

Resilienz in der Smart City

Wie Kommunen besser mit Krisen umgehen und proaktiv eine nachhaltige Zukunft gestalten können



IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
Referat RS 5 „Digitale Stadt, Risikvorsorge und Verkehr“
Dr. Ralf Schüle, ralf.schuele@bbr.bund.de
Thomas Schönberger

Autorinnen und Autoren

Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities:

Franziska Sahr, Nikolaus de Macedo Schäfer, Dr. Nicolas Caradot, Jochen Rabe
Kompetenzzentrum Wasser Berlin (KWB)
franziska.sahr@kompetenz-wasser.de

Julia Diringer, Dr. Christian Stein, Jan Abt, Dr. Jens Libbe, Lisa Dreier (Co-Autorin)
Deutsches Institut für Urbanistik (Difu)
diringer@difu.de

Redaktion

Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities:
Dorothee Fricke, DLR Projektträger

Stand

Januar 2023

Satz und Layout

Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities:
Sebastian Blunk, Lukas Kalkhoff, DLR Projektträger

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Gedruckt auf Recyclingpapier

Bestellungen

publikationen.bbsr@bbr.bund.de
Stichwort: Resilienz in der Smart City

Bildnachweis

Titelbild: photoschmidt – stock.adobe.com; S. 6: Juan Manuel Sanchez on Unsplash; S. 9: Elmqvist et al. 2019: 270; S. 10: SP – stock.adobe.com; S. 12: Eigene Darstellung; S. 14: Eigene Darstellung; S. 15: Berliner Wasserbetriebe – Joachim Donath; S. 17: Eigene Darstellung; S. 19: Fraunhofer FKIE/Ralf-Michael Vette; S. 20: Eigene Darstellung; S. 21: alessandro fazari on Unsplash; S. 22: Stadtwerk Haßfurt GmbH; S. 24: Eigene Darstellung; S. 25: ETAJOE – stock.adobe.com; S. 26: EMSCHERGENOSSENSCHAFT/LIPPEVERBAND; S. 28: Eigene Darstellung; S. 30: Christin Hume on Unsplash; S. 32: m.mphoto – stock.adobe.com; S. 34: victorgrow – stock.adobe.com; S. 36: Dmitry Rukhlenko – stock.adobe.com; S. 37: Stadt Rotterdam 2016: 19.; S. 38: Borysovsky – stock.adobe.com; S. 40: mykytivoandr – stock.adobe.com; S. 41: Stadt Rotterdam 2022: 23.; S. 42: Stadt Bochum, crossarchitecture/rendertaxi/www.bochum.de; S. 44: Stadt Rotterdam o. J.: 13.; S. 46: Stadt Ludwigsburg/www.ludwigsburg.de; S. 47: Jan Schuler – stock.adobe.com; S. 48: De Urbanisten/Ossip van Duisenbode/www.urbanisten.nl; S. 49: Bernd Brueggemann – stock.adobe.com; S. 50: Quelle: Bart Ross on Unsplash

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Bitte senden Sie uns zwei Belegexemplare zu.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

Resilienz in der Smart City

Wie Kommunen besser mit Krisen umgehen und proaktiv eine nachhaltige Zukunft gestalten können

Das Projekt des Förderprogramms „Modellprojekte Smart Cities“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.

Inhalt

Zusammenfassung	5
1 Einführung	6
2 Merkmale resilienter Systeme	12
2.1 Feedback-Loops	14
2.2 Modularität	17
2.3 Diversität	20
2.4 Redundanz	24
3 Zusammendenken: Resilienz und Digitalisierung	30
4 Resilienz und Digitalisierung in der kommunalen Praxis verbinden	34
4.1 Identifikation von chronischem Stress und akuten Schocks	36
4.2 Ziele, Handlungsfelder und Maßnahmen festlegen	38
4.3 Akteure und Handlungsfelder vernetzen	40
4.4 Mit lernenden Systemen proaktiv Veränderungen gestalten	43
4.5 Resilienz langfristig und finanziell verankern	47
4.6 Abschließende Betrachtungen zur Stärkung der Resilienz in der kommunalen Praxis	49
5 Empfehlungen	50
Literatur	53



Zusammenfassung

Städte und Gemeinden stehen vor einer doppelten Herausforderung: Auf der einen Seite sind sie angehalten, ambitionierte Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele zu verfolgen, um eine zukunftsfähige Stadtentwicklung zu gewährleisten. Auf der anderen Seite müssen externe Ereignisse wie zum Beispiel die nachteiligen Auswirkungen des Klimawandels bewältigt und Folgewirkungen begrenzt werden. Die Resilienz von Städten und Gemeinden zu erhöhen bedeutet daher gleichermaßen, sowohl gegenüber Stressereignissen widerstandsfähig zu sein als auch aktiv eine Transformation in Richtung einer nachhaltigen Zukunft zu gestalten.

Vor diesem Hintergrund zielt die vorliegende Publikation darauf ab, Resilienz als Grundgerüst einer nachhaltigen Stadtentwicklung greifbar zu machen und darzulegen, warum es effektiv sein kann, sich in der Smart-City-Strategieentwicklung stärker mit diesem Konzept zu befassen. Resilienz kann dabei sowohl als eigenständiges Element einer integrierten nachhaltigen Stadtentwicklung entwickelt als auch als Querschnittsthema und Managementansatz in Smart-City-Strategien verankert werden.

Die Studie stellt anhand kommunaler Fallbeispiele vor, wie vier zentrale Merkmale resilienter Systeme – Feedback-Loops, Modularität, Diversität und Redundanz – insbesondere dann zu einer Stärkung kommunaler Resilienz beitragen können, wenn digitale Dateninfrastrukturen und Steuerungstools eingesetzt werden. Gleichzeitig ist es wichtig, mögliche Risiken zunehmender Digitalisierung von Daten und Entscheidungsprozessen zu berücksichtigen.

Vielorts bereits laufende Prozesse zur Erarbeitung einer Digitalstrategie bieten etwa das große Potenzial, Leitlinien für resiliente Systeme direkt zu integrieren. Querschnittsbeauftragte der kommunalen Verwaltung wie ein Chief Digital Officer (CDO) können dabei unterstützen, diese Leitlinien in alle Fachbereiche zu tragen. Ebenso können digitale Lösungen dabei helfen, komplexe Zusammenhänge und Auswirkungen von Entscheidungen innerhalb von Verwaltungsprozessen besser abzuschätzen, wie beispielsweise im Rahmen kommunaler Steuerungs- und Informationssysteme.

Aus der Betrachtung nationaler, europäischer und internationaler Beispiele lassen sich zentrale Handlungsempfehlungen ableiten, mit deren Hilfe „Resilienzdenken“ in der kommunalen Praxis gestärkt werden kann.

Diese sind:

- Resilienz als Querschnittsthema in allen kommunalen Entscheidungsprozessen und -verfahren zu verankern,
- die Entwicklung und Umsetzung von Resilienzstrategien an vorhandenen Strategien zu orientieren und diese flankierend zu unterstützen,
- „Resilienzdenken“ zu vermitteln und fachübergreifende Kooperationen zu etablieren,
- Digitalisierung als Chance für die Entwicklung resilienter Systeme zu verstehen und potenzielle Risiken frühzeitig zu adressieren,
- in fachliche, personelle und finanzielle Ressourcen zur Steigerung urbaner Resilienz zu investieren und
- schließlich Resilienz als Fähigkeit nutzen, um den gewünschten und notwendigen Wandel in Richtung Nachhaltigkeit herbeizuführen.

1 Einführung



Quelle: Juan Manuel Sanchez on Unsplash

Plötzliche Schocks, chronischer Stress und notwendiger Wandel

Städte und Gemeinden befinden sich in einem ständigen Wandel. Dabei wirken viele externe Ereignisse auf die Stadtentwicklung. Um diesen Wandel in Richtung einer nachhaltigen Stadtentwicklung bewusst zu gestalten, ist es essenziell, ein „Resilienzdenken“ auch in Kommunen zu etablieren. Dieses gilt auch und insbesondere für die Entwicklung einer Smart-City-Strategie. Vor allem die Auswirkungen des Klimawandels sind hierzulande immer deutlicher zu spüren. Zunehmend beeinflussen Extremereignisse wie Hitzesommer oder Starkregen das Leben in den Städten und Gemeinden. Teilweise gehen sie mit Schocks einher. Ein dramatisches Beispiel war die Flutkatastrophe im Ahrtal im Juli 2021. Für die Kommunen besteht die Herausforderung darin, sich so aufzustellen, dass sie ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber extremen (Wetter-)Ereignissen erhöhen.

Nicht nur akute Schocks stellen Kommunen vor außergewöhnlich hohe Herausforderungen, sondern auch chronischer Stress, wie die Auswirkungen des demografischen Wandels (sinkende Geburtenzahlen, Erhöhung des Durchschnittsalters der Bevölkerung) und damit verbunden die Sicherung von Daseinsvorsorge und Lebensqualität. Die Coronapandemie hat uns seit 2020 beispielhaft chronischen Stress vor Augen geführt. Die wiederholten Schutzmaßnahmen haben das gesellschaftliche und wirtschaftliche Zusammenleben stark auf die Probe gestellt. Auch der russische Angriffskrieg gegen die Ukraine und das damit verbundene Flüchtlingsaufkommen haben deutlich gemacht, dass deutsche Kommunen besser auf unvorhersehbare Krisen vorbereitet sein müssen. Gleichmaßen gilt es, die Richtungssicherheit in Prozessen bewusster Transformationen unter anderem in den Handlungsfeldern sozialer und ökonomischer Wandel, Klimaschutz und ökologische Nachhaltigkeit zu bewahren. Diese Herausforderungen zeigen exemplarisch, warum Kommunen sich mit dem Thema Resilienz auseinandersetzen sollten.

Auch für die Entwicklung von Digitalisierungsstrategien in der Smart City ist Resilienz wichtig,

denn die fortschreitende Digitalisierung kann die Resilienz von Kommunen einerseits erhöhen, aber gleichzeitig auch neue Risiken und Verwundbarkeiten erzeugen. Die Digitalisierung eröffnet vielfältige Möglichkeiten, um die urbane Resilienz zu stärken. Ein Beispiel sind verbesserte Informations- und Planungsgrundlagen, etwa durch das Echtzeit-Monitoring von Verkehrs- und Wetterdaten oder die Entwicklung neuer Plattformen für effiziente fachbereichs- oder akteursübergreifende Kooperationen. Gleichzeitig kann die fortschreitende Digitalisierung die Resilienz des urbanen Systems auch schwächen, zum Beispiel durch Cyberattacken auf städtische Infrastrukturen.

In der „Deutschen Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen“ hat sich die Bundesregierung auf die Fahnen geschrieben, Deutschland nachhaltig krisenfester zu machen. Das erklärte Ziel lautet „Menschen und ihre Existenzgrundlagen zu schützen sowie die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit des Gemeinwesens gegenüber Katastrophen zu stärken“ (BMI 2022: 6). Dabei wird deutlich, dass sich hinter dem Konzept der Resilienz mehr verbirgt als die bloße Reaktion und Vorsorge gegenüber einer Katastrophe. Auch im Memorandum „Urbane Resilienz“ wird deshalb neben der Widerstandsfähigkeit auch das „aktive Anpassen und Verändern an zukünftige Herausforderungen“ (BMI 2021: 6) betont, also Resilienz als eine notwendige Eigenschaft, um die dringend erforderliche und vorsätzliche Transformation zur Nachhaltigkeit in angemessenem Maße schnell zu ermöglichen.

Ziel und Aufbau des Berichts

Ziel des vorliegenden Berichts ist es, Resilienz als Grundgerüst einer nachhaltigen Stadtentwicklung greifbar zu machen und darzulegen, warum es effektiv sein kann, sich in der Smart-City-Strategieentwicklung stärker mit Resilienz zu befassen. Resilienz kann dabei sowohl als eigenständiges Element einer integrierten nachhaltigen Stadtentwicklung entwickelt als auch als Querschnittsthema und Managementprinzip in Smart-City-Strategien verankert werden. Zum einen macht der Bericht anhand der Beschreibung von Merkmalen resilienter Systeme das Konzept

„Resilienz“ für die Praxis der Smart-City-Strategieentwicklung und -umsetzung greifbar. Zum anderen soll der Bericht vermitteln, wie Digitalisierung den Kommunen helfen kann, Resilienz zu stärken und von Anfang an mögliche Risiken der Digitalisierung mitzudenken. Der Aufbau des Berichts orientiert sich an dieser Zielsetzung.

In Kapitel 2 werden als Merkmale resilienter Systeme Feedback-Loops, Diversität, Modularität und Redundanz anhand praxisnaher Beispiele erläutert. Die Beispiele beinhalten jeweils konkrete digitale Bezüge und veranschaulichen sowohl Chancen als auch Risiken der Digitalisierung für Resilienz. Kapitel 3 fasst das Zusammenspiel von Resilienz und Digitalisierung zusammen: Wo liegen Potenziale der Digitalisierung, um städtische Resilienz zu stärken und welche zusätzlichen Anforderungen ergeben sich daraus? Anschließend werden in Kapitel 4 wesentliche Herangehensweisen für Resilienzstrategien vorgestellt. Im abschließenden Kapitel 5 werden ein Fazit gezogen und Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Modellprojekte Smart Cities

Das Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) fördert die Modellprojekte Smart Cities (MPSC). Diese inzwischen 73 Vorhaben verfolgen über die Anwendung digitaler Tools und Werkzeuge einen strategischen, partizipativen und integrierten Ansatz sowohl für den Umgang mit neuen Herausforderungen als auch der Nutzung neuer Handlungsmöglichkeiten für die Stadtentwicklung. Vor dem Hintergrund der Coronapandemie stand die dritte Staffel der Modellprojekte Smart Cities 2021 unter dem Leitthema „Gemeinsam aus der Krise: Raum für Zukunft“. Damit wurde der Fokus auf die anstehenden Aufgaben des Wiedererstarkens und der Neugestaltung städtischer und ländlicher Räume und Strukturen nach der Krise gelegt. Die durch die Koordinierungs- und Transferstelle Modellprojekte Smart Cities (KTS) durchgeführte Begleitforschung zielt darauf ab, Debatten zur Smart-City-Forschung und Fragen zur konkreten Umsetzung von Smart-City-Strategien aufzuarbeiten.

Nachhaltigkeit, Resilienz und Transformationen

Zum Verhältnis von Nachhaltigkeit, urbaner Resilienz und zielgerichtetem Wandel haben Elmqvist et al. (2019) einen Beitrag veröffentlicht, der beide Elemente von Resilienz – Krisenfestigkeit und zielgerichteter Wandel – integriert. Abbildung 1 illustriert, dass urbane Systeme mehrere mögliche Entwicklungspfade für die Zukunft haben. Nachhaltigkeit als normatives Konzept zeigt dabei das Ziel der gewünschten Entwicklung an.

Urbane Resilienz ist hier als die Fähigkeit zu sehen, an einem gewünschten Transformationspfad in Richtung Nachhaltigkeit festzuhalten oder ihn zu stärken. Wie resilient ein System ist, wird also sowohl daran gemessen, wie tolerant es (eine Stadt, eine Infrastruktur etc.) gegenüber externen Störungen ist und ob trotz einer Störung der gewünschte Entwicklungspfad beibehalten werden kann. Zielgerichtete Transformation ist also ein proaktiver Prozess, der sich nicht in einer reaktiven Anpassung erschöpft (vgl. ebd.: 271): Ein hohes Maß an Resilienz kann dabei die Auswirkungen externer Störungen abfedern und damit die Fähigkeit stärken, mit Ungewissheiten für einen zielgerichteten Wandel umzugehen.

Urbane Resilienz beschreibt also die Fähigkeit von urbanen Systemen, Institutionen, Gemeinschaften, Unternehmen und Individuen, unabhängig von jedwedem chronischen Stress und akuten Schocks, fortzubestehen, sich falls erforderlich anzupassen und dabei nachhaltig weiterzuentwickeln (vgl. Resilient Cities Network o. J.; BBSR 2018; Jakubowski 2013).

Um das Transformationspotenzial von Resilienz einzubeziehen, legen wir dieser Studie folgendes erweiterte Verständnis von Resilienz zugrunde:

Resilienz ist eine Systemeigenschaft, die die Funktion des Systems vor und nach einer Störung aufrechterhält, gleichzeitig aber auch den Strukturen des Systems eine zielgerichtete Transformation ermöglicht (vgl. Elmqvist et al. 2019: 269).

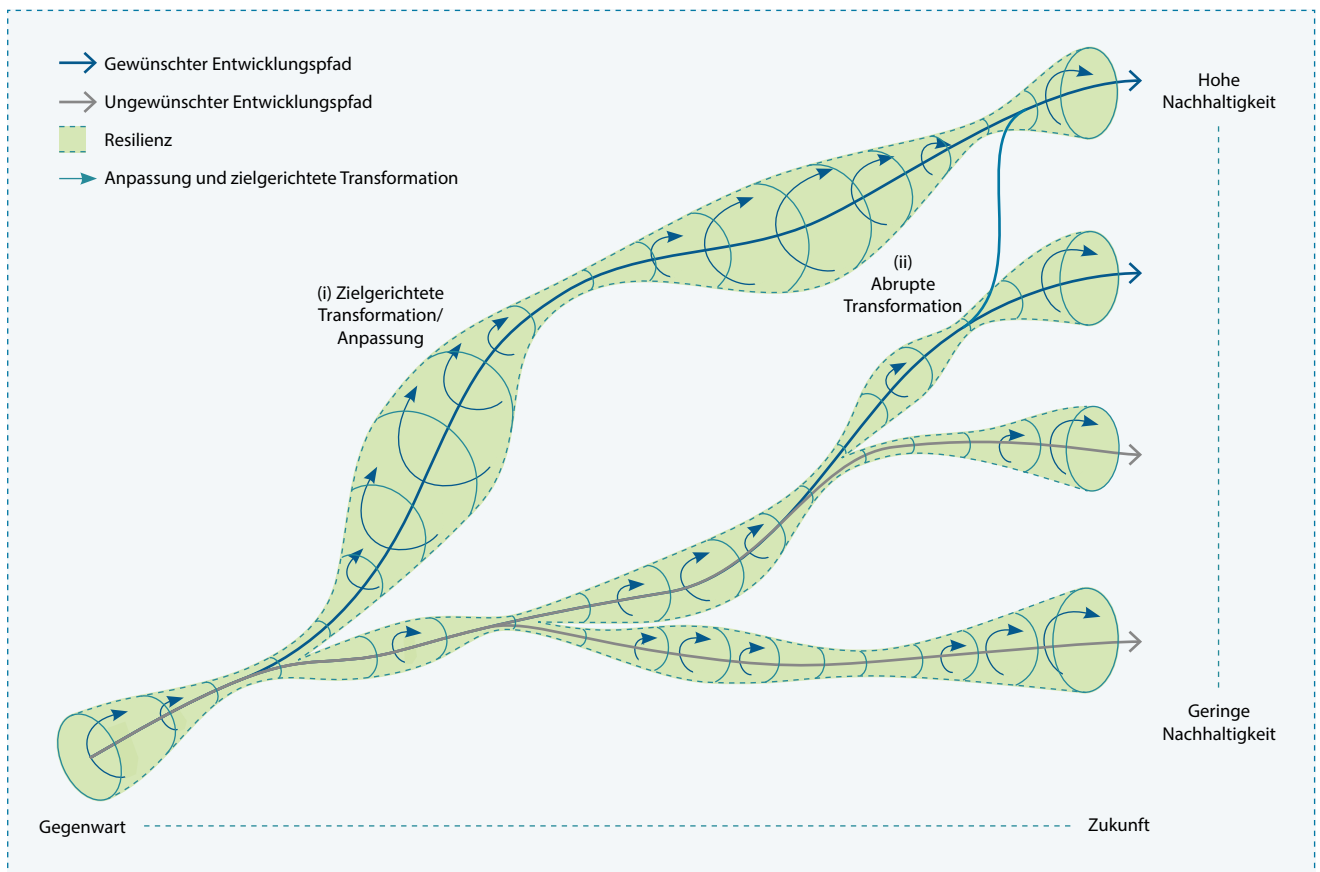


Abbildung 1: Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeit, Resilienz und Transformationen | Quelle: Elmqvist et al. 2019: 270

Resilienz in Kommunen

Allgemein kann das besondere Potenzial von Resilienz darin gesehen werden, dass städtische Systeme – sei es die Energieversorgung, das Gesundheitswesen, die städtischen Mobilitätssysteme – so gestaltet werden, dass sie gegenüber Schocks und chronischem Stress robust, flexibel und gleichzeitig entwicklungsfähig aufgestellt sind (vgl. u. a. BBSR 2018).

Neben konkreten Beispielen fehlt es allerdings häufig am grundlegenden konzeptionellen Verständnis davon, was resiliente Systeme ausmacht. Daher werden im vorliegenden Bericht vier wesentliche Merkmale resilienter Systeme anhand von kommunalen Beispielen erläutert. Feedback-Loops, Diversität, Modularität und Redun-

danz sind zentrale Merkmale resilienter Systeme, die strategisch berücksichtigt werden müssen, um die Resilienz von Kommunen zu erhöhen. Um das teilweise abstrakte Verständnis von Resilienz für die kommunale Praxis greifbarer zu machen, ist es wichtig und zielführend, weniger nach Resilienz als abstrakter Systemeigenschaft, sondern nach der Resilienz „von was zu was und für wen“ zu fragen (Elmqvist et al. 2019: 268; Walker/Salt 2012) – und somit Resilienz als Handlungsansatz zu beschreiben. Das soll es erleichtern, Ziele zu definieren und darauf aufbauend Strategien zu erarbeiten. Dies trifft nicht nur auf die integrierte nachhaltige Stadtentwicklung zu, sondern insbesondere auch die Entwicklung und Umsetzung einer Smart-City-Strategie.

Resilienz und Digitalisierung als Querschnittsaufgaben

Als Querschnittsaufgabe bezieht sich Resilienz ebenso wie die Digitalisierung auf alle kommunalen Fachbereiche. Im Zusammenspiel von Resilienz und Digitalisierung eröffnen sich neue Möglichkeiten für die Erhöhung der Widerstands-, Regenerations- und Entwicklungsfähigkeit einer Kommune. Dazu gehören beispielsweise die hohe Datenverfügbarkeit durch Sensoren zur genauen Analyse und Prognose von Flutereignissen sowie die Möglichkeit zur effizienten und schnellen Risikokommunikation durch Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT). Die Kehrseite der Medaille liegt in den mit der Digitalisierung einhergehenden Risiken für Kommunen. So kann beispielsweise ein hoher Vernetzungsgrad städtischer Infrastrukturen zu Abhängigkeiten führen, die sich durch Kaskadeneffekte in große Teile von Steuerungssystemen ausbreiten und damit beispielsweise ganze Stadtviertel von der Stromversorgung abschneiden könnten, wie es zum Beispiel 2019 in Berlin-Köpenick der Fall war.

Einige Städte innerhalb des weltweiten „Resilient Cities Netzwerks“ erarbeiteten in den vergangenen Jahren bereits themenübergreifende Resilienzstrategien, die ergänzend zu bestehenden Nachhaltigkeitsstrategien entwickelt wurden. Sie liefern eine integrierte Perspektive auf Resilienz über diverse Handlungsfelder hinweg. In deutschen Kommunen wird Resilienz hingegen häufig für einzelne ausgewählte Handlungsfelder thematisiert, zum Beispiel in den Handlungsfeldern Klimaresilienz (u. a. Regensburg, Bremen, Boizenburg, Schwäbisch Gmünd) oder Hitzeresilienz (Erfurt, Dresden, Potsdam). Diese Strategien sollen eine auf Resilienz ausgerichtete Stadtentwicklung unterstützen. Eine besondere Schwierigkeit besteht darin, dass es keine „Blaupause“ für eine Resilienzstrategie gibt, weder für eine prinzipielle Vorgehensweise, noch für ihre Bausteine. Es kommt immer im Einzelfall darauf an, spezifische lokale Gegebenheiten in den jeweiligen Kommunen zu berücksichtigen. Dennoch lassen sich zentrale Herangehensweisen identifizieren, die für den Aufbau einer Resilienzstrategie wertvolle Anregungen für Kommunen geben.



Resilienz ist eine Systemeigenschaft, die die Funktion des Systems vor und nach einer Störung aufrechterhält, gleichzeitig aber auch den Strukturen des Systems eine zielgerichtete Transformation ermöglicht.



Während eines Stromausfalls aufgenommene Straßenszene | Quelle: SP – stock.adobe.com





Resilient Cities Netzwerk

Das Resilient Cities Netzwerk besteht aus Mitgliedsstädten und Chief Resilience Officers, die aus dem Programm 100 Resilient Cities hervorgingen. Das Programm wurde im Jahr 2013 von der Rockefeller Foundation ins Leben gerufen und ermöglichte den Mitgliedsstädten unter anderem einen Chief Resilience Officer einzustellen und eine übergreifende Resilienzstrategie zu entwickeln. Ziel war es, eine intensive Zusammenarbeit zwischen Stadtoberhäuptern, Gemeinden und dem Privatsektor zu ermöglichen und voranzutreiben sowie ein Netzwerk für den Wissens- und Erfahrungsaustausch aufzubauen.

Weitere Informationen zum Resilient Cities Netzwerk sowie zu den Resilienzstrategien der Mitgliedsstädte erhalten Sie hier: <https://resilientcitiesnetwork.org>



Auf der Webseite der BMBF-Initiative „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) finden Sie weitere Informationen zum Thema Klimaresilienz: www.fona.de › [Fördermaßnahmen](#) › [Klimaresilienz](#)

Weiterführende Literatur zum Thema klimagerechte Planung und Siedlungsentwicklung: Umweltbundesamt (Hrsg.), 2022: Anforderungen an ein klimagerechtes (Resilienz und Mitigation) Management kompakter Siedlungs- und Infrastrukturen www.umweltbundesamt.de › [Publikationen](#)



2 Merkmale resilienter Systeme

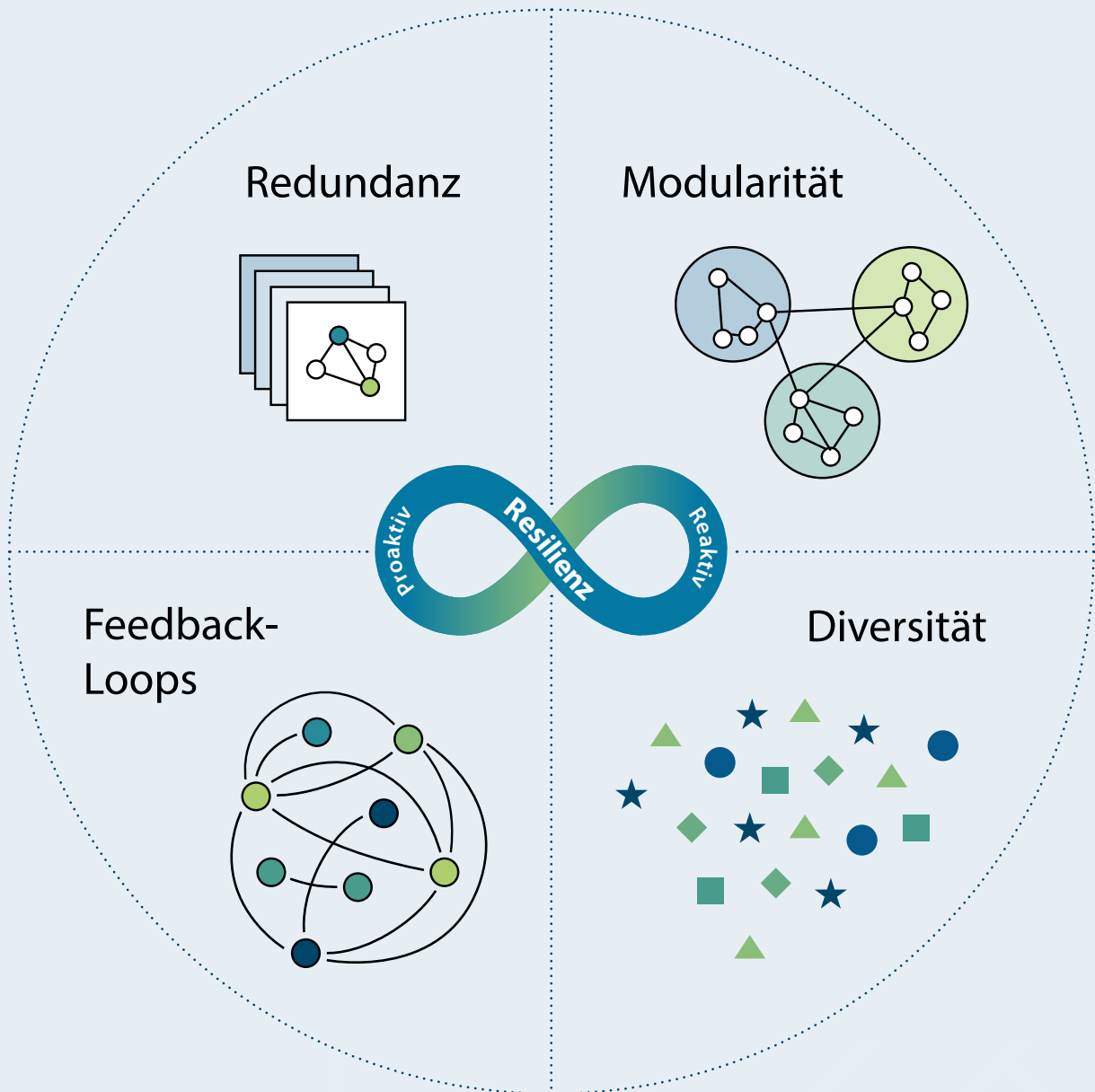


Abbildung 2: Die Merkmale resilienter Systeme | Quelle: eigene Darstellung

Resiliente Systeme zeichnen sich durch eine Reihe von strukturellen Merkmalen aus. Eines der etabliertesten internationalen Rahmenwerke zur Ermittlung und Bewertung urbaner Resilienz ist das „City Resilience Framework“. Es basiert auf einer umfassenden Literaturanalyse sowie Expertinnen- und Expertengesprächen und wurde anhand internationaler Fallbeispiele erprobt. Das „City Resilience Framework“ bietet eine mögliche Herangehensweise, um die Komplexität von Städten und die zur Resilienz beitragenden Faktoren

zu verstehen. Für die Ermittlung des Resilienzstatus sind demzufolge sieben Qualitätsbeschreibungen resilienter Systeme von Bedeutung: reflexiv, robust, redundant, flexibel, erfinderisch, inklusiv und integriert (vgl. Arup 2015: 5). Neben diesen Qualitäten gibt es in der Literatur weitere wichtige Qualitäten der Resilienz, wie Anpassungs- und Lernfähigkeit, Regenerationsfähigkeit, Multifunktionalität, Diversität oder Systemoffenheit (vgl. Fekkek et al. 2016; Kegler 2014; Walker/Salt 2012).



Weitere Informationen zum „City Resilience Framework“ finden Sie hier:
www.rockefellerfoundation.org › City Resilience Framework



Grundsätzlich helfen diese Struktur- und Prozessmerkmale zu verstehen, welche Faktoren die Resilienz eines Systems beeinflussen. Darüber hinaus geben sie Denkanstöße für die Entwicklung von Handlungsansätzen, mit denen die Resilienz urbaner Systeme vollumfänglich erhöht werden kann. Die Merkmale resilienter Systeme sind dabei nicht immer klar voneinander abgrenzbar. Für die Stärkung der Resilienz ist es sogar wichtig, dass die Merkmale ineinandergreifen. Sie sollten deshalb nicht getrennt voneinander, sondern komplementär zueinander betrachtet werden. Werden diese Merkmale resilienter Systeme in ihrer Funktionsweise verstanden, können sie auf viele Bereiche der kommunalen Praxis übertragen werden. Solch ein grundlegendes Verständnis von Resilienz beziehungsweise „Resilienzdenken“ stellt in Zeiten zunehmender, multipler Krisen und beschleunigten Wandels einen pragmatischen Ansatz dar, strategisch auf Herausforderungen in Kommunen zu reagieren.

Wir beschränken uns in diesem Bericht auf vier Merkmale, die in der Literatur als wichtig für die Resilienz eines Systems und seiner Prozesse angesehen werden. Die Fokussierung auf einige

wesentliche Merkmale soll es ermöglichen, praxisnah Ansätze für „Resilienzdenken“ zu vermitteln. Folgende vier Merkmale resilienter Systeme werden näher erläutert:

1. Feedback-Loops,
2. Modularität,
3. Diversität und
4. Redundanz.

Diese sind wichtig, damit urbane Systeme besser mit Krisen umgehen und proaktiv die Anpassung an zukünftige Herausforderungen gestalten können. Um die Resilienz von Kommunen langfristig zu stärken, sollten sie in allen kommunalen Strategien, zum Beispiel in Smart-City-Strategien, berücksichtigt werden.

Um ein ganzheitliches Verständnis von Resilienz in der kommunalen Praxis umzusetzen, ist es notwendig, die abstrakten Merkmale mit konkreten Beschreibungen zu „unterfüttern“ (Fekkek et al. 2016: 11). Hierzu werden im Folgenden die Merkmale von resilienten Systemen jeweils anhand von Beispielen aus der kommunalen Praxis erläutert und aus Perspektive der Digitalisierung beleuchtet.

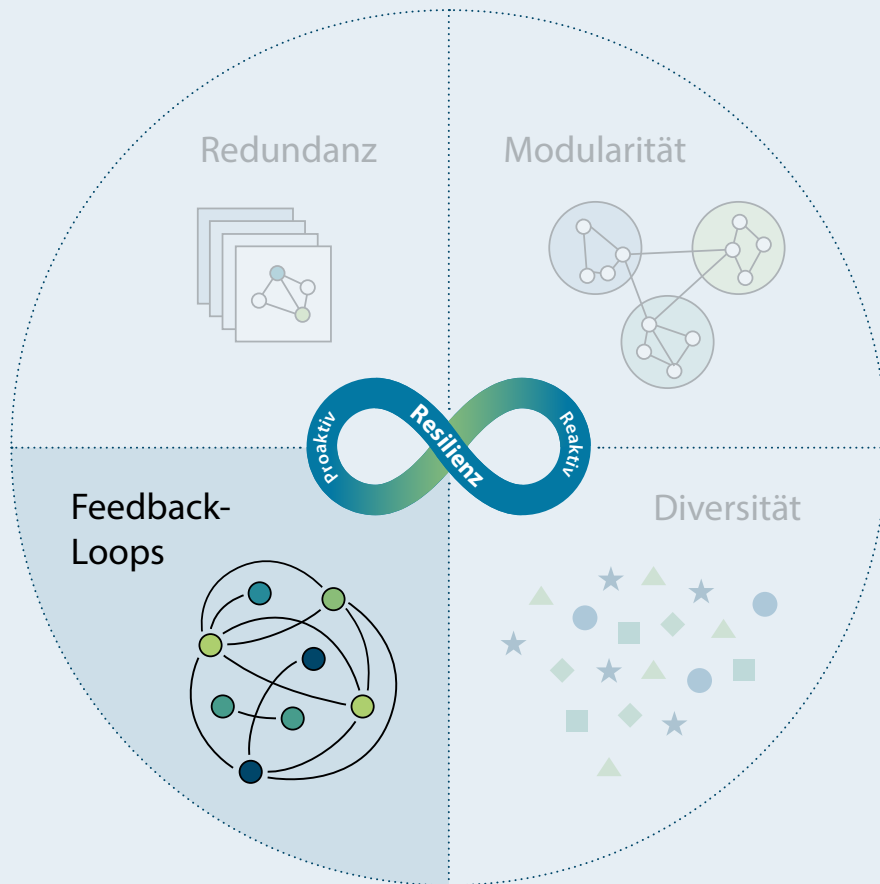


Abbildung 3: Das Merkmal Feedback-Loops | Quelle: eigene Darstellung

2.1 Feedback-Loops

Unter Feedback-Loops versteht man eine Rückkopplung im Sinne eines Mechanismus zur Zirkulation und Verarbeitung von Informationen in einem System – zum Beispiel in der Stadt. Sie tragen dazu bei, dass Informationen innerhalb der Stadt schneller und effizienter aufgegriffen und verarbeitet werden können. Diese können unterschiedlich ausgestaltet sein. Im Kontext resilienter Kommunen können beispielsweise Beteiligungsprozesse ein wichtiges Element von Feedback-Loops sein. Allerdings ist nicht jede Form der Partizipation oder des Informationsaustauschs automatisch ein Feedback-Loop. Vielmehr geht es darum, dass strategische Entscheidungen auf Grundlage der gewonnenen Informationen getroffen oder überprüft werden können. Darüber hinaus macht eine Digitalisierung der Datenerhebung und -verarbeitung städtische Steuerungsprozesse effizienter und verbessert eine vorausschauende Planung. Insgesamt tragen Feedback-Loops dazu bei, die interne Organisation eines Systems, wie Strukturen und Prozesse, zu stabilisieren und nachhaltig zu steuern.

Feedback-Loops auf- und auszubauen, also bei der Planung Rückkopplungsprozesse in größerem Umfang, Komplexität und Frequenz zu berücksichtigen, bietet einen Mehrwert für die Stärkung der städtischen Resilienz. Dank besserer Informationen können Entscheidungsträger zum einen effizientere und effektivere Strategien entwickeln und zum anderen auf direktes Feedback schnell reagieren und Anpassungen vornehmen. Fehlen in einem System Feedback-Loops, kann dies dazu führen, dass ein Problem gar nicht oder zu spät erkannt wird und gegensteuernde Maßnahmen nicht rechtzeitig ergriffen werden können.

Feedback-Loops – auf den Punkt: Echtzeitdaten Luftverschmutzung

Ein Beispiel für Feedback-Loops ist, wenn mithilfe von Sensoren Daten zur Luftverschmutzung (in Echtzeit) erhoben und anschließend zur Überprüfung der (Luftreinhalte-)Strategie herangezogen werden. Überschreitungen der zugelassenen Grenzwerte von Schadstoffen wie Stickstoffdioxid (NO₂) führen in der Folge zu notwendigen Gegenmaßnahmen. In einem konkreten Anwendungs-



Das Tool SEMAplus ermittelt den Zustand von Kanalnetzen und prognostiziert diesen über einen langen Zeitraum hinweg. Unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien kann eine passende Sanierungsstrategie entwickelt werden | Quelle: Berliner Wasserbetriebe/Joachim Donath

Feedback-Loops in der kommunalen Praxis

In enger Zusammenarbeit mit den Berliner Wasserbetrieben, dem städtischen Wasserversorgungsunternehmen, hat das Kompetenzzentrum Wasser Berlin das Tool „SEMAplus“ zur Vorhersage von Kanalalterungen für die Praxis entwickelt. Das Tool nutzt statistische Methoden sowie Verfahren des maschinellen Lernens, um Informationen zu kurzfristigen Instandhaltungsmaßnahmen zu liefern und langfristige Sanierungskonzepte zu erstellen. Unter Berücksichtigung verschiedener Sanierungsszenarien kann so der Zustand von Kanalnetzen über lange Zeiträume prognostiziert und je nach Bedarf ein optimiertes Sanierungskonzept erstellt werden. Auf dieser Grundlage kann die Sanierungsstrategie kontinuierlich überprüft werden. Mittels solcher Vorhersage-Tools können kommunale Infrastrukturnetze, wie hier die Abwasserinfrastruktur, nicht nur überwacht, sondern auch proaktiv gesteuert werden.

Das Projekt „SMARTilience“ unter Leitung der Universität Stuttgart zielt darauf ab, eine datengestützte und partizipativ angelegte Betrachtung von Klimaschutz- und Klimafolgenanpassungsmaßnahmen in die kommunale Praxis einzuführen. Dies wird in Fallstudien für Halle (Saale) und Mannheim erprobt. Datenbasierte Feedback-Loops dienen hier der Stärkung der Klimaresilienz. Sämtliche Prozessschritte der Planung, Umsetzung und Bewertung werden dafür in einem Steuerungsmodell für eine klimaresiliente Stadtentwicklung zusammengefügt, um kommunale

Entscheidungsträger bei der effektiven Bewältigung zukünftiger Klimalasten auf lokaler Ebene zu unterstützen. Dabei werden insbesondere innovative Governance-Formate eingesetzt, um im Zusammenspiel mit datenbasierten Planungsverfahren ein integriertes kommunales Management von klimabezogenen Handlungsfeldern zu ermöglichen (vgl. Universität Stuttgart o. J.).

Dies umfasst mehrere Schritte: In einem ersten Schritt bauen die Kommunen die Geodateninfrastruktur aus und stellen eine Datennutzungsstrategie auf. Über eine zentrale Bereitstellung und Visualisierung der Geodaten können die Widerstandsfähigkeit beziehungsweise Störungsanfälligkeit des Stadtgebietes gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels simuliert und in der Planung stärker berücksichtigt werden. Diese gemeinsame Darstellung bietet die Grundlage für eine bessere Kommunikation zwischen den städtischen Organisationseinheiten. Die neuen Datenströme werden dann im zweiten Schritt aufgearbeitet, angewandt und kommuniziert sowie in Bürgerbeteiligungsprozessen diskutiert, um Bedarfe aufzuzeigen und Synergien zu nutzen. Somit werden neue datenbezogene Feedback-Loops aufgebaut und bestehende partizipatorische Feedback-Loops ausgebaut. Daneben werden fachübergreifende Austausche und Vernetzungsaktivitäten ermöglicht. Wie stark die Feedback-Loops in Entscheidungsprozessen integriert oder gar automatisiert sind, hat großen Einfluss auf die Resilienz des Systems.

fall von Berlin wurde 2018 als Konsequenz einer deutlichen NO_2 -Grenzwertüberschreitung für mehrere Straßen ein Tempolimit von 30 km/h eingeführt. Die Auswertung der kontinuierlichen Messung nach Einführung der Maßnahme ergab im Anschluss einen Rückgang des NO_2 -Wertes. Infolge dessen wurde außerdem eine generelle öffentliche Debatte über die Verbesserung der Luft- und damit auch der Lebensqualität in der Stadt in Gang gebracht. Somit konnte nicht nur die Resilienz der Stadt gegenüber Luftverschmutzung gestärkt werden, sondern es wurde auch die Ausweitung der Messmethode auf einen Lärmaktionsplan diskutiert (vgl. Latz 2022).

Digitale Feedback-Loops: Chancen und Risiken

Der Erfolg von Feedback-Loops hängt direkt mit der Frequenz und Intensität des Informationsaustausches zusammen. Die Digitalisierung befähigt städtische Organisationseinheiten besser unter- und miteinander zu kommunizieren. Dies wird aufgrund der Erhöhung der Informationsübertragungsgeschwindigkeit möglich, aber auch durch die Schaffung neuer Datenübertragungsströme und -netzwerke. Diese zunehmende und erleichterte Vernetzung städtischer Organisationseinheiten und -akteure erlaubt es unter anderem, verbesserte integrierte Planungsansätze zu erarbeiten. In Zukunft wird beispielsweise ein Digitaler Zwilling – also ein digitales Abbild der physischen Umgebung und bestehender Infrastrukturen – in verschiedenen Handlungsfeldern der Stadtentwicklung vermehrt zum Einsatz kom-

men. Ein Digitaler Zwilling bietet unter anderem die Möglichkeit, Stadtentwicklungsmodelle mit Echtzeitdaten zu verknüpfen und den Zustand kommunaler Infrastrukturen kontinuierlich abzubilden, zu überwachen und ggf. sogar zu steuern. Durch mehrere kontinuierliche Feedback-Loops in einem integrierten Modell können bei einem Systemausfall schnell und flexibel Maßnahmen ergriffen oder bereits vorbeugende Planungsentscheidungen getroffen werden.

Bei einem automatisierten Feedback-Loop besteht jedoch das Risiko, dass es möglicherweise zu einer Fehlsteuerung des Systems kommt, sobald fehlerhafte oder falsche Daten, zum Beispiel durch einen Cyberangriff, eingespeist werden. Ein solcher externer Zugriff könnte beispielsweise die Dosierung von Chemikalien für eine gesundheitsverträgliche Trinkwasseraufbereitung manipulieren – mit möglicherweise gesundheitsgefährdenden Folgen.

Des Weiteren besteht bei digitalen Feedback-Loops das Risiko der sozialen Ausgrenzung. Eingeschränkter Zugang zu digitalen Teilhabemöglichkeiten oder das Fehlen einer direkten Ansprechperson, beispielsweise durch die Automatisierung von Beteiligungsprozessen, kann für das Verständnis und die erfolgreiche Teilhabe hinderlich sein und wirkt sich negativ auf die Diversität des Gesamtsystems aus. Daher ist es sinnvoll, digitale Kompetenzen in der Stadtgesellschaft aufzubauen und Zugangsbarrieren aufzubrechen. Für eine erfolgreiche Instandhaltung, Verarbeitung und Nutzung von Datensätzen müssen diese Kompetenzen zukünftig auch unmittelbar innerhalb städtischer Organisationen vorhanden sein.



Weitere Hinweise finden Sie in den von der EU veröffentlichten „Ethik-Leitlinien für eine vertrauenswürdige KI“: <https://op.europa.eu>

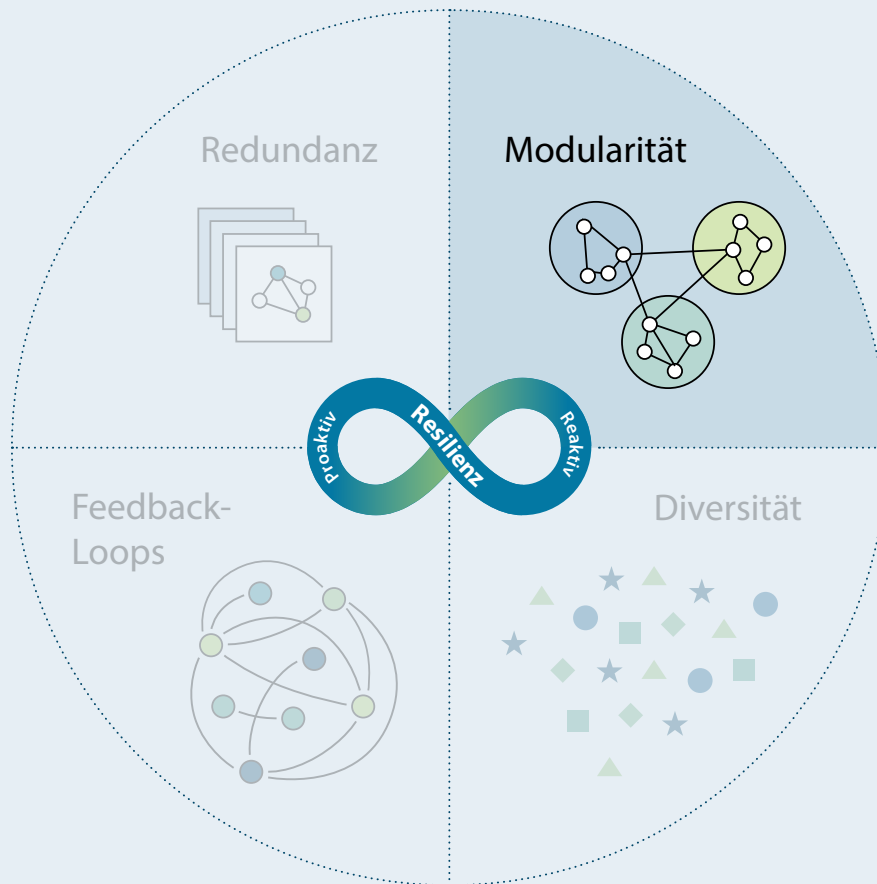


Abbildung 4: Das Merkmal Modularität | Quelle: eigene Darstellung

2.2 Modularität

Modularität beschreibt, wie die Elemente eines Systems strukturell miteinander verbunden sind. Modulare Systeme haben den Vorteil, dass im Krisenfall nicht zwangsläufig sämtliche Module gleichzeitig einem Risiko ausgesetzt sind und bei entsprechender Planung die Funktionalität des Gesamtsystems weiter aufrechterhalten werden kann. Homogene stadtweite Lösungen oder stark vernetzte beziehungsweise gekoppelte Systeme mit vielen Verbindungen bewirken, dass sich Schocks oder Störungen schnell und ungehindert durch das gesamte System ausbreiten. Die Abhängigkeiten (Interdependenzen) zwischen einzelnen Bereichen verstärken dabei das Ausfallrisiko weiterer Bereiche oder Sektoren, was sogenannte Domino- oder Kaskadeneffekte zur Folge haben kann. Systeme mit mehreren voneinander ab-

grenzbaren Teilen, haben ein geringeres Risiko hinsichtlich großflächigen Kaskadenversagens, weil sie zwar in sich stark aber untereinander gesichert oder entkoppelbar verbunden sind. Verbindungen zwischen modularen Teilsystemen sollten durch sogenannte „Feuersperren“ (Firebreaks) gesichert werden, damit ein Versagen größerer Teile des Systems verhindert wird oder kontrolliert ablaufen kann. Durch die Möglichkeit zur Reparatur oder den Austausch einzelner Module können sich diese Systeme einfacher von Schocks erholen, an Veränderungen anpassen und falls nötig grundlegend transformieren. Im Wesentlichen beschreibt die Modularität also die Struktur eines Systems und wie die Komponenten miteinander verbunden sind, nicht eine Eigenschaft der Komponenten selbst – wie etwa deren Diversität (Kapitel 2.3).

Modularität – auf den Punkt: dezentrale Infrastrukturen

Der Einfluss der Modularität auf die Resilienz eines Systems lässt sich anhand netzgebundener Infrastrukturen wie Wasser- und Abwassernetze, Stromnetze, Gasnetze, Telekommunikations- und IT-Netze verdeutlichen. Stark vernetzte und zentral gesteuerte Systeme können dazu führen, dass lokale Störungen sich auf einen relativ großen Funktionsbereich auswirken. So können durch einen Sturm beschädigte Hochspannungsleitungen zu weitreichenden Stromausfällen in einer ganzen Region führen. Modulare beziehungsweise dezentrale Teilstromnetze hingegen können derartige Kaskadeneffekte verhindern. Im Januar 2021 kam es beispielsweise zu einer massiven Störung des europäischen Stromversorgungssystems. Ein wesentlicher Grund dafür, warum es aber zu keinem Blackout kam, war der dezentrale Aufbau der Netzstruktur und die Möglichkeit, einzelne Komponenten des europäischen Stromnetzes kurzzeitig zu entkoppeln. Solche „Feuersperren“ sind bei kritischen netzgebundenen Infrastrukturen wichtig, um den Zusammenbruch ganzer Systeme zu verhindern.

Digitale Modularität: Chancen und Risiken

Modulare Systeme, die zwar miteinander vernetzt sind, aber unabhängig voneinander funktionieren, sollten aus Resilienzperspektive auch ein wichtiges Gestaltungsprinzip für Smart Cities sein. Wie stark oder schwach einzelne digitale Datenstrukturen oder -plattformen miteinander gekoppelt sind, hat jeweils erhebliche Auswirkungen auf die Resilienz des digitalen Systems. Die Möglichkeit, Teilsysteme zu koppeln oder zu entkoppeln und

gegebenenfalls auszutauschen, erlaubt es, auf sich verändernde Rahmenbedingungen flexibel zu reagieren und verhindert Kaskadeneffekte.

Wenn Module leichter ersetzt oder ausgetauscht werden können, beeinträchtigt das Ausfallen eines Teilbereichs nicht gleich die gesamte Systemfunktionalität. In dieser Hinsicht kann eine modulare Architektur mit standardisierten Schnittstellen (Application Programming Interfaces, APIs) auch die Ausbaufähigkeit einer Datenplattform unterstützen. Beispielsweise ermöglicht ein Open-Source-Ansatz die kontinuierliche Weiterentwicklung einzelner Module und Anwendungen. Zudem können Technikerinnen und Techniker in abgekoppelten Testumgebungen neue Entwicklungen bis zum benötigten Reifegrad austesten und sie anschließend in das restliche System einbauen. Datensouveränität und Open-Source-Technologien schützen zudem vor Lock-in-Effekten, bei denen Kommunen sonst von einem einzelnen Unternehmen und Folgekosten abhängig wären.

Im Zusammenhang mit der zunehmenden Digitalisierung ist es aber auch wichtig, kritisch zu reflektieren, welche neuen Verwundbarkeiten durch die immer stärkere Kopplung beziehungsweise Vernetzung von vormals unabhängigen Bereichen und Infrastrukturen entstehen können. In einem zentralisierten System mit starker Kopplung kann es zum Beispiel bei Cyber-Angriffen zu Kaskadeneffekten kommen, die kritische kommunale Infrastrukturen wie die Wasserversorgung oder das kommunale IT-Management lahmlegen könnten. Durch modulare Systemstrukturen und die Möglichkeit die Systemarchitektur bei Störungen umzustrukturieren, werden Kaskadeneffekte vermieden und damit die Widerstands- und Anpassungsfähigkeit, sprich: die Resilienz des Systems erhöht.



Eine modulare Architektur mit standardisierten Schnittstellen (Application Programming Interfaces, APIs) kann die Ausbaufähigkeit einer Datenplattform unterstützen.





In der Nacht zum 15. Juli 2021 trat die Ahr meterhoch über die Ufer und zerstörte die Nepomukbrücke bei Rech, wie hier im Bild zu sehen | Quelle: Fraunhofer FKIE/Ralf-Michael Vette

Modularität in der kommunalen Praxis

In Zusammenarbeit mit Mayschoß und Grafenschaft, zwei Gemeinden in der vom Hochwasser 2021 betroffenen Ahrtal-Region, entwickelt das Fraunhofer Institut FKIE im Projekt „lokik“ ein abgekoppeltes Kommunikationsnetz, das im Falle eines Katastrophenereignisses die Aufrechterhaltung der Koordinierung von Ressourcen und Hilfeleistungen ermöglicht. Besonders bei Hochwasserereignissen, wo das Risiko des Ausfalls von Strom- und Telekommunikationsnetzen groß ist, kann diese Lösung zukünftig einen erheblichen Einfluss auf den Schutz ziviler Infrastrukturen und damit auch der Menschen haben. Durch IT-Hardware, die autark und unabhängig vom Stromnetz betrieben wird, lässt sich die Aufrechterhaltung der Kommunikation an allen WLAN-fähigen Endgeräten sicherstellen. Mittels einer leicht bedienbaren interaktiven Software können so Schadensmeldungen aufgegeben und Einsatzaufträge koordiniert werden. Durch eine aktorenspezifische Informationsbereitstellung und -visualisierung können Bürgerinnen und Bürger, Katastrophenhelferinnen und -helfer und Fach-

dienststellen bei der Umsetzung von Maßnahmen zur Katastrophenbewältigung unterstützt werden.

Das Modellprojekt Smart Cities der Stadt Solingen arbeitet an der Konzeption und Erprobung einer eigenen „Data Governance“ für Datenprodukte im Bereich Mobilität und Umwelt. Dadurch soll es möglich werden, dass verschiedene Zielgruppen, zum Beispiel Mitarbeitende der Kommunalverwaltung oder Datenanalytistinnen und -analysten der Stadtverkehrsplanung, den Zugang zum gleichen Datenpool erhalten. Die Datenarchitektur setzt sich aus verschiedenen Open-Source-Systemen zusammen, in denen Daten über standardisierte Schnittstellen ausgetauscht werden. Dieser modulare Ansatz ermöglicht die Implementierung von wirksameren Sicherheitsmaßnahmen sowie eine Skalierbarkeit des Systems. Kommunale Datensouveränität und die Unabhängigkeit von einzelnen Unternehmen bilden wichtige Elemente der Solinger Daten-Governance-Strategie (vgl. Stadt Solingen o. J.).

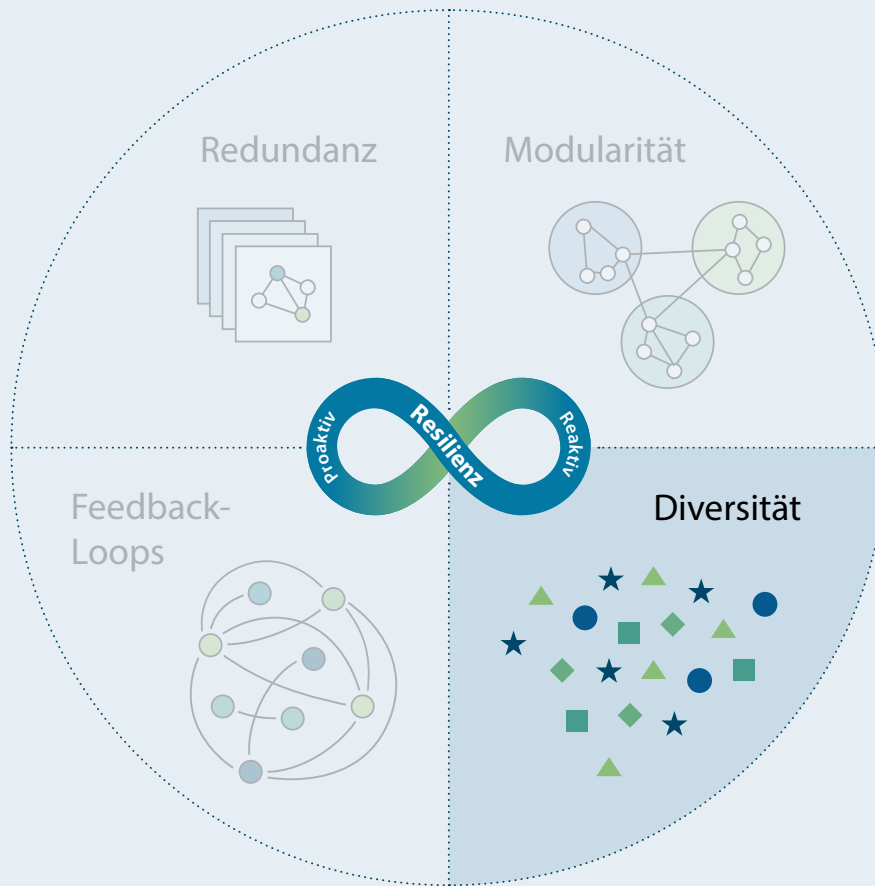


Abbildung 5: Das Merkmal Diversität | Quelle: eigene Darstellung

2.3 Diversität

Diversität führt dazu, dass bei einer Störung eine größere Bandbreite an Lösungsmöglichkeiten zur Verfügung steht, um ein „Problem“ auf unterschiedliche Weise zu lösen (vgl. Fekkek et al. 2016: 13). Ein Mangel an Vielfalt schränkt hingegen die Möglichkeiten ein, auf unterschiedliche Weise auf Störungen zu reagieren und Veränderungsprozesse aktiv zu gestalten (vgl. Walker/Salt 2012: 121). Aus städtebaulicher Sicht erfordert Diversität beispielsweise eine

Nutzungsmischung und vielfältige frei zugängliche öffentliche Räume, die neben Begegnungsorten auch Funktionen für die Klimaanpassung übernehmen können. Auch für die städtische Versorgung ist Diversität essentiell. Beispielsweise führen im Energiesektor viele unterschiedliche Energiequellen zu einer geringeren Vulnerabilität gegenüber Störereignissen und Preisfluktuationen mit erhöhter Versorgungssicherheit.



Diversität leistet einen Beitrag zur Resilienz, weil beim Ausfall eines Angebots ausreichend Alternativen zur Verfügung stehen.



Diversität – auf den Punkt: vielfältige Mobilitätsangebote

Anhand des Beispiels Mobilität lässt sich das Merkmal Diversität auf unterschiedlichen Ebenen veranschaulichen: Das betriebliche Mobilitätsmanagement gewinnt immer mehr an Bedeutung. Das heißt, dass Unternehmen die unterschiedlichen Anforderungen der Mitarbeitenden an das Mobilitätsangebot für ihren Arbeitsweg berücksichtigen. Firmen können ihren Mitarbeitenden im Rahmen von Mobilitätsbudgets mehr Flexibilität bei ihren alltäglichen Mobilitätsentscheidungen ermöglichen. Mitarbeitenden steht dabei nicht mehr nur ein Jobticket oder der Firmenwagen zur Verfügung, sondern ein flexibles Budget für die persönliche und passgenaue Wahl des Fortbewegungsmittels. Dabei trifft dieselbe Logik, wie sie für die Mitarbeitenden eines Betriebs gilt,

auch auf die Bewohnerinnen und Bewohner einer Stadt zu. Städte mit vielfältigen Mobilitätsangeboten, die neben dem motorisierten Individualverkehr auch einen gut ausgebauten öffentlichen Personennah- und Regionalverkehr, Fuß- und Radwege sowie Sharing-Angebote umfassen, sind resilienter als Städte, deren Infrastruktur hauptsächlich auf einen einzelnen Verkehrsträger, zum Beispiel das Auto, ausgerichtet ist. Ein vielfältiges und integriertes Mobilitätsangebot ermöglicht Stadtbewohnerinnen und Stadtbewohnern situativ und spontan zwischen unterschiedlichen Mobilitätsformen auszuwählen. Diversität leistet in beiden Fällen einen Beitrag zur Resilienz, weil beim Ausfall eines Verkehrsmittels oder plötzlichen Wetterumbrüchen immer noch ausreichend alternative öffentlich verfügbare Verkehrsmittel zur Wahl stehen, um sich fortzubewegen.

Neue Lösungen sind gefragt: Mit einer intelligenten Stadtplanung kann an heißen Tagen die Abkühlung der Innenstädte gelingen | Quelle: alessandro fazari on Unsplash





Die Photovoltaik-Anlage ist ein fester Bestandteil der eigenerzeugten Energie in Haßfurt | Quelle: Stadtwerk Haßfurt GmbH (Instagram/@stadtwerk_hassfurt)

Diversität in der kommunalen Praxis

In Haßfurt, Modellprojekt Smart Cities seit 2019, wird die Energieversorgung mittels erneuerbarer Energien und digitaler Steuerungssysteme vorangetrieben. Die Integration unterschiedlicher erneuerbarer Energiequellen bei der Einspeisung in die bestehenden Energieversorgungssysteme ist aufgrund der starken Schwankungen bei Angebot und Nachfrage eine große Herausforderung für die kommunalen Energieversorger. Eine stärker dezentral aufgestellte Energieversorgung mit unterschiedlichen erneuerbaren Energiequellen wie Solar-, Wind- und Wasserkraft macht Haßfurt nicht nur unabhängig von fossilen Energieträgern, sondern erhöht auch die Versorgungssicherheit mit der Möglichkeit auf Nachfrageschwankungen flexibel reagieren zu können. Haßfurt produziert bereits heute einen Überschuss in der Stromerzeugung und gilt bundesweit als eine Modellkommune rund um das Thema Energiemanagement. Die Organisation in Teilnetzen stärkt die Diversität des Systems weiter: Neubauviertel werden beispielsweise durch ein „kaltes Nahwärmenetz“ versorgt. Die Energie stammt aus einem Erd- und Biogas-Blockheizkraftwerk, das sowohl Wärme als auch Strom produziert und durch eine Solarthermieanlage ergänzt wird. Der Betrieb eines Gesamtnetzes mit hoher Diversität wird erst durch die Digitalisierung ermöglicht. Denn digitale Tools unterstützen eine dezentrale, diverse und damit resiliente Energieversorgung, welche es der Kommune ermöglicht, auf sich verändernde Rahmenbedingungen proaktiv zu reagieren. Steht ein Energieträger momentan nicht zur Verfügung, können andere Energiequellen dessen Funktion übernehmen und die Versorgungssicherheit weiter gewährleisten.

Ein weiteres Beispiel ist der Aufbau einer vielfältig diversifizierten Struktur der lokalen Ökonomie. Eine bisher eher monostrukturelle Ausrichtung der

Wirtschaft etwa im Ruhrgebiet hat mit dem Ausstieg aus der Kohleindustrie zu neuen Anforderungen für den Arbeitsmarkt der Region geführt.

Mit dem Masterplan „Zukunftsstandort.bottrop“ verfolgt die Stadt Bottrop seit einigen Jahren eine divers aufgestellte Neuausrichtung ihrer Wirtschaftsförderungspolitik jenseits von Kohle und Stahl. Dabei wird sowohl auf die Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft als auch auf einen kleinteiligen Branchenmix aus kleinen und mittleren Unternehmen gesetzt. Neben dem Handel und Dienstleistungsbereichen findet sich zunehmend produzierendes Gewerbe, das beispielsweise auf die stark wachsende Umweltechnologie setzt. Diese Diversität der Wirtschaftsstruktur verspricht in Zukunft besser gegenüber sich verändernden Bedingungen gewappnet zu sein. Das Vorhaben war gekoppelt mit dem umfassenden Modellprojekt Innovation City Ruhr, das das Ziel einer Halbierung von Treibhausgasemissionen in einem Bestandsquartier verfolgte. Eine Vielzahl innovativer Lösungen in den Handlungsfeldern Klimaschutz und Klimaresilienz wurden dabei umgesetzt (vgl. Innovation City Ruhr o. J.).

Ähnliches verfolgt das Modellprojekt Smart Cities Zwönitz im Erzgebirgskreis, das über seinen ambitionierten Smart-City-Ansatz den (regional-)ökonomischen Strukturwandel aktiv zu steuern versucht: Durch die Entwicklung digitaler Infrastrukturen und Möglichkeiten für IKT-Unternehmen ist beabsichtigt, zukunftsfähige Arbeitsplätze und qualifizierte Facharbeitskräfte in der Region anzusiedeln und die zu erwartenden Verluste im produzierenden Gewerbe (insbesondere Automobilindustrie) zu kompensieren. Der Aus- und Umbau eines industriegeschichtlich bedeutsamen Speichergebäudes zu einem Gründer- und Technologiezentrum spielt hierbei eine zentrale Rolle.

Digitale Diversität: Chancen und Risiken

Digitale städtische Infrastrukturen ermöglichen unmittelbar die Bereitstellung vielfältiger Daten über verschiedene Systemkomponenten und deren Zustände – eine reiche Grundlage, um umfassende Informationsflüsse und komplexe Anwendungen aufzubauen. Ein umfassender (diverser) Datenbestand bildet dabei die Grundlage, um Verknüpfungen innerhalb eines Sektors optimal anzulegen oder aber unterschiedliche Sektoren miteinander in Verbindung zu bringen. Das bessere Verständnis städtischer Infrastrukturen und deren Interdependenzen – sei es das Verkehrs-, Energie- oder Abwassersystem – führt zu besserer Planbarkeit. Ebenso kann auf Störungen und Funktionslücken schnell reagiert werden. Insgesamt kann durch die bessere Steuerung der Diversität städtischer Infrastrukturen die Resilienz erhöht werden.

Auch in der Mobilität bietet die Digitalisierung Chancen. Digitale Tools und Steuerungsinstrumente unterstützen eine resiliente städtische Mo-

bilität, indem sie Suchverkehre effizient lenken und den schnellen Zugriff auf das Mobilitätsangebot verschiedener Anbieter in einer App bündeln und auf Knopfdruck verfügbar machen können.

Unüberschaubar große kommunale Datenbestände bergen jedoch auch Herausforderungen. So erschwert die Heterogenität der erhobenen Daten oft deren Verarbeitung, denn sie unterliegen unterschiedlichen Technologien und Protokollen, die in Sensoren verschiedener Art und verschiedener Hersteller erhoben werden. Ein gut überlegtes und kontinuierlich mitgeführtes Management von Metadaten, Schnittstellen und Standards ist daher von großer Bedeutung. Darüber hinaus ist für eine Vielzahl an heterogenen Komponenten bei der Entwicklung einer einheitlichen Sicherheitsstrategie auch eine Vielzahl von Sicherheitslücken zu betrachten. Kommunale Datensouveränität und modular gekoppelte Datenplattformen, wie in Kapitel 2.2 dargestellt, bilden die Grundlage für eine effiziente und gleichzeitig sichere kommunale Dateninfrastruktur, die so einen wichtigen Beitrag für kommunale Resilienz leisten kann.



Ein umfassender (diverser) Datenbestand bildet die Grundlage, um Verknüpfungen innerhalb eines Sektors optimal anzulegen oder aber unterschiedliche Sektoren miteinander in Verbindung zu bringen.



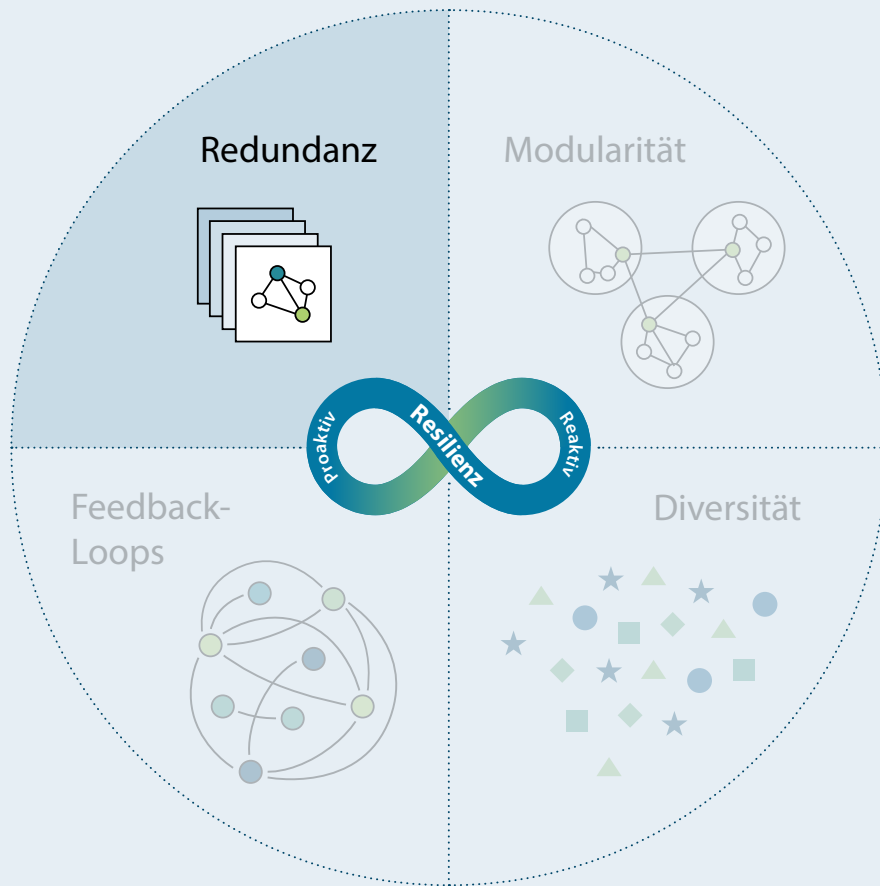


Abbildung 6: Das Merkmal Redundanz | Quelle: eigene Darstellung

2.4 Redundanz

Redundante Systeme zeichnen sich dadurch aus, dass Elemente mit gleicher Funktion mehrfach vorgehalten werden. Redundanz als Systemeigenschaft ist insbesondere dann von Vorteil, wenn ein Element des Systems ausfällt und dieser Ausfall unmittelbar mit einem Ersatzelement kompensiert werden kann. Ist hingegen kein Ersatz vorhanden, wird die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems gefährdet. In diesem Sinne tragen auch Puffer oder Reservekapazitäten zur Redundanz bei. Beispielsweise können Personalreserven in der Notfallplanung, wie die Aktivierung der Freiwilligen Feuerwehr bei einem Großbrand, den Personaleinsatz auch in anderen, zeitgleich auftretenden Notfallsituationen gewährleisten.

Wichtig ist es, bei Redundanz das gesamte Systemdesign zu betrachten, weil es in Abgrenzung zur Diversität nicht um die Eigenschaften einzelner

Elemente, sondern um die Sicherung der grundlegenden physischen oder technischen Funktionsbedingungen eines Systems geht. Redundanz gewährleistet die Funktionssicherheit des Systems, Diversität hingegen zielt auf die Gewährleistung robuster Strukturen ab.

Redundanz steht allerdings zunächst im Widerspruch zum Nachhaltigkeitsziel der möglichst effizienten Nutzung von Ressourcen. Wird maximale Effizienz in einem lokalen Energieversorgungssystem angestrebt, resultiert dies in einer möglichen Verwundbarkeit des Systems, wenn zum Beispiel bei einer Naturkatastrophe keine parallelen Strukturen oder redundanten Back-Up Einrichtungen vorgehalten werden (vgl. Elmqvist et al. 2019). Was anfänglich (kosten-)effizient aussah, kann bei einem Systemausfall zu extremen Schäden und Kosten führen. Daher sollten

sowohl die Ansätze zur Stärkung der Resilienz als auch die Ziele der Nachhaltigkeit parallel im Auge behalten werden.

Redundanz – auf den Punkt: mehrere Stromversorgungskreise

Redundante Systeme stellen die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems sicher, indem Ressourcen für die Bewältigung von Störereignissen vorge-

halten werden. Hier sind geplante redundante Strukturen unabdingbar. Zum Beispiel werden deshalb für die Stromversorgung einer Stadt immer zwei oder mehrere redundante Stromkreise verlegt. Sollte es zu einer Beschädigung eines Stromkreises kommen, ist die Stromversorgung über den zweiten Kreis weiterhin gesichert. Bei solchen redundanten Versorgungswegen muss auch darauf geachtet werden, dass unter anderem eine ausreichende räumliche Trennung der redundanten Strukturen vorhanden ist.



*Redundante Systeme stellen die Funktionsfähigkeit des Gesamtsystems sicher, indem Ressourcen für die Bewältigung von Störereignissen vorgehalten werden.
Hier sind geplante redundante Strukturen unabdingbar.*

“

”

Industrieller Energiespeicher als Backup-System | Quelle: ETAJOE – stock.adobe.com





Bei Starkregen dienen die Emscher-Auen als Retentionsräume und bieten damit einen Hochwasserschutz für die dahinter liegenden Städte Herne, Gelsenkirchen, Essen, Oberhausen und Dinslaken | Quelle: EMSCHERGENOSSENSCHAFT/LIPPEVERBAND

Redundanz in der kommunalen Praxis

Starkregenereignisse und daraus resultierende Hochwasserlagen betreffen auch Nordrhein-Westfalen zunehmend. Die Emschergenossenschaft/Lippeverband haben als Reaktion auf die Hochwasserkatastrophe von 2021 eine „Roadmap Krisenhochwasser“ (EGLV o. J.) verfasst. Darin sind Maßnahmen zur Verbesserung des Hochwasserschutzes vorgesehen. Darunter aufgeführt ist die Schaffung zusätzlicher Retentionsräume, die im Notfall kontrolliert geflutet werden können. Die Emscher-Auen im nördlichen Ruhrgebiet bilden dabei einen von 22 Retentionsräumen entlang der über 80 km langen Emscher. Steigt der Pegel der Emscher bedrohlich, wird das überschüssige Wasser darin gesammelt, damit vulnerable Bereiche wie Wohngebiete geschützt werden. Durch das Vorhalten redundanter Retentionsflächen wird ein Puffer dafür geschaffen, die Folgewirkungen extremer Wetterereignisse zu bewältigen. Zusätzlich hat die Emschergenossenschaft eine App veröffentlicht, mit der die Überflutungsgefahr bei Anrainerstädten angezeigt wird: Mit der „EGLV FloodCheck“-App kann zudem schnell kommuniziert werden, wenn Anwohnende Schutzmaßnahmen ergreifen müssen.

Ein durch die Coronapandemie mittlerweile bekanntes Beispiel ist die Ergänzung von bisher analogen Systemen um digitale Lösungen. Beispielsweise hat das sogenannte Click & Collect-Modell im Einzelhandel dazu beigetragen, dass viele kleine, lokale Geschäfte trotz Lockdown-Maßnahmen

und Kontaktbeschränkungen ihre Ware weiterhin den Konsumentinnen und Konsumenten anbieten konnten. Im Landkreis Harz beispielsweise wurde im Rahmen des vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft geförderten Projekts DiNeNa (Digitales Netzwerk Nahversorgung im Landkreis Harz) ein regionaler Online-Marktplatz erprobt: Um die Nahversorgung auf dem Land zu verbessern, wird regionalen Händlern und Erzeugern die Möglichkeit gegeben, ihre Waren einfach und direkt auf einer lokalen digitalen Plattform anzubieten. Dank der Übersicht über die Vielfalt des regionalen Angebots wird der Einkauf von regionalen Produkten erleichtert und Bürgerinnen und Bürger können über ein regionales Click & Collect System die Waren erwerben (wie z. B. auch in den Modellprojekten Smart Cities Grevesmühlen, Haßfurt und Zwönitz). Aber nicht nur der Einzelhandel, sondern auch die Arbeitswelt hat während der Pandemie einen deutlichen Digitalisierungsschub erhalten: Online- oder hybride Meetings sind mittlerweile eher die Regel als die Ausnahme. Die zusätzliche Möglichkeit der digitalen Zusammenarbeit hat viele Unternehmen durch die Pandemie gerettet. Insbesondere Unternehmen, die bereits zuvor eine gute IT-Infrastruktur besaßen, konnten ihre Mitarbeitenden problemlos ins Homeoffice schicken und auf diese Weise arbeitsfähig bleiben. Die Redundanz, sowohl analoge als auch digitale Formate vorzuhalten, sichert bei Ausfall eines Systems den Erhalt der Funktionsfähigkeit ab.

Digitale Redundanz: Chancen und Risiken

Das Verfügbarmachen von Wissens- und Informationsgrundlagen zu vorhandenen Ressourcen ist ein wesentlicher Vorteil der Digitalisierung für das Merkmal Redundanz. Ein (digitales) Register von leerstehenden Räumen kann eine schnelle und effiziente Lösung bieten, bisher ungenutzten Raum für andere Zwecke zu identifizieren. So lassen sich beispielsweise über digitale Plattformen Angebot und Nachfrage zu Leerstandsimmobilien oder ungenutzten (privaten) Freiflächen zusammenbringen, um das Potenzial dieser Flächen effizienter zu nutzen. Das bedeutet auch, dass Redundanz nicht nur im Sinne von doppelt gebau-

ten Strukturen erzeugt wird, sondern mithilfe der Digitalisierung neue digitale Räume geschaffen werden: Der Marktplatz wird redundant durch den Online-Marktplatz und der Konferenzraum wird redundant durch das Online-Meeting.

Gleichzeitig kann das Vorhandensein digitaler Räume aber auch zu einem Bedeutungsverlust des analogen Raums führen. Der stationäre Einzelhandel kann beispielsweise gegen den zunehmenden Einfluss des Online-Handels kaum bestehen, da die gleichen Waren oftmals zu einem deutlich günstigeren Preis angeboten und bequem von zu Hause bestellt werden können. Mit dieser Entwicklung geht auch der Verlust direkter sozialer Interaktionen einher.



Das Verfügbarmachen von Wissens- und Informationsgrundlagen zu vorhandenen Ressourcen ist ein wesentlicher Vorteil der Digitalisierung für das Merkmal Redundanz.



Merkmale resilienter Systeme in der Stadt

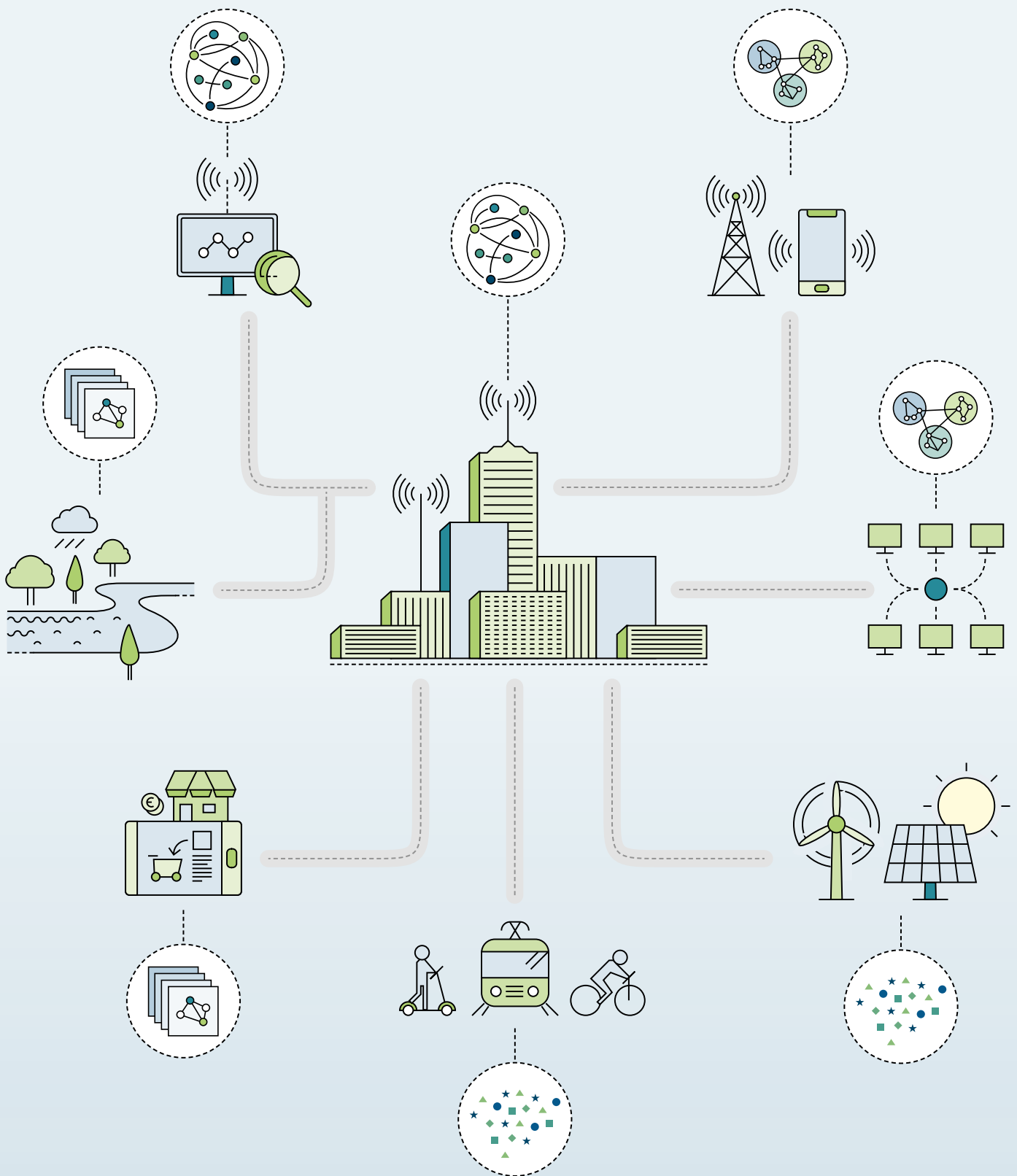
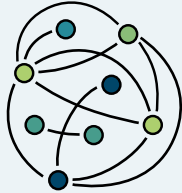


Abbildung 7: Beispielhafte Erläuterung der Merkmale resilienter Systeme im Stadtsystem | Quelle: eigene Darstellung, grafische Umsetzung: DLR Projektträger

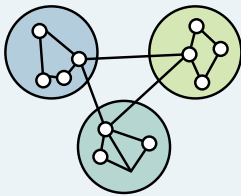
Feedback-Loops zirkulieren und verarbeiten Informationen in der Stadt.



Beispiele: **Umweltsensoren** können Daten zur Luftqualität beziehungsweise -verschmutzung in Echtzeit erheben. Bei Überschreitung von Grenzwerten können in den Städten und Gemeinden notwendige Gegenmaßnahmen ergriffen werden.

Der Zustand von kommunaler **Abwasserinfrastruktur** kann mittels Prognosetools kontinuierlich überprüft und proaktiv gesteuert werden.

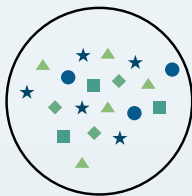
Modularität beschreibt Strukturen mit mehreren voneinander abzukoppelnden Teilen.



Beispiele: Mithilfe unabhängiger **Kommunikationsnetze** kann im Falle eines Katastropheneignisses die Koordination von Ressourcen und Hilfeleistungen aufrechterhalten werden.

Modulare **netzgebundene Infrastrukturen** (z. B. Strom- oder IT-Netze) können Kaskadeneffekte verhindern. Solche „Feuersperren“ sind bei kritischen Infrastrukturen wichtig, um den Zusammenbruch ganzer Systeme zu verhindern.

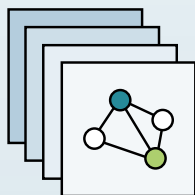
Diversität bedeutet, dass bei einer Störung vielfältige Lösungsmöglichkeiten bestehen.



Beispiele: Ein vielfältiges **Mobilitätsangebot** ermöglicht den Stadtbewohnerinnen und -bewohnern situativ und spontan, zum Beispiel bei Ausfall eines Verkehrsangebots, zwischen unterschiedlichen Mobilitätsformen auszuwählen.

Eine **dezentrale Energieversorgung** mit unterschiedlichen erneuerbaren Energiequellen erhöht die Unabhängigkeit von fossilen Energieträgern und die Versorgungssicherheit bei Nachfrageschwankungen.

Redundanzen sind Elemente in der Stadt, die mehrfach vorgehalten werden.



Beispiele: Redundante Rückhalteräume schaffen Kapazitäten, um auf die Folgewirkungen **extremer Wetterereignisse** wie Starkregen zu reagieren.

Click & Collect trägt im **Einzelhandel** dazu bei, dass Geschäfte ihre Waren über weitere Wege vertreiben können.

3 Zusammendenken: Resilienz und Digitalisierung



Quelle: Christin Hume on Unsplash

Resilienz stärkende Maßnahmen erfolgen in unterschiedlichen kommunalen Handlungsfeldern. Sie reichen von datengestützter Klimafolgenanpassung (Feedback-Loops) über modulare Teilsysteme (Modularität) und ein vielfältiges Mobilitätsangebot (Diversität) bis hin zur gezielten Vorhaltung von Überflutungsgebieten (Redundanz). Auch die Digitalisierung selbst – als eine drängende kommunale Aufgabe mit großen künftigen Potenzialen verbesserter Steuerung – gilt es aus Perspektive der Resilienz zu betrachten.

Neue Möglichkeiten zur Stärkung der kommunalen Resilienz

Umfassende Datengrundlagen (u. a. mittels Sensorik) ermöglichen Echtzeitinformationen und präzisere Prognosen. So können Monitoring und Frühwarnsysteme die Handlungsfähigkeit von Kommunen zum Beispiel im Kontext der Klimaresilienz stärken – sei es bei einem plötzlichen Starkregenereignis schnell zu reagieren oder während eines Hitzesommers trockene Böden oder Pflanzen zielgerichtet zu bewässern. Durch die Digitalisierung können Informations- und Kommunikationsflüsse beschleunigt und Anpassungsbedarfe schneller erkannt werden, wodurch Feedback-Loops (Kapitel 2.1) eine höhere Wirkung erzielen. Datenbasiertes Wissen verbessert kommunale Steuerungsprozesse. Resilienz betrifft nahezu jeden kommunalen Fachbereich. Dabei greifen die vorgestellten Merkmale resilienter Systeme (Kapitel 2) ineinander und sind komplementär zu betrachten. Resilient zu handeln bedeutet somit auch, fach- und fachbereichsübergreifend zu kooperieren. Neben der Analyse, Planung und Steuerung städtischer Systeme kann die Digitalisierung notwendige neue kooperative Arbeitsweisen und Entscheidungsmechanismen vorantreiben, indem gemeinsame Plattformen für die Kommunikation und den Datenaustausch genutzt werden.

Neue Risiken für die kommunale Resilienz

Die Digitalisierung führt zu einem strukturellen Umbruch in den Städten und der kommunalen Verwaltung. Neben erheblichen Potenzialen für resilientere Stadtsysteme bedarf es bei der Digitalisierung aber auch eines veränderten Selbstverständnisses von öffentlichen Stellen über neu auftretende Risikoquellen. Die Infrastrukturen in den Städten werden aufgrund zunehmender und ausdifferenzierter Datenströme, komplexer Verzahnung sowie komplizierter Steuerungstechnik potenziell vulnerabler und störungsanfälliger (vgl. Christmann et al. 2016: 35 f.). Ebenso werden die kommunalen Systeme von neuartigen Cyber-Attacken bedroht, wie durch Angriffe auf verschiedene deutsche Kommunen in den letzten Jahren deutlich geworden ist. Cyber-Resilienz ist demnach ein zentrales Thema für Kommunen im Prozess der Digitalisierung. Doch auch abseits infrastruktureller und sicherheitsrelevanter Aspekte kann die Digitalisierung Risiken für die Kommunen bergen.

Ein Gutachten des Wissenschaftlichen Beirats der Bundesregierung Globale Umweltfragen (vgl. WBGU 2019: 194 ff.) weist auf die Risiken für die Privatsphäre durch intelligente Energiesysteme hin. Es bestehe zum Beispiel potenziell das Risiko einer missbräuchlichen Verwendung von Smart-Metern, wenn Verhaltensweisen der Nutzerinnen und Nutzer überwacht würden. Daher sind hohe Sicherheitsanforderungen notwendig. Eine Studie von Soike et al. (2019: 23) betrachtet im Zusammenhang mit gesellschaftlicher Resilienz unter anderem die zunehmende Digitalisierung im öffentlichen Raum: Ein Mehr an Beobachtung und potenzieller Überwachung gefährde demnach den diskriminierungsfreien Zugang.

Digitalisierung souverän und resilient gestalten

Drei Ansatzpunkte für eine souveräne und resiliente Digitalisierung erscheinen hierbei wesentlich:

1. Aufbau einer resilienten digitalen Infrastruktur

Es braucht eine resiliente Digitalisierung beziehungsweise eine resiliente digitale Infrastruktur, um Kaskadeneffekten oder dem Ausfall von IKT-Systemen vorzubeugen. Dies umfasst unter anderem dezentrale digitale Infrastrukturen und Datenverwaltungssysteme, redundante Server-Strukturen oder modulare Datenplattformen, so wie in Kapitel 2 aufgezeigt.

2. Entwicklung digitaler Kompetenzen und Sicherung kommunaler Datenhoheit

Es braucht digitale Kompetenzen in den Verwaltungen und den kommunalen Betrieben und Unternehmen, um mit den komplexer

werdenden digitalen Systemen umzugehen und die digitale Entwicklung souverän zu gestalten. Dabei geht es auch um die kommunale Datenhoheit sowie Unabhängigkeit von privaten Anbietern. Fehlende Ressourcen und fehlende digitale Kompetenzen stellen die Kommunen jedoch vor Herausforderungen (vgl. BBSR 2022a: 22; BBSR 2022b).

3. Verankerung eines fachübergreifenden „Resilienzdenkens“

Die komplexen Anforderungen an das Handeln der Kommunen machen deutlich, dass es strategische Leitlinien beziehungsweise Resilienzstrategien braucht, um langfristig und proaktiv Resilienz in allen Bereichen der städtischen Handlungsfelder zu stärken. Die Potenziale der Digitalisierung können hier einen wertvollen Beitrag leisten. Dazu muss jedoch ein fachübergreifendes „Resilienzdenken“ verankert werden. Das gilt insbesondere für solche Bereiche, die bisher wenig mit diesen Themen konfrontiert waren.





Um die Resilienz von Kommunen langfristig zu stärken, sollten sie in allen kommunalen Strategien, zum Beispiel in Smart-City-Strategien, berücksichtigt werden.



Weiterführende Literatur

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2022a: Die digitale Stadt gestalten. Praxiserfahrungen aus der digitalen Stadt. Ein ExWoSt-Forschungsfeld.

www.bbsr.bund.de › [Die digitale Stadt gestalten](#)



4 Resilienz und Digitalisierung in der kommunalen Praxis verbinden

Quelle: victorgrow – stock.adobe.com

In der kommunalen Praxis muss Resilienz abhängig von den spezifischen lokalen Gegebenheiten betrachtet werden. Was sind die individuellen Herausforderungen der Kommune und welche Ressourcen – analog wie digital – können genutzt werden, um auf diese zu reagieren? Ein zentraler Schritt dabei ist Resilienz strategisch einzubetten: Wie können „Resilienzdenken“ und „resilientes Handeln“ möglichst umfassend in die kommunale Praxis integriert werden? Oftmals wird dafür eine Resilienzstrategie entwickelt, die wie ein integrierter Rahmenplan grundlegende Ziele und Maßnahmen einer resilienteren Kommune definiert. Sie muss dabei nicht parallel zu bestehenden Strategien und Entwicklungsplänen konzipiert werden. Vielmehr erfordert der ganzheitliche Blick von Resilienz auf städtische Systeme, Bestehendes zusammenzudenken. So kann eine Resilienzstrategie Teil eines vorhandenen Integrierten Stadtentwicklungskonzepts (ISEK/

INSEK) werden oder eine Digitalisierungsstrategie sinnvoll ergänzen.

Im folgenden Kapitel wird solch eine integrierte Herangehensweise zur Stärkung der kommunalen Resilienz beschrieben. Diese leitet sich aus der Struktur nationaler wie internationaler beispielhafter Resilienzstrategien und -maßnahmen ab und lehnt an das Vorgehen des eingangs vorgestellten Resilient Cities Netzwerks (RCN) an.

Zentrales Beispiel ist die Stadt Rotterdam, die international eine Vorreiterrolle im Bereich kommunaler Resilienzstrategien einnimmt und im Herbst 2022 ihre zweite Resilienzstrategie mit diversen in Umsetzung befindlichen Maßnahmen veröffentlicht hat. Neben Rotterdam werden im Folgenden Beispiele aus Würzburg, Bottrop, Ludwigsburg und Bochum vorgestellt, die ergänzende thematische Schwerpunkte setzen.



Eine Resilienzstrategie muss nicht parallel zu bestehenden Strategien und Entwicklungsplänen konzipiert werden. Vielmehr erfordert der ganzheitliche Blick von Resilienz auf städtische Systeme, Bestehendes zusammenzudenken.





Die Stadt Rotterdam arbeitet seit mehreren Jahren mit dem Leitbild einer resilienten Stadtentwicklung | Quelle: Dmitry Rukhlenko – stock.adobe.com

4.1 Identifikation von chronischem Stress und akuten Schocks

Zunächst ist es wichtig zu untersuchen beziehungsweise festzustellen, welche wirtschaftlichen, sozialen, gesundheitlichen, physischen und sonstigen Herausforderungen eine Kommune beeinflussen. Diese können unterteilt werden in chronischen Stress, der beispielsweise durch demografischen Wandel, oder akute Schocks wie Überflutungen entsteht. Dabei ist es hilfreich, Herausforderungen der Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft zu betrachten. War die Kommune in der Vergangenheit bei Krisen gut vorbereitet? Welche künftigen Krisen werden erwartet? Welche tiefgreifenden Veränderungen sind zu erwarten? So wird das Thema Resilienz für die jeweilige Stadt konkret und greifbar: Resilienz von was, zu was und für wen?

Rotterdam ist Teil des Resilient Cities Netzwerks und arbeitet schon seit mehreren Jahren mit dem Leitbild einer resilienten Stadtentwicklung, was 2016 in der ersten Resilienzstrategie mündete (Stadt Rotterdam 2016). Eine weiterentwickelte zweite Resilienzstrategie wurde im Herbst 2022 veröffentlicht (Stadt Rotterdam 2022). Am Anfang der ersten Strategieentwicklung stand auch in Rotterdam die Identifizierung wichtiger Herausforderungen. Dabei wurden Krisen und Schocks aus Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft reflektiert. Auf Basis des „City Resilience Frameworks“ (Arup 2015) wurde eine Bewertung der aktuellen

Situation und der zukünftigen akuten Schocks sowie chronischen Stressoren in zwölf spezifischen Themenbereichen durchgeführt. Welche Bereiche sind bereits gut aufgestellt? Wo gibt es Verbesserungsbedarf und wo gibt es besonders großes Gefahrenpotenzial? Was sind die zentralen Schocks und Stressoren sowie potenziellen Transformationspfade, die Rotterdam beschreiten will, um in Zukunft mit Krisen proaktiv umgehen zu können? Dieser wahrgenommene Resilienzzustand wurde anschließend im „City Resilience Framework“ abgebildet (siehe Abbildung 8). Rotterdam identifizierte in der ersten Strategiephase die Auswirkungen des Klimawandels als zentrale zukünftige Bedrohung. Die Resilienzstrategie soll die Anpassung der Stadt an den Klimawandel befördern. Konkret geht es um Schutz vor Hochwasser und Starkregen. Die Strategie von 2022 erweitert die Bedrohungen um eine Vielzahl parallel auftretender Krisen: Gesundheitskrise, Reduzierung der Biodiversität, ansteigende soziale Ungleichheit, zunehmende Umweltverschmutzung und Ressourcenverbrauch sowie Bedrohung durch Cyberattacken. Dementsprechend wird die angestrebte räumliche, soziale und wirtschaftliche Resilienz der Stadt erweitert durch energetische, ökologische und digitale Resilienz, um einen integrierten Ansatz für ein zukunftsfähiges, resilienteres Rotterdam zu entwickeln.

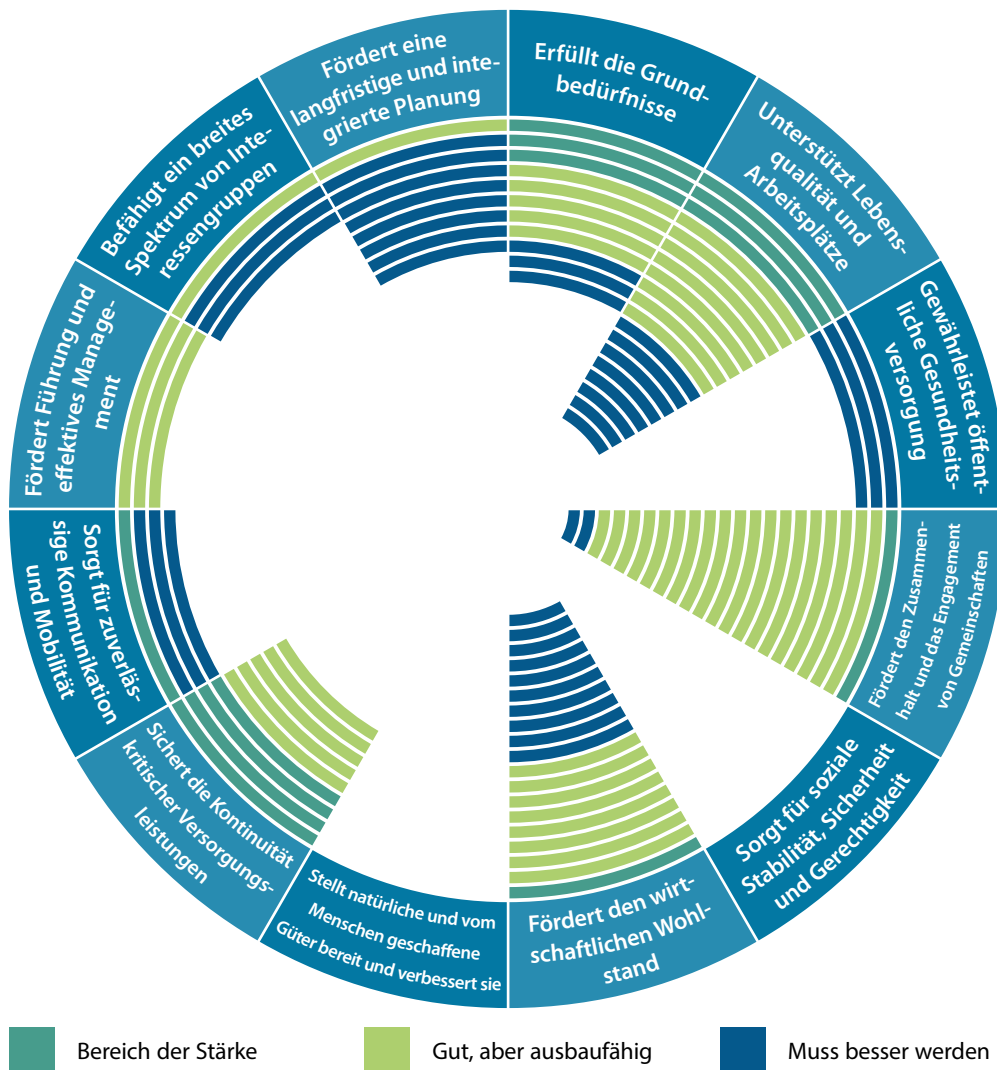


Abbildung 8: Einschätzung des Resilienzstatus in Rotterdam | Quelle: Stadt Rotterdam 2016: 19



Weiterführende Literatur

Umweltbundesamt (Hrsg.), 2022: Klimarisikoanalysen auf kommunaler Ebene, Handlungsempfehlungen zur Umsetzung der ISO 14091
www.umweltbundesamt.de › Publikationen › Risikoanalysen auf kommunaler Ebene

Arup (Hrsg.), 2015: City Resilience Framework
www.rockefellerfoundation.org › Report › City Resilience Framework

Stadt Rotterdam, 2022: 2022–2027 Resilient Rotterdam Strategy. From Risk to Resilience
www.resilientrotterdam.nl › Download Strategy





Wie die Klötzchen auf dem Turm ist auch die Resilienz einer Stadt ein sensibles Gefüge | Quelle: orysovsky – stock.adobe.com

4.2 Ziele, Handlungsfelder und Maßnahmen festlegen

Die Bewertung der vorliegenden Herausforderungen (Schocks und chronischer Stress) bilden die Basis für eine effektive kommunale Auseinandersetzung mit Resilienz. Mit der fachübergreifenden Erarbeitung von strategischen Zielen wird die Richtung des Wandels bestimmt: Wie kann/soll eine resiliente Stadt aussehen? Bezogen auf welche stadtentwicklungspolitischen Ziele soll die Stadt resilienter werden? Darüber hinaus ermöglicht die gemeinsame Erarbeitung von Zielen entsprechende Zuständigkeiten, Zeithorizonte und räumlichen Bezug zu diskutieren und festzulegen.

In Rotterdam bildet die im Rahmen des ersten Strategieprozesses erarbeitete „Vision 2030“ das zentrale Leitbild für den Weg hin zu einer resilienten Stadtentwicklung. Aus dieser Vision wurden sieben Resilienzziele abgeleitet, die in der Strategie 2022 weiter maßgeblich sind: ökologische, soziale, ökonomische, digitale und institutionelle Resilienz sowie Klima und Energie (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 20). Jedes dieser sieben Ziele bildet ein Handlungsfeld ab, für das anschließend konkrete Unterziele definiert wurden. In den Unterzielen werden die konkrete räumliche Handlungsebene (z. B. Quartier, Gesamtstädtisch, Metropolregion) definiert und betroffene und zentral verantwortliche Akteure identifiziert beziehungsweise festgelegt. Ebenso werden kurz- oder langfristig zu erwartende Entwicklungen sowie potenzielle Finanzierungsmöglichkeiten betrachtet (vgl. Stadt Rotter-

dam 2016: 24 ff.). In der Strategie von 2022 bilden diese Ziele weiterhin den thematischen Rahmen für die Entwicklung konkreter Maßnahmen. Die Ausgestaltung dieser Maßnahmen baut dabei auf der strategischen Vorarbeit der Unterziele aus der Strategie 2016 auf (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 20).

Das Handlungsfeld „Digitale Resilienz“ beziehungsweise die Cyber-Resilienzstrategie „Cyberbeeld“ wurde im Rahmen der Strategie von 2022 ergänzt und spielt eine bedeutende Rolle (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 67). Zentrale Ziele für ein cyber-resilientes Rotterdam sind eine organisationsübergreifende Wissensvermittlung und die Gewährleistung einer zusammenhängenden „Cyber-Chain“ (Gewährleistung der Sicherheit bei organisationsübergreifender Zusammenarbeit). Außerdem beinhaltet die Cyber-Resilienzstrategie die Entwicklung von gesellschaftlicher Digitalkompetenz und eine zielführende Cyberkriminalitätsbekämpfung. Cyber-Resilienz wird als wichtige Chance und Grundvoraussetzung für ein gutes Geschäftsklima gesehen, was durch den gezielten Einsatz von Daten und digitalen Innovationen für ein widerstandsfähigeres Rotterdam sorgen soll (vgl. ebd.: 69). Insbesondere mit Blick auf die besondere Rolle des Rotterdamer Hafens soll dieser beispielsweise die höchsten Ansprüche an Cyber-Sicherheit erfüllen (vgl. ebd.). Im Zukunftsszenario für die Stadt Rotterdam wird eine höhere digitale Resilienz

vor allem für die Entwicklung der Fähigkeit Krisen zu antizipieren verortet, insbesondere durch den Einsatz von Daten und digitalen Instrumenten, wie Digitale Zwillinge (vgl. ebd.).

Andere Städte hingegen rücken andere Handlungsfelder einer resilienten städtischen Entwicklung in den Fokus. So setzt die Resilienzstrategie der Stadt **Würzburg** unter dem Motto „Soziale Resilienz – Menschlich aus der Krise“ bei sozialen Herausforderungen an, die sich im Rahmen der Coronapandemie verschärft haben. Würzburg ist auf Platz drei der deutschen Städte mit dem höchsten Anteil an Single-Haushalten (vgl. Weiß 2021). Die Vereinsamung der Gesellschaft wurde deshalb als eine schleichende Krise identifiziert, die durch den Schock der Coronapandemie weiter verschärft wurde. In ihrer Resilienzstrategie zielt Würzburg daher auf die Bewältigung von negativen Folgewirkungen des sozialen Wandels. Unter anderem mithilfe der Vermittlung von Wissen und Maßnahmen zur Gemeinschaftsbildung sollen städtische Gesellschaft und die soziale Resilienz gestärkt werden.

Einer der ersten Schritte Würzburgs bestand darin, bei der Strategiebildung iterativ die bestehenden Strategiepläne wie Integrierte Stadtentwicklungskonzepte (hier: ISEKs) und Integrierte Regionentwicklungskonzepte (IREKs) zu analysieren, um Anknüpfungspunkte zu aktuellen städtischen Entwicklungen zu identifizieren, sowie sich an bestehenden Netzwerken und Beteiligungsprozessen zu orientieren. Gleichzeitig wurde ein Austausch mit der Stabsstelle für Klima und Nachhaltigkeit

aufgebaut, um Synergien zwischen den Aktivitäten aus dem Handlungsfeld Nachhaltigkeit mit Resilienz fördernden Maßnahmen der MPSC Würzburg zu identifizieren.

Würzburg nimmt bei der digital-unterstützten Stärkung der sozialen Resilienz besonders die Bürgerschaft und die Verwaltung in den Fokus. Durch die Bildung und Stärkung von Wissenskompetenzen und sich selbsttragenden Gemeinschaftsbildungsprozessen soll der Vereinsamung der Gesellschaft langfristig entgegengewirkt werden. Zum Beispiel möchte Würzburg mit der „Wie geht’s“-Vernetzungsplattform nicht nur jungen Menschen, sondern allen Menschen in belasteten Situationen die Möglichkeit bieten, schnell und unkompliziert Zugang zu Unterstützungsangeboten zu bekommen. Durch gezielte Kommunikation sollen eine Sensibilisierung und Akzeptanz geschaffen werden, damit der Erfolg Resilienz fördernder Maßnahmen auch langfristig gesichert wird.

„Resilienzdenken“ und entsprechendes Handeln bedeutet in der kommunalen Praxis eine integrierende Vorgehensweise im Umgang mit akuten Schocks und chronischem Stress. Resilienzstrategien sollten deshalb in Zusammenhang mit anderen, bereits vorhandenen Strategien gedacht werden. Es geht darum, übergeordnete kommunale Ziele und Handlungsfelder, wie Klimaschutz oder Klimaanpassung, auch aus einer Resilienzperspektive anzugehen und mit Resilienz stärkenden Maßnahmen zu verbinden.



Mehr zum Thema Soziale Resilienz der Stadt Würzburg finden Sie hier:

www.resilienz-wuerzburg.de



Im Zukunftsszenario für die Stadt Rotterdam wird eine höhere digitale Resilienz vor allem für die Entwicklung der Fähigkeit Krisen zu antizipieren verortet, insbesondere durch den Einsatz von Daten und digitalen Instrumenten, wie Digitale Zwillinge.





Parkplatz für Fahrräder in Amsterdam | Quelle: mykytivoandr – stock.adobe.com

4.3 Akteure und Handlungsfelder vernetzen

Um Resilienz in der kommunalen Praxis zu fördern ist es wichtig, die Akteure innerhalb und außerhalb der kommunalen Verwaltung zusammenzubringen und für den Mehrwert von „Resilienzdenken“ zu sensibilisieren. Durch den Austausch über bestehende Gremien hinweg oder mithilfe einer steuernden Stabsstelle kann die Kooperation zwischen einzelnen Verwaltungsbereichen und der Zivilgesellschaft gestärkt werden.

Bei Kommunen, die Mitglied des Resilient Cities Netzwerks sind, wird beispielsweise ein Chief Resilience Officer (CRO) als leitende Strategin oder leitender Strategie im Stadtplanungsamt (idealerweise direkt bei der Bürgermeisterin oder dem Bürgermeister) angesiedelt, um die Bedeutung der unterschiedlichen Akteure für die Stärkung von Resilienz innerhalb der Stadt zu sensibilisieren sowie Maßnahmen zu koordinieren und durchzusetzen. So kann sichergestellt werden, dass Resilienz fördernde Maßnahmen die Stadtentwicklung unterstützen und Synergieeffekte erzielen. Aufgaben einer oder eines CRO sind neben der Beratung und Vernetzung der Politik und Verwaltung die Führung der Resilienzstrategie-Prozesse, Sicherung der Umsetzung der Resilienzmaßnahmen sowie der sektoren-, ebenen- und grenzübergreifenden Vermittlung der Resilienzagenda und diese in alle städtischen Abläufe einfließen zu lassen.

Rotterdam hat für sich vier Resilienz fördernde Fähigkeiten des städtischen Systems definiert, um mit chronischem Stress und Schocks umzugehen:

Widerstandsfähigkeit (Resistability), Wiederherstellung (Recoverability), Lernfähigkeit (Learning Ability), Anpassungsfähigkeit (Adaptability) (siehe Abbildung 9). Diese Resilienzfähigkeiten sollen maßgeblicher Teil aller urbanen Systeme, Strategien, Leitbilder, Programme und Projekte bis 2027 werden. Dazu gehört beispielsweise die lokale Raumplanungs- und Umweltstrategie („Spatial Planning and Environmental Strategy“; Umgebungsvisie) von 2021, die für eine strukturelle und integrale Verankerung der Resilienzstrategie in die Raumordnungspolitik maßgeblich ist (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 20).

Eine enge teamübergreifende Zusammenarbeit der Teams Cyber Resilience, Chief Digital Officer, Smart City Rotterdam, Digital City und dem Team Resilient Rotterdam soll sicherstellen, dass grundlegende Resilienzfähigkeiten bei allen digitalen Projekten berücksichtigt und implementiert werden. Ziel ist es, bei der Entwicklung von Smart-City-Maßnahmen den Aspekt Cyber-Resilienz zu integrieren und potenzielle Dateninfrastrukturen beziehungsweise Anwendungen zu identifizieren. Solche Ziele sollten im Sinne von „Resilienzdenken“ integrativ erarbeitet werden und wie im Beispiel Rotterdam dargestellt an bestehende Maßnahmen und Strategien von Smart-City-Projekten anknüpfen. Eine vorausschauende Einbindung von Resilienz fördernden Maßnahmen in kommunale Digitalisierungsprozesse kann dazu beitragen, Synergien zu maximieren und mögliche zukünftige Risiken zu minimieren.

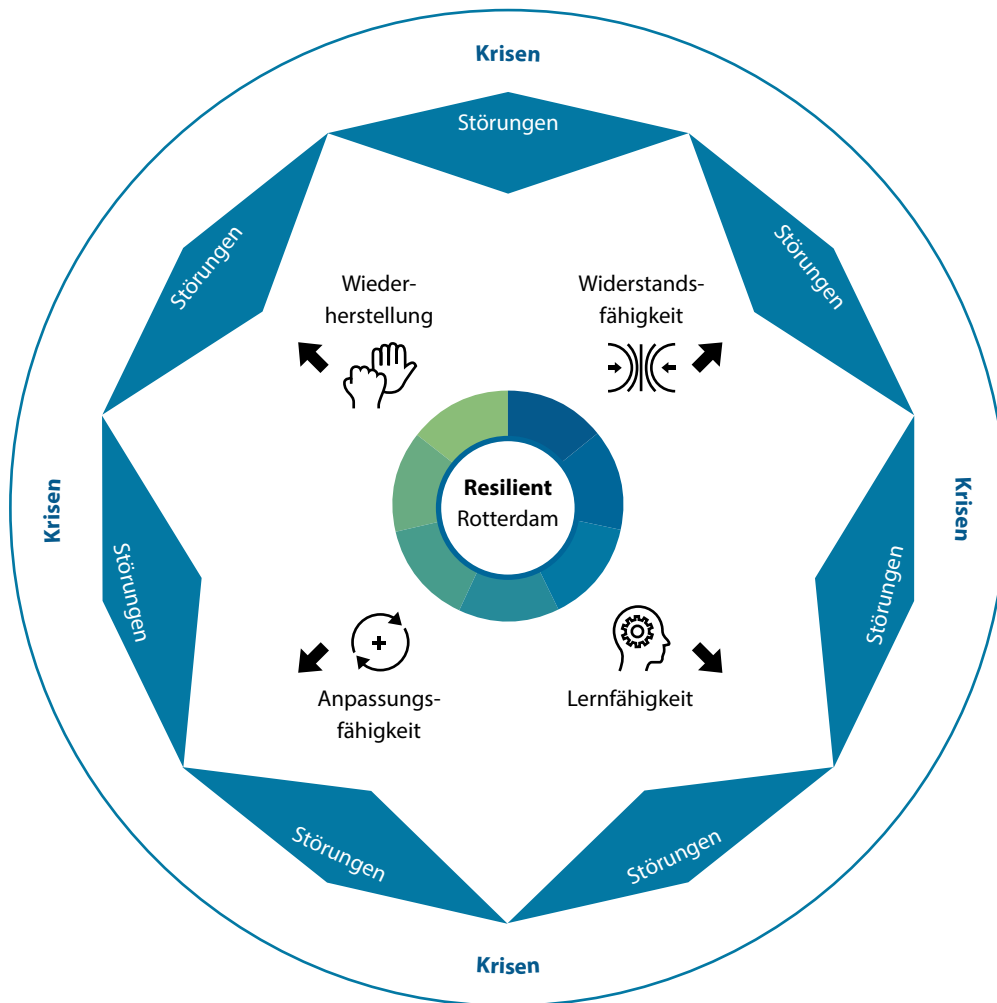


Abbildung 9: Rotterdam fokussiert die Stärkung von vier Resilienz fördernden Fähigkeiten, um mit chronischem Stress und akuten Schocks umzugehen | Quelle: Stadt Rotterdam 2022: 23

In **Bochum**, einem weiteren seit 2021 vom Bund geförderten Modellprojekt Smart Cities, ist die Steigerung der urbanen Resilienz das zentrale Leitmotiv des Smart-City-Konzepts von 2021. Digitalisierung und Automatisierung werden dabei explizit als Chance verstanden, um den komplexen kommunalen Herausforderungen zu begegnen und die Ziele der Smart-City-Strategie erfolgreich umzusetzen (vgl. Stadt Bochum 2021: 5). Der nötige (digitale) Wandel wird als eine von allen Akteuren kooperativ zu bewältigende Aufgabe angesehen. Daher wurde für die Steuerung und Umsetzung des Smart-City-Konzeptes in Bochum eine sogenannte Smart-City-Innovation-Unit gegründet. Ziel der Unit ist es, den Digitalisierungsprozess in Bochum durch die enge und themenübergreifende Kooperation aller Akteure in der Stadt zu beschleunigen. In der

Unit arbeiten Vertreterinnen und Vertreter der Stadtverwaltung und städtischen Unternehmen (Stadtwerke Bochum, VBW Bauen und Wohnen, Sparkasse Bochum und einige weitere) zusammen. Außerdem priorisiert Bochum den Ausbau der digitalen Infrastruktur sowie den Zugang zu digitalen Angeboten für möglichst alle Stadtteile und Bevölkerungsgruppen. Ein Kernprojekt sind die Planungen zum Bau eines „Haus des Wissens“ (siehe Rendering Seite 42), das in der Bochumer Innenstadt zu einem vernetzen Erlebnis- und Bildungscampus und digitalem Lernort entwickelt werden soll. Stadtbibliothek, Volkshochschule, Teilangebote der Bochumer Hochschulen und eine Markthalle kommen in einem historischen Postgebäude unter, welches gleichzeitig eine zeitgemäße Nachnutzung erfährt. In dem Haus sollen vielfältige Akteure und Bildungsangebote für

alle Bevölkerungs- und Altersgruppen zusammengebracht werden. Somit wird durch einen außerschulischen Zugang zu digitaler Kompetenzbildung für alle nicht nur die soziale Resilienz

beispielsweise im Falle einer Pandemie gestärkt, sondern auch auf sich verändernde Nutzungsgewohnheiten von digitalen Medien und öffentlichen Raum im Zuge der Digitalisierung reagiert.



Durch den Austausch über bestehende Gremien hinweg oder mithilfe einer steuernden Stabsstelle kann die Kooperation zwischen einzelnen Verwaltungsbereichen und der Zivilgesellschaft gestärkt werden.



Bochum Haus des Wissens, Innenraum (Rendering) | Quelle: Stadt Bochum, crossarchitecture/rendertaxi/www.bochum.de



4.4 Mit lernenden Systemen proaktiv Veränderungen gestalten

Resilienz in der kommunalen Praxis zu stärken ist ein dynamischer und kontinuierlicher Prozess, der nicht mit der Erstellung einer Resilienzstrategie oder Umsetzung einzelner Resilienz fördernder Maßnahmen endet. Die Herausforderung für Kommunen besteht vielmehr darin, fortlaufend und proaktiv mit sich verändernden Rahmenbedingungen umzugehen und, wo notwendig, auch Transformationsprozesse aktiv zu gestalten. Die Fähigkeit auf bestimmte Krisen schnell und gut vorbereitet zu reagieren, hilft Kommunen, auch mit anderen unerwarteten Krisen besser umzugehen. Um die Resilienz von Kommunen zu stärken, braucht es lernende und flexible Organisationsstrukturen und -prozesse, die es ermöglichen, kommunales Handeln innerhalb und außerhalb der kommunalen Verwaltung kontinuierlich anzupassen und durch den Erfahrungsaustausch voneinander zu lernen (siehe Feedback-Loops in Kapitel 2).

Im Sinne eines adaptiven Managementansatzes können Resilienz fördernde Maßnahmen auch als „Experimente“ angelegt werden, die es Kommunen ermöglichen, in einem Umfeld von sich stark verändernden Rahmenbedingungen und damit einhergehenden Unsicherheiten (z. B. Digitalisierung, Klimawandel, Pandemie) handlungsfähig zu sein und proaktiv die Transformation hin zu einer zukunftsfähigen Stadt zu gestalten.

Lernfähigkeit und das Schaffen von Experimentierräumen werden auch in **Rotterdam** als Stütz-

pfeiler für die Entwicklung Resilienz fördernder Maßnahmen verstanden. Daher liegt ein Fokus auf dem Auf- und Ausbau von Wissensnetzwerken mit möglichst vielen Partnern auf allen Ebenen: lokal, regional, national und international (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 80). Dadurch soll sichergestellt werden, dass substanzielles wie methodisches Wissen generiert und gehalten wird, um beispielsweise bei einem personellen Wechsel die Fortführung der Resilienzmaßnahmen sicherzustellen (vgl. Stadt Rotterdam 2022: 21).

Außerdem werden dort proaktiv Experimentierräume geschaffen, in denen die Zivilgesellschaft und Akteure aus Wirtschaft, Forschung und Verwaltung kooperativ zusammenarbeiten können. In diesen neuen Formen der Zusammenarbeit werden kooperative Herangehensweisen an gesamtgesellschaftliche Herausforderungen eingeübt und erlernt. Insbesondere die Beteiligung lokaler Stakeholder soll dafür sorgen, passgenaue Lösungsansätze zu entwickeln, die langfristig die Resilienz stärken. Ein Beispiel für die Stärkung sozioökonomischer Resilienz durch flexible und lernende Strukturen ist das Quartiersprojekt „Resilient Bospolder-Tussendijken 2028“ (BoTu2028). Durch das 2019 in Rotterdam gestartete Programm sollen die beiden aneinander angrenzenden Stadtteile Bospolder (Bo) und Tussendijken (Tu) bis 2028 zum ersten resilienten Stadtteil Rotterdams werden (vgl. Stadt Rotterdam o. J.). Dieser Stadtteil hat bislang die niedrigsten sozialen Resilienzwerte – ein auf Umfragen basierender Index aus Werten zur Ver-



Um die Resilienz von Kommunen zu stärken, braucht es lernende und flexible Organisationsstrukturen und -prozesse, die es ermöglichen, kommunales Handeln innerhalb und außerhalb der kommunalen Verwaltung kontinuierlich anzupassen und durch den Erfahrungsaustausch voneinander zu lernen.

bundenheit, Zufriedenheit, Kapazität, Beteiligung und des Lebensumfelds der Menschen in der Stadt zeigt das – und gehört zu den fünf ärmsten Vierteln der Niederlande (ebd.). Als „resilienter Stadtteil“ soll BoTu eine maßgebliche Verbesserung der sozioökonomischen Bedingungen erfahren. Ziele

des Projektes wurden in der sogenannten „3x3 Strategie“ konkretisiert: Drei Leitthemen stellen dar, was erreicht werden soll (3x Was), drei Methoden zielen auf die Umsetzung ab (3x Wie), drei Orte zeigen die zentralen Möglichkeitsräume auf (3x Wo) (siehe Abbildung 10).

Ein resilientes BoTu 2028			
BoTu zum sozialen Durchschnitt der Stadtgesellschaft in 10 Jahren			
3x WO	3x WAS		
Schans-Watergeus	Arbeit, Sprache und Schulden	Pflege, Jugend und Erziehung	Energie, Wohnen und im Freien
Das Herz BoTus	Aktionsplan		
Resiliente Schulen und öffentliche Plätze	Gemeinschaftsbildung		
	Fachleute		
Sicherheit als Voraussetzung			

Abbildung 10: Resilient BoTu 2028: 3x3 Strategie zur Entwicklung eines resilienten Stadtteils in Rotterdam | Quelle: Stadt Rotterdam o. J.: 13

Von Beginn an wurde auf einen möglichst ergebnisoffenen, experimentellen Ansatz und gemeinschaftsfördernde Maßnahmen gesetzt. Anwohnerinnen und Anwohner, lokale Geschäftstreibende und zentrale Einrichtungen, wie Schulen oder Nachbarschaftszentren, werden aktiviert und nachhaltig miteinander vernetzt. Der inhaltliche Schwerpunkt liegt auf transformativen Infrastrukturmaßnahmen und Sozialprogrammen zur Stärkung sozialer Integration. Diese sollen den

Bewohnerinnen und Bewohnern beispielsweise dabei helfen, ihre Schulden zu bewältigen, Zugang zu Bildung für Erwachsene und Kinder zu erhalten, eine bessere Beschäftigung zu finden und ihre Wohnqualität zu verbessern. In den ersten vier Jahren seit Beginn des Projekts konnte eine deutliche Verbesserung der sozioökonomischen Rahmenbedingungen anhand der Nachbarschaftsindizes zu Sicherheit, Raum und Soziales festgestellt werden (vgl. Stadt Rotterdam o. J.: 6).



Weiterführende Literatur

Projektbericht BoTu2028: www.resilientrotterdam.nl/en › Resilient Bospolder Tussendijken



Der Austausch zwischen verschiedenen Organisationseinheiten mit ihren diversen Einblicken zu einem Handlungsfeld der Kommune ermöglicht es, Lernprozesse und Wissensbestände zusammenzuführen, um proaktiv zukunftsfähige Lösungen zu entwickeln.

Ludwigsburg war in den letzten Jahren immer häufiger von starken Extremwetterereignissen (Stürme, Hagel und Hitze) betroffen. Gleichzeitig heizen sich versiegelte Plätze in der Innenstadt während längerer Hitzeperioden stark auf und langanhaltende Trockenheit führt zu Schäden an Straßenbäumen. Die Landwirtschaft wird durch den Wechsel zwischen niederschlagsarmen Sommern und Stark- beziehungsweise Dauerregenereignissen sehr beeinträchtigt. Das ist insofern besonders relevant, als ein Flächenanteil von circa 45 % auf dem Stadtgebiet landwirtschaftlich genutzt wird. Vulnerabilitätsanalysen zeigen, dass die Stadt darüber hinaus in der Forstwirtschaft, im Bauwesen und ihrer Verkehrsinfrastruktur verwundbar ist und auch in den nächsten Jahren zunehmende Gefährdungslagen zu erwarten hat. Durch Hitze, Stürme und Starkregen sieht Ludwigsburg ebenfalls die biologische Artenvielfalt und die menschliche Gesundheit gefährdet (vgl. Schüle et al. 2016).

Das mit starker Bürgerbeteiligung entwickelte Stadtentwicklungskonzept (SEK) „Chancen für Ludwigsburg“ der Stadt Ludwigsburg bietet einen Anknüpfungspunkt, um in der Planung Themen wie Klimaanpassung und Resilienz im Rahmen einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu berücksichtigen. Als umsetzungsorientiertes und integriertes Konzept soll das SEK auf die individuellen Bedürfnisse vor Ort eingehen, Stärken und Schwächen analysieren und darauf aufbauend Ziele und Maßnahmen ableiten. Dazu werden Ziele auf Stadtteilebene im Rahmen von Stadtteilentwicklungs-

plänen (STEP) konkretisiert. Basierend auf einem kooperativen Prozess helfen verwaltungsinterne Organisationsstrukturen und -prozesse dabei, die Planungen verschiedener Fachbereiche aufeinander abzustimmen und damit einen Orientierungsrahmen für die integrierte Stadtteilentwicklung bereitzustellen. Ludwigsburg verfolgt dabei einen aktorsorientierten Ansatz und zielt auf die Vernetzung relevanter Akteure und Handlungsfelder in der Stadt. Alle Organisationseinheiten sollen einen Beitrag zur nachhaltigen Stadtentwicklung leisten. Bestimmte Organisationseinheiten sorgen zudem besonders für die Vernetzung von Themen und Inhalten: Sogenannte STEP-Teams tragen durch Vernetzung und kurze Abstimmungswege zur Beschleunigung von Entscheidungen bei. Der Austausch zwischen verschiedenen Organisationseinheiten mit ihren diversen Einblicken zu einem Handlungsfeld der Kommune ermöglicht es, Lernprozesse und Wissensbestände zusammenzuführen, um proaktiv zukunftsfähige Lösungen zu entwickeln.

Seit einigen Jahren nutzt Ludwigsburg das Kommunale Steuerungs- und Informationssystem (KSIS). Dabei handelt es sich um ein digitales Tool zur Verknüpfung und Koordinierung verwaltungsinterner Themen. KSIS unterstützt die zielgerichtete Steuerung und Strukturierung von komplexen Verwaltungsprozessen. Einzelprojekte können dadurch im Zusammenhang gesehen und Auswirkungen auf andere Themenfelder frühzeitig erkannt werden.



Weitere Informationen zum Kommunalen Steuerungs- und Informationssystem (KSIS) finden Sie hier:
www.ludwigsburg.de > KSIS





Vorher



Nachher

Bauliche Veränderung in Ludwigsburg erlebbar machen, als Treiber für politische Umsetzung |
Quelle: Stadt Ludwigsburg/www.ludwigsburg.de

Um eine Veränderungskultur in Ludwigsburg zu fördern, werden temporäre Umgestaltungsideen sichtbar und erlebbar gemacht (siehe Fotos). Zum Beispiel wurden öffentliche Straßenräume zeitweise mit Sitzgelegenheiten und Pflanzen

umgestaltet. So werden Maßnahmen, die einen Beitrag zur Klimaanpassung und Stärkung der Resilienz leisten, im Sinne einer höheren Aufenthaltsqualität individuell erfahrbar.



Verlegung von Glasfaserkabeln | Quelle: Jan Schuler – stock.adobe.com

4.5 Resilienz langfristig und finanziell verankern

Der Aufbau resilienter Systeme sollte dauerhaft und strategisch vorangetrieben werden. Merkmale resilienter Systeme, wie diversifizierte Energiequellen oder redundante Flächen zur Überflutungsvorsorge, lassen sich nicht kurzfristig oder situativ in akuten Krisenzeiten aufbauen. Einer der wichtigsten Ansätze, um die Resilienz von Kommunen zu fördern, ist es, Resilienz kontinuierlich bei Planungen und Entscheidungen in der strategischen Stadtentwicklung mitzudenken. Dadurch können Merkmale resilienter Systeme in Städten langfristig auf- und ausgebaut werden.

Resilienz fördernde Maßnahmen binden zwar oftmals, aber nicht zwangsläufig, finanzielle Mittel. Langfristig betrachtet besteht ein immenser Nutzen, wenn dadurch das Risiko sehr hoher Kosten zur Schadensbehebung reduziert werden kann. Maßnahmen, die beispielsweise Retentionsräume als mögliche Überflutungsgebiete freihalten, sind zwar kostspielig, reduzieren aber womöglich größere Schäden bei Starkregenereignissen (siehe Redundanz in Kapitel 2.4).

In **Rotterdam** wird nicht erst seit der Resilienzstrategie von 2016 an umfassenden Strategien

zum Umgang mit sich verändernden Rahmenbedingungen und zukünftigen Schocks gearbeitet. Vielmehr baut die aktuelle Resilienzstrategie auf diversen vorhergehenden Konzepten und Maßnahmen auf, die die Grundlage für ein integriertes, fachübergreifendes Arbeiten zur Stärkung der Resilienz in Rotterdam legten. Hauptgegenstand war seit Beginn der 2000er-Jahre der Umgang mit Starkregen- beziehungsweise Hochwasserereignissen, wobei in den Folgejahren der klassische Hochwasserschutz durch Deiche und Mauern um grüne und blaue Infrastrukturen ergänzt wurde (vgl. Fields/Renne 2021: 81). Dadurch kam das Thema Wasser nicht nur als Gefahrenquelle, sondern auch als Gestaltungselement für den öffentlichen Raum auf die politische Agenda. Im Jahr 2001 entstand mit dem ersten „Waterplan“ ein Wassermanagementkonzept, infolgedessen Maßnahmen zur Steigerung der Wasserspeicherkapazität umgesetzt und mit einer Qualitätssteigerung städtischer Gewässer in Naherholungsgebieten verknüpft wurden (vgl. ebd.). Im Jahr 2005 wurde das Handlungsfeld Wassermanagement in das umfassende Stadtentwicklungskonzept „Waterstad 2035“ integriert. Das Konzept entstand erstmals kooperativ durch die Zusammenarbeit mit diver-



Resilienz fördernde Maßnahmen binden zwar oftmals, aber nicht zwangsläufig, finanzielle Mittel. Langfristig betrachtet besteht ein immenser Nutzen, wenn dadurch das Risiko sehr hoher Kosten zur Schadensbehebung reduziert werden kann.



sen Stakeholdern, unter anderem Mitarbeitende der Stadtverwaltung aus den Bereichen Technik, Stadtplanung, Wasserwirtschaft und Entwicklungsabteilungen, Mitarbeitenden der Wasserverbände sowie Beratungsfirmen. Dieser Prozess diente dazu, innerhalb der Stadtverwaltung eine neue Perspektive auf die Herausforderungen des Wassermanagements zu eröffnen und diese nicht nur als Bedrohung zu verstehen. „Waterstad 2035“ zeigte, dass durch integrierte Maßnahmen wasserbezogene Risiken in eine Chance für die Stadterneuerung gewandelt, Innovationen befördert und Aufenthaltsqualitäten verbessert werden können.

Der anschließend entwickelte Waterplan II formulierte schließlich das Ziel, Rotterdam zu einer attraktiven wasserresilienten Stadt zu entwickeln. Mit einem Climate Proof Programme von 2008 baut Rotterdam auf den vorhergehenden Plänen auf, stellte jedoch erstmals Klimaanpassungspolitik in den Mittelpunkt. Die in diesem Zuge umgesetzten Maßnahmen führten die Ansätze zur Verbesserung des Wassermanagements fort, wobei Wassermanagement das zentrale Instrument für einen Umgang mit Starkregen, Hitze und Trockenheit darstellt. Das Programm wurde 2013 und 2016 fortgeschrieben. Ein bekanntes, frühes Ergebnis der Maßnahmen ist der Benthemplein Watersquare, der in einem partizipativen Prozess entstand und neben seiner Funktion als Regenwasserauffangbecken ein wichtiger öffentlicher Platz wurde (vgl. ebd.) (siehe Foto).

Der Weg Rotterdams zur resilienten Stadt verdeutlicht, dass viele vorbereitende Schritte dazu beigetragen haben, den Weg hin zu einer integrierten und weltweit wegweisenden Resilienzstrategie zu ebnen.

Nachhaltigkeits-Check in Bottrop

Eine Vorstufe für die Entwicklung einer umfassenden Resilienzstrategie mit den entsprechenden Verwaltungsstrukturen und -verfahren kann die systematische Verankerung in kommunalen Berichten oder im Rahmen von strategischen Umweltprüfungen sein. Der Nachhaltigkeits-Check als resilienter Feedback-Loop der Stadt **Bottrop** ist ein Beispiel dafür, wie Klimaresilienz fördernde oder hemmende Aspekte im kommunalen Planungsprozess berücksichtigt werden können. Der Nachhaltigkeits-Check ist ein verwaltungsinternes Bewertungsinstrument für fast alle Beschlüsse des Stadtrates und soll eingesetzt werden, um zukünftige politische Entscheidungen nach ihren ökologischen, ökonomischen und sozialen Folgen zu bewerten. Im Gegensatz zu bestehenden Instrumenten der Umweltverträglichkeitsprüfung kombiniert der Nachhaltigkeits-Check soziale, ökologische und ökonomische Aspekte. Beschlussvorlagen, die in der Bewertung kritisch ausfallen, können in der Folge überarbeitet werden. Bei der Entwicklung des Nachhaltigkeits-Checks wurden in einem Reallaborprozess alle relevanten Stakeholder aus Verwaltung, Politik und lokalem Handel beteiligt. Dadurch wurde bei allen Akteuren das Bewusstsein für die Relevanz dieser Thematik geschärft. Durch den Nachhaltigkeits-Check werden Nachhaltigkeit, Resilienz und Umweltgerechtigkeit zu Genehmigungsvoraussetzungen und damit zu Richtwerten für die Stadtentwicklung. Der entscheidende Mehrwert liegt darin, dass mögliche unerwünschte Wirkungen und Konflikte von Vorhaben frühzeitig erkannt und abgewogen werden können und Ressourcen danach zielgerichtet eingesetzt werden. Mit dem Beschluss des Nachhaltigkeits-Checks werden die Anforderungen an Nachhaltigkeit, Resilienz und Umweltgerechtigkeit erstmals systematisch und (selbst-) verbindlich in der Bottroper Stadtpolitik berücksichtigt (vgl. Fuchs et al. 2020).

Rotterdam Benthemplein Water Square | Quelle: De Urbanisten/Ossip van Duisenbode/www.urbanisten.nl





Blick über Bottrop: Ein „Nachhaltigkeits-Check“ für politische Beschlussvorlagen sorgt hier für eine bessere Verknüpfung von Ökologie und Klima mit wirtschaftlichen und sozialen Herausforderungen | Quelle: Bernd Brueggemann – stock.adobe.com

4.6 Abschließende Betrachtungen zur Stärkung der Resilienz in der kommunalen Praxis

Die Beispiele aus Würzburg, Ludwigsburg, Bottrop und Bochum zeigen, wie vielfältig die Ansätze deutscher Kommunen zum Umgang mit zukünftigen Herausforderungen der städtischen Entwicklung und zur Stärkung der Resilienz sind. Dabei leisten die Kommunen Vieles, was zur Stärkung der Resilienz beiträgt, auch wenn die Maßnahmen nicht immer explizit Resilienz im Fokus haben. Insbesondere in den Handlungsfeldern Hochwasserschutz, Klimaschutz und -anpassung sowie in der Umwelt- und Stadtplanung haben Kommunen bereits Strukturen und langjährige Erfahrungen, an die Strategien zur Stärkung der Resilienz anknüpfen können. Da Krisen und Extremereignisse in der Frequenz und Intensität zunehmen werden, müssen bestehende Bemühungen verstärkt werden, um Katastrophen zu vermeiden beziehungsweise besser mit den Folgen umgehen zu können (vgl. BMI 2022).

Die Beispiele haben auch gezeigt, dass in der kommunalen Praxis Resilienz und Digitalisierung teilweise schon strategisch zusammengedacht werden. Die Digitalisierung bietet vielfältige Chancen zur Steigerung der Resilienz, gleichzeitig ergeben sich neue Risiken, mit denen sich kommunales Handeln befassen muss. „Resilienzdenken“ kann dabei helfen, die vielfältigen Chancen und Risiken aktueller wie zukünftiger Entwicklungen im städtischen System umfassend zu berücksichtigen

und vorausschauende Präventivmaßnahmen und -strategien zur Bewältigung zu entwickeln. Die vielerorts bereits laufenden Prozesse zur Erarbeitung einer Digitalstrategie bieten beispielsweise das große Potenzial, Leitlinien für resiliente Systeme direkt mit zu integrieren. Querschnittsbeauftragte der kommunalen Verwaltung wie ein Chief Digital Officer (CDO) können dabei unterstützen, diese Leitlinien in alle Fachbereiche zu tragen, wie das Beispiel in Rotterdam gezeigt hat. Ebenso können digitale Lösungen dabei helfen, komplexe Zusammenhänge und Auswirkungen von Entscheidungen innerhalb von Verwaltungsprozessen besser abzuschätzen, wie beispielsweise beim Kommunalen Steuerungs- und Informationssystem (KSIS) in Ludwigsburg.

Gleichzeitig können bestehende Strategien, Rahmenwerke und kommunale Verfahren um Resilienzziele und Maßnahmen ergänzt werden, wie im Fall des Nachhaltigkeits-Checks in Bottrop. All diese Beispiele zahlen auf unterschiedliche Art und Weise auf die Merkmale resilienter Systeme wie Feedback-Loops, Modularität, Diversität und Redundanz ein und gehen jeweils auf die individuellen Herausforderungen vor Ort ein. Trotzdem lassen sich diese Beispiele auf andere Anwendungsfälle übertragen und zeigen, wieviel Potenzial in einem Zusammendenken von Resilienz und Digitalisierung steckt.

5 Empfehlungen



Quelle: Bart Ross – Unsplash

Städtische Systeme funktionieren sicher und effizient, solange die Rahmenbedingungen vorhersehbar und stabil sind. In Zeiten von zunehmenden Krisen und abrupten Veränderungen sind urbane Systeme verwundbar und Schocks können zu Funktionsstörungen oder dem kompletten Ausfall von Systemen führen. Aber nicht nur plötzliche Schocks, sondern auch chronischer Stress stellen städtische Systeme zunehmend vor Herausforderungen. Zusätzlich zur Sicherstellung ihrer Funktionsfähigkeit sind Kommunen dazu angehalten, ambitionierte Klimaschutz- und Nachhaltigkeitsziele zu verfolgen, um eine zukunftsfähige Stadtentwicklung zu gewährleisten. Die Resilienz von Städten und Gemeinden zu erhöhen bedeutet daher gleichermaßen, sowohl gegenüber Schocks und chronischem Stress widerstandsfähig zu sein als auch aktiv eine Transformation in Richtung einer nachhaltigen Zukunft zu ermöglichen. Insbesondere auf langfristige Sicht zahlen sich Resilienz fördernde Maßnahmen aus.

Der vorliegende Bericht hat vier wesentliche Merkmale resilienter Systeme beschrieben, die dazu beitragen, die urbane Resilienz zu stärken. Anhand von vielfältigen Beispielen aus der kommunalen Praxis wurde aufgezeigt, inwiefern die Merkmale Feedback-Loops, Modularität, Diversität und Redundanz zu einer Stärkung der kommunalen Resilienz beitragen können.

Aus dem Zusammenspiel von Resilienz und Digitalisierung eröffnen sich neue Möglichkeiten, die Digitalisierung für die Resilienz von Kommunen zu nutzen und sie damit zu stärken. Beispielsweise ermöglichen umfassende Datengrundlagen den Zugriff auf Echtzeitinformationen und präzisere Prognosen. Damit können nicht nur eine Überwachung des Ist-Zustands, sondern auch eine Steuerung in Richtung einer nachhaltigen und resilienten Entwicklung eingeleitet werden. Des Weiteren können neue kooperative Arbeitsweisen vorangetrieben werden, indem gemeinsame Plattformen für die Kommunikation und den Datenaustausch genutzt werden. Mit der Digitalisierung sind aber auch Risiken verbunden. Abhängigkei-

ten und Lock-Ins von privaten IT-Anbietern sowie Kaskadeneffekte, über die sich lokale Systemstörungen oder Cyberattacken durch das gesamte System ausbreiten, müssen vermieden werden.

Im internationalen Kontext sind seit einigen Jahren umfassende Resilienzstrategien entstanden. In Deutschland gibt es auf nationaler Ebene mit der „Deutschen Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen“ (BMI 2022) und dem „Memorandum Urbane Resilienz“ (BMI 2021) grundlegende Rahmenwerke. Auf kommunaler Ebene liegen zwar kaum übergreifende Resilienzstrategien vor, dennoch finden sich viele Resilienz fördernde Ansätze in diversen Strategiedokumenten wieder, die allerdings zumeist auf bestimmte einzelne Handlungsfelder bezogen sind. Trotz der inhaltlichen Vielfalt lassen sich aus nationalen und internationalen Beispielen zentrale Herangehensweisen ableiten, mit deren Hilfe „Resilienzdenken“ in der kommunalen Praxis gestärkt und Resilienzstrategien entwickelt werden können.

Daraus ergeben sich die folgenden Empfehlungen:

Resilienz als Querschnittsthema in allen kommunalen Entscheidungsprozessen und -verfahren verankern

Eine ganzheitliche Resilienzstrategie sollte grundlegende Ziele, Handlungsfelder und konkrete Maßnahmen zur Stärkung der kommunalen Resilienz identifizieren. Die Fragestellung „Resilienz von was, zu was und für wen?“ bietet dabei eine hilfreiche Denkfigur, um je nach Kommune und Kontext die spezifischen Herausforderungen zu identifizieren.

Die Entwicklung und Umsetzung von Resilienzstrategien sollten sich an vorhandenen Strategien orientieren und diese flankierend unterstützen

So kann zum Beispiel eine bestehende oder in der Entwicklung befindliche Nachhaltigkeits-, Klimaanpassungs- oder Smart-City-Strategie weiterentwickelt beziehungsweise ergänzt werden. Dadurch kann Resilienz eine Ergänzung für nachhaltiges kommunales Handeln darstellen.

„Resilienzdenken“ vermitteln und fachübergreifende Kooperationen etablieren

Akteure sollten fach- und themenübergreifend für den Mehrwert von Resilienz sensibilisiert werden, um Transformationsprozesse aktiv zu gestalten. Dazu braucht es eine koordinierte, fach- und sektorenübergreifende Kooperation zwischen allen relevanten Stakeholdern, sowohl innerhalb der Verwaltung als auch aus Politik, (Privat-) Wirtschaft sowie der Zivilgesellschaft.

Digitalisierung als Chance für die Entwicklung resilienter Systeme verstehen und potenzielle Risiken frühzeitig adressieren

Die Digitalisierung kann die Transformation in Richtung einer nachhaltigen und resilienten Entwicklung unterstützen. Mit der Digitalisierung sind aber auch Risiken wie Kaskadeneffekte bei kritischen Infrastrukturen verbunden. Damit die Digitalisierung souverän und zukunftsfähig gestaltet werden kann und um die kommunale Resilienz zu stärken, müssen digitale Kompetenzen in den Verwaltungen und kommunalen Unternehmen aufgebaut werden.

In fachliche, personelle und finanzielle Ressourcen zur Steigerung der urbanen Resilienz investieren

Da Krisen und Extremereignisse in der Frequenz und Intensität zunehmen werden, müssen bestehende Bemühungen verstärkt werden, um besser mit deren Folgen umgehen zu können und bereits im Voraus einen steuernden Umgang zu ermöglichen. Die Förderung der städtischen Resilienz muss explizit vorangetrieben werden, indem unter anderem gesamtstädtische Strategien stärker auf Resilienz ausgerichtet werden. Dies gilt zum Beispiel auch für eine Smart-City-Strategie.

Resilienz als Fähigkeit nutzen, um den gewünschten und notwendigen Wandel herbeizuführen

Neben der Fähigkeit Auswirkungen von akuten Schocks und chronischem Stress abzufedern und die Funktionsfähigkeit dabei aufrechtzuerhalten, ermöglicht Resilienz einen Wandel in Richtung einer nachhaltigen Entwicklung. Dafür müssen proaktiv Resilienz fördernde Maßnahmen eingesetzt werden, um zielgerichtete Transformationen zu ermöglichen.



Die Resilienz von Städten und Gemeinden zu erhöhen bedeutet daher gleichermaßen, sowohl gegenüber Schocks und chronischem Stress widerstandsfähig zu sein als auch aktiv eine Transformation in Richtung einer nachhaltigen Zukunft zu ermöglichen.

Literatur

Arup (Hrsg.), 2015: City Resilience Framework. Zugriff: <https://www.rockefellerfoundation.org/report/city-resilience-framework> [abgerufen am 24.01.2023].

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2023 (im Erscheinen): Datenkompetenz in kommunalen Verwaltungen: Bedarfsanalyse und Referenzrahmen für strategisches Handeln. Zwischenbericht.

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2022: Die digitale Stadt gestalten. Praxiserfahrungen aus der digitalen Stadt. Ein ExWoSt-Forschungsfeld. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/exwost/52/exwost-52-3-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 24.01.2023].

BBSR – Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.), 2018: Stresstest Stadt – wie resilient sind unsere Städte? Unsicherheiten der Stadtentwicklung identifizieren, analysieren und bewerten. Zugriff: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2018/stresstest-stadt.html> [abgerufen am 24.01.2023].

BMI – Bundesministerium des Innern und für Heimat (Hrsg.), 2022: Deutsche Strategie zur Stärkung der Resilienz gegenüber Katastrophen. Umsetzung des Sendai Rahmenwerks für Katastrophenvorsorge (2015–2030) – Der Beitrag Deutschlands 2022–2030. Zugriff: https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bevoelkerungsschutz/BMI22017-resilienz-katastrophen.pdf?__blob=publicationFile&v=1 [abgerufen am 24.01.2023].

BMI – Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (Hrsg.), 2021: Memorandum Urbane Resilienz. Berlin. Zugriff: https://www.nationale-stadtentwicklungspolitik.de/NSPWeb/SharedDocs/Publikationen/DE/Publikationen/memorandum_urbane_resilienz.pdf?__blob=publicationFile&v=4 [abgerufen am 24.01.2023].

Christmann, G. B.; Kilper, H.; Ibert, O., 2016: Die resiliente Stadt in den Bereichen Infrastrukturen und Bürgergesellschaft. Schriftenreihe Sicherheit Nr. 19. Berlin.

EGLV – Emschergenossenschaft, Lippeverband, o. J.: Roadmap Krisenhochwasser. Zugriff: <https://www.presse-service.de/data.aspx/medien/242870P.pdf> [abgerufen am 24.01.2023].

Elmqvist, T.; Andersson, E.; Frantzeskaki, N.; McPhearson, T.; Olsson, P.; Gaffney, O.; Takeuchi, K.; Folke, C., 2019: Sustainability and resilience for transformation in the urban century. In: *Nature Sustainability* 2 (4), S. 267–273. DOI: 10.1038/s41893-019-0250-1.

Fekkak, M.; Fleischauer, M.; Greiving, S.; Lucas, R.; Schinkel, J.; Winterfeld, U. v., 2016: Resiliente Stadt - Zukunftsstadt. Forschungsgutachten. Zugriff: https://epub.wupperinst.org/frontdoor/deliver/index/docId/6614/file/6614_Resiliente_Stadt.pdf [abgerufen am 24.01.2023].

Fields, B.; Renne, J. L., 2021: *Adaptation Urbanism and Resilient Communities. Transforming Streets to Address Climate Change.* Abingdon, New York.

Fuchs, M.; Schnittfinke, T.; Ohlmeyer, K.; Gruehn, D.; Greiving, S., 2020: Ex-ante Impact Assessment of Urban Interventions: The Sustainability Check at the Example of the City of Bottrop, Germany. In: *Journal of Extreme Events* 07 (03), S. 2150005. DOI: 10.1142/S2345737621500056.

Innovation City Ruhr, o. J.: Ergebnisse der Modellstadt Bottrop. Zugriff: <https://www.innovationcity-bottrop.de/index.php?id=3> [abgerufen am 24.01.2023].

Jakubowski, P., 2013: Resilienz – eine zusätzliche Denkfigur für gute Stadtentwicklung. In: *IzR – Informationen zur Raumentwicklung* Heft 4.2013, S. 371–378. Zugriff: https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2013/4/Inhalt/DL_Jakubowski.pdf?__blob=publicationFile&v=2 [abgerufen am 24.01.2023].

Kegler, H., 2014: *Resilienz. Strategien & Perspektiven für die widerstandsfähige und lernende Stadt.* Bauwelt Fundamente, 151. Berlin, Gütersloh, Basel.

Latz, C., 2022: Gegen zu viel Straßenlärm: Berlin will Tempo 30 auf Hauptstraßen ausweiten. *Tagesspiegel*, 5. Mai. Zugriff: <https://www.tagesspiegel.de/berlin/berlin-will-tempo-30-auf-hauptstrassen-ausweiten-6100696.html> [abgerufen am 24.01.2023].

Resilient Cities Network, o. J.: What is urban resilience? Zugriff: <https://resilientcitiesnetwork.org/what-is-urban-resilience> [abgerufen am 24.01.2023].

Soike, R.; Libbe, J.; Konieczek-Woger, M.; Plate, E., 2019: Räumliche Dimensionen der Digitalisierung. Handlungsbedarfe für die Stadtentwicklungsplanung. Ein Thesenpapier. (Difu-Sonderveröffentlichung). Berlin. Zugriff: <https://repository.difu.de/jspui/bitstream/difu/256328/1/DM19101469.pdf> [abgerufen am 24.01.2023].

Schüle, R.; Fekkak, M.; Lucas, R.; Winterfeld, U. von, 2016: Kommunen befähigen, die Herausforderungen der Anpassung an den Klimawandel systematisch anzugehen (KoBe). Hg. v. Umweltbundesamt. Dessau-Roßlau. Zugriff: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/climate_change_20_2016_kommunen_befaeihigen_die_herausforderungen_0.pdf [abgerufen am 24.01.2023].

- SenUMVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Mobilität, Verbraucher- und Klimaschutz, 2021:** Pilotprojekt Tempo 30: Geringere Geschwindigkeit sorgt für bessere Luft. Pressemitteilung, 30. Dezember. Zugriff: <https://www.berlin.de/sen/uvk/presse/pressemitteilungen/2021/pressemitteilung.1162545.php>, [abgerufen am 24.01.2023].
- Stadt Bochum, 2021:** Smart City Bochum Konzept. Zugriff: [https://www.bochum.de/C125830C0042AB74/vwContentByKey/W2BZFCML310BOCMDE/\\$File/SmartCityBochumKonzept.pdf](https://www.bochum.de/C125830C0042AB74/vwContentByKey/W2BZFCML310BOCMDE/$File/SmartCityBochumKonzept.pdf) [abgerufen am 24.01.2023].
- Stadt Rotterdam (Hrsg.), o. J.:** Resilient BoTu 2028. Towards the Urban Social Average in 10 Years. Zugriff: https://bosgeldertussendijken.nl/wp-content/uploads/2019/06/Brochure_Bospolder_3.0_English.pdf [abgerufen am 24.01.2023].
- Stadt Rotterdam (Hrsg.), 2016:** Rotterdam Resilience Strategy. Ready for the 21st Century. Consultation Document. Unter Mitarbeit von Resilient Cities Network. Zugriff: https://resilientcitiesnetwork.org/downloadable_resources/Network/Rotterdam-Resilience-Strategy-English.pdf [abgerufen am 24.01.2023].
- Stadt Rotterdam (Hrsg.), 2022:** 2022–2027 Resilient Rotterdam Strategy. From Risk to Resilience. Zugriff: <https://s3.eu-central-1.amazonaws.com/storage.resilientrotterdam.nl/storage/2022/09/09093215/Resilient-Rotterdam-Strategy-2022-2027.pdf> [abgerufen am 24.01.2023].
- Stadt Solingen, o. J.:** Mensch SolingenApp – Deine Stadt immer dabei. Zugriff: <https://solingen.digital/projekte/mensch-solingen-app-deine-stadt-immer-dabei> [abgerufen am 24.01.2023].
- Universität Stuttgart, o. J.:** Smartilience – Steuerungsmodell für die klimaresiliente Smart City mit Reallaboren in Halle (Saale) und Mannheim. Zugriff: https://www.morgenstadt.de/content/dam/morgenstadt/de/images/projekte1/SMARTilience/05RessourcenUndPublikationen/2905%20SMARTilience_Poster_A0_AI.pdf [abgerufen am 24.01.2023].
- Walker, B.; Salt, D., 2012:** Resilience Practice. Building Capacity to Absorb Disturbance and Maintain Function. Washington.
- Weiß, J., 2021:** Würzburg unter Top 3 der Singlehaushalte in Deutschland. Würzburg erleben, 22. Januar. Zugriff: <https://www.wuerzburgerleben.de/2021/01/22/wuerzburg-unter-top-3-singlehaushalte-studie-deutschland/> [abgerufen am 24.01.2023].
- WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale (Hrsg.), 2019:** Unsere gemeinsame digitale Zukunft. WBGU – Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale. Berlin. Zugriff: https://www.wbgu.de/fileadmin/user_upload/wbgu/publikationen/hauptgutachten/hg2019/pdf/wbgu_hg2019.pdf [abgerufen am 24.01.2023].

