser Grunderwerb, die Finanzierung sowie die Erschließung und Anbindung an bestehende Straßen-, Versorgungs- und Kommunikationsnetze.

Alternativ zum Begriff der Stadtentwicklung verwenden viele Autoren auch das Schlagwort der Urbanisierung (lat.: *urbs*), welches die Ausbreitung städtischer Lebensformen beschreibt. Dies drückt sich unter anderem auch im Englischen aus, wo neben *town and country planning* meist die Rede ist von *urban design*. In Frankreich wird von *urbanisme* gesprochen, in Spanien von *urbanisacion* [ALWK17].

Aus Gründen der Vereinfachung und des Leserkreises steht zwar zunächst die mitteleuropäische Situation im Zentrum der Betrachtung, die wahren Herausforderungen liegen jedoch in den Ländern der südlichen Hemisphäre mit stark wachsender Bevölkerungszahl und einem hohen Anteil junger Menschen im arbeitsfähigen Alter. Auch diese Entwicklungen in Bezug auf die Stadtentwicklung müssen angesprochen werden, da einerseits die dortigen Volkswirtschaften potenzielle Abnehmer von Produkten und Dienstleistungen aus dem europäischen Wirtschaftsraum sind, andererseits aber auch künftig erwartbare Migrationsbewegungen unmittelbaren Einfluss auf die europäischen Gesellschaften und somit die hiesige Stadtentwicklung ausüben.

Jedes Land, jede Stadt, jede Gesellschaft steht auf einer sehr individuellen Entwicklungsstufe und kämpft mit sehr unterschiedlichen Problemen. Ist es unkontrollierter Zustrom neuer Bewohner durch Binnenmigration, akuter Wassermangel wie derzeit in Kapstadt [JAKI18], Ban-

denkriminalität wie in Mexiko-City oder ein drohendes Fahrverbot für Teile des Individualverkehrs wie in manchen deutschen Städten am Ende des zweiten Jahrzehntes des 21. Jahrhunderts – zu jeder Problemstellung existieren viele Lösungsansätze, es gibt aber nicht den Stein der Weisen.

Bevor im Folgekapitel die technologischen Möglichkeiten der Digitalisierung betrachtet werden, die seit Beginn dieses Jahrhunderts verstärkt zur Verfügung stehen, muss der Blick für die anstehenden aktuellen Herausforderungen geschärft werden. Hilfreich ist es dazu, sich die bisherigen Entwicklungsschritte im städtischen Umfeld anzusehen und die maßgeblichen Treiber und gesellschaftlichen Einflüsse vor Augen zu führen. Denn auch die Digitalisierung ist kein Allheilmittel, im Gegenteil: In manchen Fällen führt dies nur zu einer Verschiebung der anstehenden Probleme auf andere Felder. Durch Digitalisierung ergeben sich nicht nur Chancen und neue Lösungsansätze für ein besseres Leben, es entstehen vielmehr auch gänzlich neue Herausforderungen.

■ 2.1 Vom Siedlungskern zur Digitalstadt

Für eine erste Orientierung der Auswirkungen technischer Evolution in der Stadtentwicklung soll die Darstellung in Bild 2.1 dienen.

Im Laufe vieler Jahrhunderte entwickeln sich in Teilen Europas seit der späten Bronzezeit (z. B. Mykene/Griechenland, etwa 1.600 v. Chr.) – und zeitgleich mit der Entwicklung der ersten Schriftsprachen – bauliche Infrastrukturen zur ständigen Versorgung der Bevölkerung mit Wasser sowie eine Kanalisation. Dieser zivilisatorische Vorgang nimmt in Deutschland allerdings erst relativ spät mit dem Vordringen der Römer an den Rhein Fahrt auf (Gallische Kriege des JULIUS CAESAR um 50 v. Chr.).

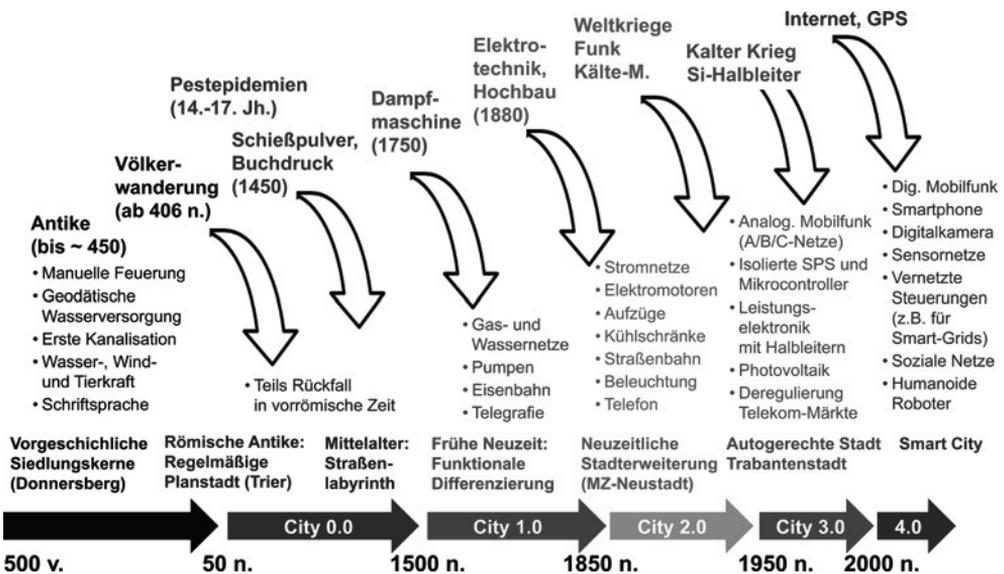


Bild 2.1 Vom antiken Siedlungskern zur voll vernetzten Stadt

Die nun zunehmend verfügbaren ersten Netze zur Versorgung mit Frischwasser bzw. zur Entsorgung des Schmutzwassers arbeiten jedoch weitgehend drucklos, d. h., sie müssen ihre Fließenergie fast immer aus natürlich oder baulich erzwungenem Gefälle schöpfen. Alternativen bilden nur die seit der hellenistischen Epoche bekannten Schöpfwerke: Diese nutzen Windenergie oder das Gefälle einer benachbarten Wasserströmung. Sehr ausgefallene derartige Konstruktionen lassen sich heute in der Oberharzer Wasserwirtschaft besichtigen – diese Beispiele sind allerdings erst mehr als 1.000 Jahre nach dem Untergang des Römischen Reiches in Deutschland entstanden.

Obleich antike Städte bereits in Einzelfällen mehr Einwohner hatten als ihre heutigen Nachfolger (die Megacity Rom überschritt dabei bereits vor 2.000 Jahren erstmals die Millionengrenze), verfügt eine solche, nachfolgend vom Autor als **City 0.0** bezeichnete, städtische Siedlung über keinerlei kontinuierliche Energieversorgung und -wandlung. Eine zuverlässige Versorgung mit (elektrischer) Energie bildet heute jedoch die wesentliche Lebensgrundlage für das menschliche Zusammenleben. Notwendig waren jedoch neben einem fruchtbaren Umland leistungsfähige Verkehrswege, Transportmittel und zuverlässige Wasser-/Abwassernetze, welche zu jeder Zeit alle Bewohner hinreichend versorgen mussten. Ein funktionierendes Gemeinwesen in Rom ist somit nicht ohne den Binnenfluss Tiber und die Mittelmeer-Häfen bei Ostia zu verstehen.

Von wenigen baulichen und räumlich sehr begrenzt arbeitenden Wärmeversorgungen wie den Hypokaustanlagen (Bodenluft-Heizungen) in römischen Villen und Badehäusern abgesehen, gibt es kaum Heizmöglichkeiten im Gebäude. Die erforderliche Energie muss als Brennstoff mühsam von Hand transportiert und verfeuert werden und bietet bei sehr schlechtem Wirkungsgrad bzw. hohem Verlust nur wenig Komfort.

Elektrizität und die darauf aufsetzende technische Informationsverarbeitung sind völlig unbekannt. Die Übertragung von (meist militärisch relevanter) Information geschieht über menschliche Boten oder über optische Signale wie Rauch oder durch den Einsatz von Spiegeln. Neben der Infrastruktur sichert auch eine große Zahl schlecht oder nicht bezahlter menschlicher Arbeitskräfte (Skaven) die Funktionsfähigkeit des städtischen Zusammenlebens und seiner Versorgung. Mit dem Zusammenbruch der staatlichen Ordnung im weströmischen Reich spätestens ab der europäischen Völkerwanderung (etwa 450 n. Chr.) endet auch die erste erfolgreiche Phase, Megastädte in Europa zu errichten und über längere Zeiträume bewohnbar zu halten. Nach dem weitgehenden Zusammenbruch des weströmischen Reiches sinkt die Bevölkerung in der Kernstadt Rom binnen weniger Jahrzehnte auf unter 1 Prozent ihres früheren Maximums.

In der Antike werden viele Städte neu gegründet und als Planstadt sehr regelmäßig angelegt: rechteckige Bebauungsbereiche, rechtwinklig verlaufende Straßenzüge (im Römischen Reich: *Cardo* und *Decumanus*). Sie weisen bereits eine klare funktionale Gliederung auf: Versammlungs- und Weihebezirke, Bäder, Friedhöfe usw., verbunden durch Haupt- und Nebenstraßen. Diese klare funktionale Gliederung geht jedoch, beginnend mit der Völkerwanderung im 5. Jahrhundert und verursacht durch eine funktional völlig neue Bebauung, im Mittelalter weitgehend verloren. Dabei werden manchmal noch vorhandene antike Bauwerke neu genutzt wie beispielsweise ein Amphitheater als Festung oder ein Stadttor wie die *Porta Nigra* in Trier als Kirche. Von einigen Ausnahmen abgesehen (Fürstenresidenzen in Mannheim und Karlsruhe), entwickeln sich unregelmäßige Stadtgrundrisse, die durch zahlreiche spätere Umgestaltungen heute als Labyrinth erscheinen. Hinzu kommt, dass eine über längere Dekaden im 13. Jahrhundert stark angewachsene Bevölkerung in Mitteleuropa ab etwa 1450

durch wiederkehrende Pestepidemien disruptiv dezimiert wird. Erst 400 Jahre später werden hygienische Maßnahmen im Zusammenhang mit der Wasserversorgung nachhaltige Abhilfe schaffen.

Stadtentwicklung orientiert sich in jener Zeit vor allem an zwei Treibern: dem Bevölkerungswachstum und der Entwicklung der Waffen- bzw. der Befestigungstechnik. Ab dem 16. Jahrhundert werden mechanische Schusswaffen (Katapulte) zunehmend durch Waffen mit chemischen Treibsätzen verdrängt (Schwarz- bzw. Schießpulver in Kanonen). Die Verantwortlichen im Städtebau sind gezwungen, der deutlich gestiegenen Durchschlagskraft und Distanzwirkung dieser neuen Waffen mit stärkeren Mauern und größerem Flächenverbrauch zu begegnen – beides lässt die dazu erforderlichen Investitionen stark ansteigen. Letztlich führt dies zu einer funktionalen Differenzierung im Städtebau, d. h., neben robusten Festungsstädten wie Mainz, Landau oder Neu-Breisach (frz.: Neuf-Brisach) entstehen Verwaltungs- oder Residenzstädte, ebenso wie Produktionsstandorte (z. B. Porzellanstadt Meißen oder die Bergbaustadt Clausthal – heute Teil der Doppelstadt Clausthal-Zellerfeld).

Nahezu zeitgleich zum Aufkommen des Schießpulvers ereignet sich mit der Erfindung des Buchdrucks in Deutschland auf Seiten der Informationstechnik ebenfalls ein echter technologischer Sprung – erstmals überhaupt seit der Etablierung der lateinischen Schrift 1.500 Jahre zuvor. Der Buchdruck ermöglicht durch eine kostengünstige Kopiermöglichkeit eine schnelle massenhafte Verbreitung von Nachrichten. Daneben ist in dieser Epoche für den mitteleuropäischen Städtebau von Bedeutung, dass auch die Bautechnik wieder den Stand der Spätantike erreicht – und fast 1.000 Jahre nach Ende des römischen Imperiums übertrifft.

Danach kommen erst Mitte des 18. Jahrhunderts wieder wirklich neue Impulse, diesmal aus England und getrieben durch das Erfordernis, fehlende Arbeitskräfte im englischen Bergbau durch Maschinen zu ersetzen. Die Dampfmaschine fällt als Basisinnovation nicht vom Himmel, sondern ist Ergebnis kapitalintensiver Forschungs- und Entwicklungsarbeit, die sich aus volkswirtschaftlicher Sicht nur durch gestiegene Stundenlöhne menschlicher Arbeitskräfte amortisiert.

Während die Dampfmaschine Verkehrswesen und Produktionstechnik bereits ab dem Beginn des 19. Jahrhunderts revolutioniert, werden in der Stadt erste Versorgungsnetze für kontinuierlich förder- und umsetzbare Energieträger nur zögerlich aufgebaut. Beispielhaft für die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts genannt seien Rohrleitungsnetze zur Verteilung von Stadtgas zu den ersten halbautomatisch arbeitenden Straßenleuchten. Genauso wichtig für die weitere Entwicklung jedoch ist der flächendeckende Aufbau von druckbetriebenen Trinkwasserversorgungsnetzen. Hamburg übernimmt hier um 1850 eine Vorreiterrolle, als ein mit Dampfmaschinen-Pumpen betriebenes Druckwassernetz den Betrieb aufnimmt. Wir können hier von einer **City 1.0** sprechen – sie nutzt die damals bekannten Möglichkeiten der Energiewandlung aus Kohle mittels Dampfmaschine oder Kohlevergasung. Elektrizität wird in dieser Zeit zwar entdeckt, bleibt aber noch lange überwiegend akademisches Spielfeld. Einzig bei der Informationsübertragung über längere Distanzen (einige Kilometer) entwickelt sich mit Druck- oder Schreibtelegrafen nach 1840 eine erste kommerzielle Anwendung der Schwachstromtechnik [LAUZI7].

Bereits seit dieser frühen Industrialisierungsphase steigt die Nahrungsmittelproduktion, durch die zentralen Wasserversorgungsnetze verbessern sich auch die hygienischen Lebensbedingungen merklich. Infolgedessen macht sich vor allem in europäischen Städten ab der Mitte des 19. Jahrhunderts ein starkes Bevölkerungswachstum bemerkbar. Nur in wenigen Fällen wird dieses Wachstum durch politische Randbedingungen eingeschränkt. Beispielhaft genannt sei

an dieser Stelle Mainz. Auch hier zeigt sich – wenn auch zeitlich verzögert – die notwendig gewordene Erweiterung um Wohnraum und andere Gebäude durch Anlage der sogenannten *Mainzer Neustadt* zum Ende des 19. Jahrhunderts anstelle eines großen durch technischen Fortschritt nutzlos gewordenen Militärgeländes.

Der flächendeckende Einsatz der neu erfundenen elektrischen Antriebs- und Beleuchtungstechnik ab etwa 1880 führt zu massiven Umwälzungen in den Städten: Straßenbeleuchtung und Straßenbahnen sind die ersten wichtigen Neuerungen, bald gefolgt von der Verkabelung vieler Gebäude zur Versorgung mit elektrischer Energie. Wenngleich auch hier vor allem zunächst die Beleuchtung im Mittelpunkt steht (dies ermöglicht einen massiven Schub der Produktivität, da auch in Abend- und Nachtstunden gearbeitet werden kann), folgen bald viele weitere Anwendungen. Beispielhaft dafür sei die Aufzugstechnik genannt, wie sie für die nach 1890 entstandenen Hochhäuser unentbehrlich wird. Wir sprechen nun von der **City 2.0** – sie nutzt erstmals alle Möglichkeiten zur Wandlung von und in elektrische Energieformen aus Kohle, Gas und Erdöl (nach 1950 auch Uran). In diese sehr stürmische Ära fallen auch die Entwicklung von Sprachtelefonie (ab 1880) und Funk (1900) – Basis für die Nachrichten- und Informationstechnik späterer Jahrzehnte.

Mit der Zäsur der durch den 2. Weltkrieg verursachten Schäden in deutschen und anderen europäischen Städten ergeben sich auch in städtischen Strukturen erhebliche Änderungen: Velerorts entstehen am Rand der Kern- oder Altstädte Trabantsiedlungen wie etwa München-Hasenberg, Berlin-Marzahn, Paris-Sarcelles etc. Die weiter fortschreitende Erhöhung der Siedlungsdichte (auch durch den nun verstärkt einsetzenden Hochbau) sollte den Wohnraumangel wirksam beseitigen, entstanden sind jedoch oftmals Strukturen am wirklichen Bedarf vorbei und damit wenig lebenswert. Vor allem in Westdeutschland versucht man darüber hinaus, Städte im Hinblick auf den individuellen Autoverkehr zu optimieren (sogenannte autogerechte Stadt), indem man ältere städtische Strukturen zugunsten der Schaffung eines leistungsfähigen Straßennetzes opfert. Solche städtebaulichen Entwicklungen sind derzeit auch an anderer Stelle in der Welt (vor allem in China) zu beobachten.

Mit dem fließend verlaufenden Einzug halb- und vollautomatischer Maschinen für unterschiedlichste Anwendungen nach 1960, ab 1975 auch auf Basis kleiner Digitalrechner, können wir hier von der **City 3.0** sprechen. Es geht dabei zunächst um die weitgehend isolierte Automatisierung vieler kleiner Aufgaben, die bislang ausschließlich vom Menschen oder durch einfache Maschinen eher unzulänglich vorgenommen wurde. Als Beispiele genannt seien Ampelanlagen (statt Verkehrsregelung durch Polizisten) und automatische Heizungsregelungen (statt manuellem Ein-/Ausschalten je nach Wärmeempfinden der Bewohner). In der Wasserversorgung garantieren Druckerhöhungsanlagen einen hinreichenden Wasserdruck. Dies gilt auch bei stark schwankender Abnahme, muss aber stets für die Rohrnetze unschädlich bleiben.

Eigentlich könnte man an dieser Stelle aufhören, wir sind nun etwa im Jahr 1990 angelangt. Bereits 70 Jahre früher meinte der US-amerikanische Patent-Kommissar CHARLES HOLLAND DUELLE „alles ist bereits erfunden“ – nur war ihm offenbar nicht bewusst, welche entscheidende Wirkung die sichere Übertragung und rechtzeitige Bereitstellung von *Information* entfalten kann. Das wussten jedoch schon immer die Militärs. Beispielhaft genannt sei die Entschlüsselung der deutschen Funkverschlüsselung *ENIGMA* im zweiten Weltkrieg ebenso wie die Schaffung des Internetvorgängers *ARPANET* (Advanced Research Projects Agency Network) in den USA Ende der 1960er Jahre.

Seit den 1990er Jahren ist die technische Kopplung einer Ampelsteuerung mit einer Heizungsregelung problemlos möglich – dank der Verfügbarkeit standardisierter Steckverbinder und

Kabel, Netztopologien und Internetprotokolle. Ob eine solche daten- bzw. informationstechnische Kopplung sinnvoll ist, sei dahingestellt. In jedem Fall muss bei allen informationstechnischen Kopplungen zwischen zwei datenverarbeitenden Geräten verhindert werden, dass – wie im Falle der *ENIGMA* – der Datenfluss zwischen Sender (Datenquelle) und Empfänger (Datensenke) abgehört oder gar verfälscht wird. Dies gilt umso mehr, als Informationen nicht mehr kabelgebunden (elektrisch), sondern zunehmend per Funk (elektromagnetisch) übertragen werden.

War das Internet vor 1995 nur der technisch-wissenschaftlichen Elite zugänglich, wurde es noch vor der Jahrtausendwende zum Massenmedium – erst recht mit der Möglichkeit mittels neuer Plattformen (soziale Netzwerke, Wikipedia etc.) ohne technische Vorkenntnisse eigene Inhalte online zu stellen.

Ähnlich verlief die Entwicklung bei den Mobilfunknetzen: die (analogen) A- und B-Netze der 60er und 70er Jahre waren nur einem privilegierten Teilnehmerkreis zugänglich. Das änderte sich binnen weniger Jahre mit der Einführung der (digitalen) D-Netze 1992: Der Mobilfunkmarkt entwickelte sich seither sehr stürmisch – auch weil er nicht mehr durch einen einzigen Monopolisten beherrscht wurde. Die neueren Technologien UMTS und LTE bieten deutlich höhere Datenraten, dennoch zeigt ein Blick in den Breitbandatlas des deutschen Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur noch immer große Lücken in vielen ländlichen Regionen bei höheren Brutto-Datenraten [BMVI18].

Und dann noch GPS (Global Positioning System) – unverzichtbar bei allen Aufgaben einer räumlichen Lokalisierung. Seit 1995 für militärische Positionsbestimmung der US-Streitkräfte in Betrieb, hat sich dieses System ab etwa 2005 durch Kombination mit Referenzbasisstationen (DGPS) als Standard durchgesetzt – mit einer Auflösung im Bereich weniger Meter. Seit dieser Zeit verfügen neben Navigationsgeräten auch viele Mobiltelefone über kompatible Empfänger. Weitere Entwicklungen wie beispielsweise Drohnenflugkörper (UAV = Unmanned Aerial Vehicle) oder selbstfahrende Autos werden sich als Teil künftiger Mobilität und Logistik etablieren.

Damit sind wir bei den neuen Möglichkeiten der Informationsvernetzung angelangt: Wir sprechen nun von der **City 4.0** – oder auch Smart City. Diese Vernetzung setzt digitale Rechnersysteme an jedem einzelnen Informationsknoten voraus. Ein solcher Knoten kann ein einzelner Sensor sein – z. B. zur Erfassung von Temperatur oder der CO₂-Konzentration. Setzt man solche Sensorik in großer Zahl flächendeckend ein, kann man daraus zwei- oder dreidimensionale orts aufgelöste Bilder bekommen. Als Beispiel seien Thermografie-Kameras genannt, allerdings sprechen wir bei städtischen Strukturen von einer Erfassungsfläche im Bereich mehrerer Quadratkilometer und nicht wie bei einem Kamera-Chip (plus Optik) von wenigen Quadratmetern. In der Stadt spricht man von einem sogenannten *Sensornetz* mit speziellen Kommunikationsprotokollen, die neben der Übertragungssicherheit auch den Energiebedarf des Senders berücksichtigen müssen. In einer nicht unrealistischen Zukunftsvision kostet ein solcher Sendeknoten nur wenige Cent (heute 10 bis 100 EUR), er arbeitet für einen definierten Zeitraum im Verbund mit seinen Netznachbarn (heute üblich) und verrottet nach Ende seiner Lebensdauer zu einem biologisch verwertbaren Rückstand (noch Vision).

Dies alles ist technisch zwar bereits seit den 1990ern möglich, war aber bislang aufgrund vom Preis-Leistungs-Verhältnis verfügbarer Rechnerarchitekturen nicht wirtschaftlich. Somit spiegelt der Begriff der Smart City die technologische Durchdringung der alten analogen Städtewelt mit den neuen digitalen Möglichkeiten seit Beginn des 21. Jahrhunderts.

■ 2.2 Aktuelle Siedlungssituation in Deutschland

Die Bevölkerungsdichte in Deutschland verteilt sich über die gesamte Bundesfläche sehr unterschiedlich, ähnlich wie in den meisten anderen Staaten. Dabei findet sich die höchste Verdichtung mit den meisten Mittel- und Großstädten in Nordrhein-Westfalen (Ruhrgebiet bzw. Metropolregion Rhein-Ruhr), aber auch im Südwesten haben sich in den letzten Dekaden in Baden-Württemberg im Umfeld der Wirtschaftszentren des Neckar- und Rheintales zahlreiche Mittelstädte sehr stark vergrößert (Metropolregionen Stuttgart und Rhein-Neckar). Insgesamt leben in solch teils hochverdichteten Ballungszentren inzwischen zwei von drei Menschen bei einem Gesamtflächenanteil von weniger als der Hälfte der deutschen Staatsfläche, Tendenz weiter steigend. Die Dichte liegt dort typischerweise zwischen 160 Einwohnern je Quadratkilometer (Nürnberg/Fürth/Hof) und reicht bis zu einem Wert von 1.400 (Rhein-Ruhr). Beim Vergleich mit dem deutschen Durchschnittswert von rund 230 Einwohnern je Quadratkilometer könnte man daraus schließen, dass innerhalb mancher Metropolregion noch genügend Reserven zur Nachverdichtung bestehen. Dies ist zwar grundsätzlich richtig, übersieht jedoch die großflächige Gliederung dieser Gebiete und kommt für die Siedlungskerne zu falschen Schlussfolgerungen.

Andere Daten ergeben sich, wenn man die Betrachtung der Bevölkerungsdichte auf die Siedlungskerne der zentralen Großstädte beschränkt, hier kommt man schnell auf deutlich höhere Werte (beispielsweise München bis zu 4.900 Einwohner je Quadratkilometer), noch höhere Werte ergeben sich bei der Fokussierung auf einzelne Stadtteile (bis etwa 20.000 im Westend Wiesbaden [WIWE18]).

Eine Gliederung von Siedlungen in Deutschland nach der absoluten Bevölkerungszahl ergibt nach Angaben des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung folgende Aufteilung (Stand 2015), vgl. Bild 2.2:

- 15 *große Großstädte* mit mindestens 500.000 Einwohnern und rund 65 *kleinere Großstädte* mit 100.000 bis unter 500.000 Einwohnern, hier lebt rund ein Drittel aller Menschen in Deutschland, allerdings auf nur 5 % der Fläche.
- 600 *Mittelstädte* mit 20.000 bis unter 100.000 Einwohnern, hier lebt ein weiteres Drittel aller Menschen in Deutschland auf rund 15 % der Fläche.
- Das restliche Drittel teilt sich auf: Rund ein Viertel aller deutschen Einwohner lebt in einer *kleinen Kleinstadt* mit 5.000 bis unter 10.000 Einwohnern bzw. einer *großen Kleinstadt* (10.000 bis 20.000 Einwohner) auf insgesamt rund 45 % der Fläche des deutschen Staatsgebietes.
- Die restlichen 10% der Menschen leben in *Landgemeinden* auf rund 35 % der deutschen Staatsfläche. Solch ländliche Gebiete finden sich in den sogenannten neuen Bundesländern ebenso wie in Bayern, Nordhessen oder im Westen von Rheinland-Pfalz.

Zieht man die Anteile der in Landgemeinden und kleinen Kleinstädten ansässigen Bevölkerung (d. h. Siedlungen unter 10.000 Einwohner) von der Gesamtbevölkerung ab, kommt man auf den in vielen Quellen genannten aktuellen Verstädterungsgrad von etwa 80 % [BBSR15]. Bei 82 Mio. Einwohnern in Deutschland leben also rund 65 Mio. Menschen in Siedlungen mit mindestens 10.000 Einwohnern. Dieser Verstädterungsgrad ist typisch für die meisten hochentwickelten Staaten, er geht einher mit einem sehr niedrigen Anteil von Beschäftigten im Agrarsektor.

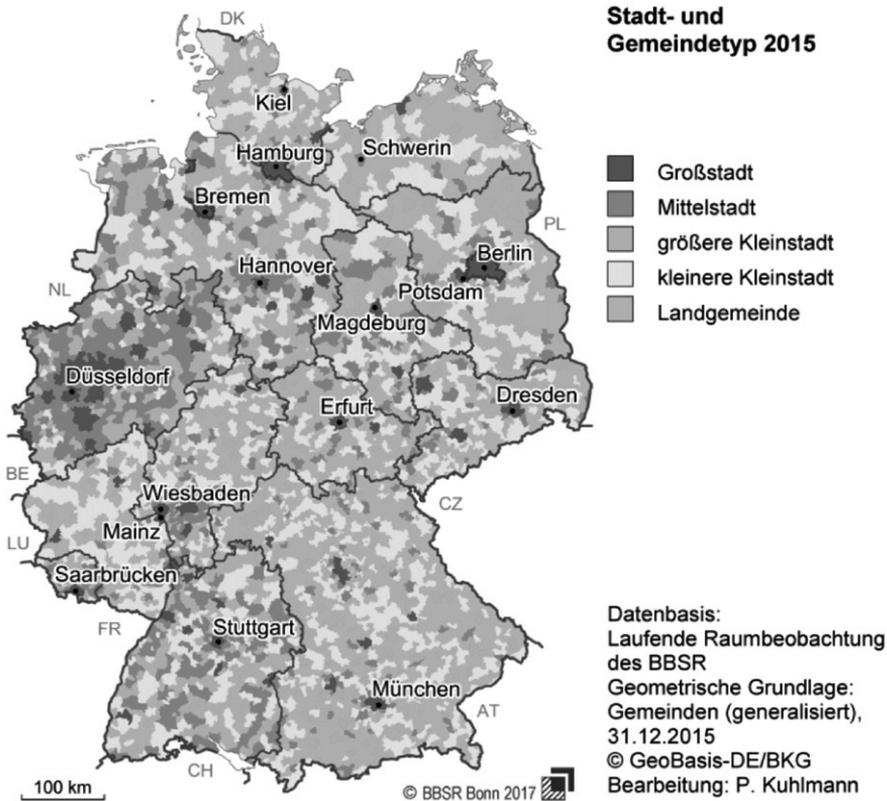


Bild 2.2 Räumliche Verteilung von Städten und Landgemeinden in Deutschland [BBSR15]

Aktuelle Prognosen gehen von einem weiteren Konzentrationsprozess in Deutschland aus, d. h. der Verstärterungsgrad wird bis auf etwa 85 % weiter ansteigen. Dabei wachsen neben den meisten der vergleichsweise wenigen Großstädte auch wirtschaftlich prosperierende Landgemeinden (überwiegend im süddeutschen Raum). Neben Zuwanderung aus dem Ausland gehen diese Wanderungsgewinne zulasten von Landgemeinden und zahlreicher Klein- und Mittelstädte in wirtschaftlich schwächeren Regionen. Somit existieren Herausforderungen für nahezu alle Kommunen – Wachstum und Schrumpfung zeigen sich gleichzeitig in Deutschland. Neben der Verfügbarkeit von Arbeits- und Einkommensmöglichkeiten liegen Gründe im Wunsch nach kulturellem Angebot, weiterführenden Schulen und medizinischer Versorgung.

Sichtbaren Ausdruck findet diese Entwicklung vor allem in fehlendem Wohnraum an einem Ort, parallel zu Leerstand an anderer Stelle. Auch in prosperierenden Kommunen zeigt sich Leerstand, z. B. bei Eigenheimen: Das Wegsterben alter Familienmitglieder und der Wegzug der Kinder, verursacht durch Arbeitsplatzangebot an anderen Orten, führen dazu, dass jedem der zurückgebliebenen Senioren deutlich mehr Wohnraum zur Verfügung steht als früher. Ein Verkauf solcher Immobilien kommt seit einigen Jahren wegen befürchteter Geldentwertung häufig auch nicht in Frage. In Verbindung mit der zunehmenden Konzentration beim Grundbesitz und zusätzlichen Kaufinteressenten (auch aus anderen Ländern) führt diese Entwicklung zu teils exorbitant steigenden Preisen bei Eigentumswohnungen und Eigenheimen.

Zwar liegen planerischer Fokus und Digitalisierungsbemühungen meist auf der erstgenannten Gruppe der (wachsenden) Großstädte, die besonderen Herausforderungen einer Landgemeinde (z. B. schlechte Verkehrsanbindung, niedrige Dichte von Ärzten und Schulen) rücken jedoch neuerdings auch diese gering verdichteten Siedlungsräume in den Fokus – wenngleich mit völlig andersartigen Schwerpunkten. Visionäre sprechen hier gerne von den *digitalen Dörfern* [DIDÖ17]. Die neuen technologischen Möglichkeiten erschließen sich vielen Regionen jedoch erst mit einer flächendeckenden Verfügbarkeit leistungsfähiger Kommunikationsnetze.

■ 2.3 Globale Entwicklung von Siedlungsräumen

Die Darstellung wäre lückenhaft und teilweise irreführend, wenn sich der Blick auf die in Deutschland dominierenden meist hochentwickelten Klein- und Mittelstädte beschränken würde. Die eigentliche globale Herausforderung für die Stadt der Zukunft liegt in einer massiv auseinanderlaufenden Bevölkerungsentwicklung. Ein Blick in die Statistiken der Vereinten Nationen zeigt einige grundlegenden Tendenzen für die letzten 65 Jahre, d. h. für den Zeitraum von 1950 bis 2015. Für die drei Länder Nigeria, Türkei und Deutschland als typische Vertreter eines Entwicklungs-, Schwellen- und Industrielandes werden hier die zeitlichen Verläufe relevanter Bevölkerungsparameter gezeigt. Die Daten finden sich bei [DESA17].

- Sehr länderspezifische Verläufe bei der Geburtenrate, gemessen in Lebendgeburten je Frau, vgl. Bild 2.3 (links): In fast allen Regionen der Welt ist die Geburtenrate rückläufig bzw. nach einem starken Rückgang wieder leicht ansteigend. Unterentwickelte Länder zeigen hier noch heute Werte oberhalb von 6, für eine stabile Bevölkerungszahl liegt der Wert nur knapp oberhalb von 2 [DESA17]. Die Gründe hierfür sind sehr unterschiedlich, sie reichen vom erreichten Wohlstands- und Bildungsniveau bis hin zur Etablierung staatlicher Systeme zur Alterssicherung.
- Einen Rückgang der Kindersterblichkeit, gemessen in Todesfällen vor Erreichen des 5. Lebensjahres und bezogen auf 1.000 Lebendgeburten, vgl. Bild 2.3 (rechts): Dies ist vor allem verbesserter Hygiene und dem medizinischen Fortschritt (z. B. Impfprogramme) zu verdanken. Bestwerte liegen unter 10 und finden sich erwartungsgemäß in den hochentwickelten Volkswirtschaften. In einem unterentwickelten Land kann dieser Wert bis zu 20-fach höher liegen, um 1950 lag er teilweise sogar noch viel höher und erreichte Werte bis über 400 (40 % Todesfälle in einem Jahrgang).
- Einen Anstieg der Lebenserwartung, Bild 2.4 (links) – wobei Frauen im Schnitt 2 bis 5 Jahre älter werden als Männer (hier nicht dargestellt): In manchen Fällen zeigen sich kurzzeitig Rückgänge bei der Lebenserwartung von Männern, die in vielen Fällen ihre Ursache in längeren und verlustreichen kriegerischen Auseinandersetzungen haben. Beispiele finden sich in den Statistiken von Syrien, Iran und Irak. Bestwerte liegen aktuell für Männer knapp oberhalb von 80 Jahren, bei Frauen sind es bis zu 87 Jahre.
- Die drei zuvor genannten Entwicklungen führen zu einem mehr oder weniger starken Wachstum der Bevölkerungszahl in dem jeweiligen Land (vgl. Bild 2.4 rechts).

Index

A

Abtastzeit 43
ADU/Analog-Digital-Umsetzer 56
Aktor 45, 46, 60
Authentifizierung 64, 81
Autonomes Fahren 105

B

BAN/Building Automation Network 118
Bandbreite 63
Bevölkerungsentwicklung 24
– Geburtenrate 24
– Kindersterblichkeit 24
– Lebenserwartung 24
BHKW/Blockheizkraftwerk 113
BIM/Building Information Modeling 34
Blackout 114
Blockchain 106
Breitband 73
Breitbandatlas 78
Broadcast 87
BSI/Bundesamt für Sicherheit in der
Informationstechnik 117
BSP/Bruttosozialprodukt 52

C

CDO/Chief Digital Officer 103
Client 67
Client-Server 66
Cloud 66
– Community 79
– IaaS/Infrastructure as a Service 79
– PaaS/Platform as a Service 79
– Private 79
– Public 79
– SaaS/Software as a Service 79
– Webbasierte Dienste 55
Cloud Computing 79, 90

D

D-/E-Netz 75
Daseinsvorsorge 10, 104
Daten 40
Datennetz 63
Datenpunkt 67
DDC/Direct Digital Control 117
Degradation (Leuchtmittel) 123
Digitaler Zwilling 34
Digitalisierungsstrategie 103, 127
Disruptiver Vorgang 88, 131
DOCSIS/Data Over Cable Service 76
Drohnen 105
DSL 76

E

EDGE 75
Elektromobilität 105
Energie 32
Energiespeicher 114
EPBD/EPBD (Energy Performance of
Buildings Directive) 118
Ethernet 66
EVU/Energieversorgungsunternehmen 113

F

Freihaltebedürfnis 16
FTTC/Fiber to the Curb 77
FTTH/Fiber to the Home 78
Funknetz
– Bluetooth 73
– EnOcean 74
– Hotspot 124
– LoRaWAN 74, 109, 113
– NB-IoT 74, 113
– WLAN 73, 124
– ZigBee 73

G

Gebäudeenergieberatung 119
Gebäudeheizung 54
– Heizkennlinie 54
– Partytaste 54
– Wärmeerzeuger 54
Generation XYZ 30
Generator 46
Geschäftsmodell
– Betreibermodell 98
– Erlösmodell (Pay-per-X) 91
– Handelsplattform 89
– Revenue Generation 88
– Sharing 92
– Start-up 89
– Value Capture 88
– Value Proposition 88
Gleichzeitigkeitsfaktor 32
GPRS 75
GPS 21

H

HAN/Home Automation Network 118
Hexadezimalsystem 44
HKL/Heizung, Klima und Lüftungsanlagen
118
Hypokaustanlage 18

I

Information 40
Intermodaler Verkehr 105
IoT/Internet der Dinge 49, 57
ISM-Band/Industrial, Scientific and Medical
73
IuK/Informations- und
Kommunikationstechnik 112, 115

J

Jitter 68, 71

K

KI/Künstliche Intelligenz 51, 52, 102
Kritische Infrastruktur 33
KVz/Kabelverzweiger 77

L

Ladestation (Elektromobile) 124
Landgemeinde 24
LED/ Light Emitting Diode 121
Leistung 32
Lichtstrom 45, 61
LMN/Local Metrological Network 117
LTE/Long Term Evolution 74
LTE/Long Term Evolution (4G) 75

M

M2M/Machine-to-Machine-Kommunikation
57, 81
Man in the middle 81
Megacities 26
Messdaten
– Erfassung 53
– Messkette 61
– Messobjekt 55
– Sensorelement 66
– Tiefpassfilter 56
Migration
– Binnenmigration 27
– transnational 28
Millenials 104, 108
Müllentsorgung 28

N

Netzwerk
– LAN 63
– OSI-Modell 63
– Protokoll 63
– Protokollstack 64, 118
– WAN 63, 117
NGMN/Next Generation Mobile Network
(5G) 76

O

Ökosystem 128
 Open Data 102
 ÖPNV 27, 105

P

Paketverlustrate 71
 Phasenkoppler 122
 Planung
 – Durchschnittswerte 31, 34
 – Worst-Case 31, 34
 Powerline 63, 79
 Protokoll
 – DNS/Domain Name System 67
 – IP/Internet Protocol 65
 – MQTT/Message Queue Telemetry Transport 67, 113
 – NTP/Network Time Protocol 67
 – OPC UA/Open Platform Communications Unified Architecture 67
 – TCP/Transmission Control Protocol 65
 – TLS/Transport Layer Security 65, 82, 118
 – UDP/User Datagram Protocol 65
 PTG/Power-to-Gas 115
 Public Private Partnership 13
 Publish & Subscribe 69
 PWM/Pulsweitenmodulation 121

Q

QoS/Quality of Service 71, 76

R

Raum- und Umweltplanung 15
 Rechner
 – Automatisierungsgerät 33, 54, 82
 – CPU 46
 – DDC 117
 – Knoten 21, 50
 – lokaler 56, 60, 82
 – Mastcontroller 121
 – Raumcontroller 54
 – Segmentcontroller 122
 – SPS 57
 – Webkoppler 56, 61, 66

Referenz 128
 Regelkreis 61
 Regelung
 – gegenläufig 113
 Rundsteueranlage 120

S

SCADA/Supervisory Control and Data Acquisition 68, 117
 Schmalband 73
 Schwarzstart 114
 Segregation 28, 29
 Sensor 45, 46, 56
 Sensornetz 21, 124
 Server 66
 Sharing 30
 Signal 40, 41
 – analog 43
 – deterministisch 42
 – digital 43
 – stochastisch 42, 53
 – wertediskret 43
 – zeitdiskret 43
 Smart Grid 112
 SMG/Smart-Meter-Gateway 117
 SPS/Speicherprogrammierbare Steuerung 57
 SRD-Band/Short Range Devices 73
 Stadt-App 103
 Städtebau 15
 Stadtentwicklung 12
 Stadtplanung 15
 – autogerechte Stadt 20, 132
 – informelle Siedlung 27
 – Planungsprozess 16
 – Städtegröße 22
 – Trabantensiedlung 20
 Start-up 87, 132
 Stellglied 60
 Straßenbeleuchtung 20
 Straßennetz 34
 Szenario 116

T

Telemonitoring 125
 Transistor 46, 47

U

UMTS/Universal Mobile
Telecommunications System (3G) 75
Unicast 87
Urbanisierung 16

V

VDSL/Vectoring 77
Verletzlichkeitsparadoxon 33
Verschlüsselung 64, 81
Versorgungsnetz
– elektrische Energie 20, 27

– Kanalisation 27
– Rohrleitung 19
– Telekommunikation 27
– Trinkwasser 19
Verstädterungsgrad 22
Völkerwanderung 18

W

Wärmepumpe 113
Wirkungsgrad 32
WPAN/Wireless Personal Area Networks 73