

netWORKS-Papers

Resilienz

Konzeptionelle Potenziale für die sozial-ökologische Stadt- und Infrastrukturforschung

Engelbert Schramm
Andreas Matzinger



netWORKS-Papers

Heft 36 Resilienz

**Konzeptionelle Potenziale für die sozial-ökologische Stadt-
und Infrastrukturforschung**

Engelbert Schramm, Andreas Matzinger

Impressum

Autoren

Engelbert Schramm (ISOE - Institut für sozial-ökologische Forschung)

Andreas Matzinger (Kompetenzzentrum Wasser Berlin, KWB)

Herausgeber

Forschungsverbund netWORKS

www.networks-group.de

Diese Veröffentlichung basiert auf Forschungsarbeiten im Verbundvorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“. Das Forschungsprojekt netWORKS 4 wurde unter dem Förderkennzeichen 01UR1622A-D innerhalb der Fördermaßnahme „Nachhaltige Transformation urbaner Räume“ im Förderschwerpunkt „Sozial-ökologische Forschung“ als Bestandteil des BMBF-Programms „Forschung für nachhaltige Entwicklungen (FONA)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert.

Textverarbeitung

Julia Krebs

Verlag und Vertrieb

Deutsches Institut für Urbanistik GmbH
Zimmerstr. 13-15
10969 Berlin
Telefon: +49 30 39001-0
Telefax: +49 30 39001-100
E-Mail: difu@difu.de
Internet: www.difu.de

Alle Rechte vorbehalten

Berlin, September 2020

ISBN: 978-3-88118-669-8

Forschungsverbund netWORKS im Vorhaben „Resilient networks: Beiträge von städtischen Versorgungssystemen zur Klimagerechtigkeit (netWORKS 4)“

Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu)
Jan Hendrik Trapp (Koordination)
Zimmerstr. 13-15
10969 Berlin
Telefon: +49 30 39001-210
E-Mail: trapp@difu.de



ISOE – Institut für sozial-ökologische Forschung
Dr.-Ing. Martina Winker (Koordination)
Hamburger Allee 45
60486 Frankfurt
Telefon: +49 69 7076919-53
E-Mail: winker@isoe.de



Kompetenzzentrum Wasser Berlin gGmbH
Dr. Pascale Rouault
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 53653-816
E-Mail: pascale.rouault@kompetenz-wasser.de



Berliner Wasserbetriebe AöR
Forschung und Entwicklung
Michel Gunkel
Cicerostr. 24
10709 Berlin
Telefon: +49 30 8644-18047
E-Mail: michel.gunkel@bwb.de



Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz
Berlin
Abteilung Integrativer Umweltschutz
Referat Wasserrecht, Wasserwirtschaft und Geologie
Matthias Rehfeld-Klein
Brückenstr. 6
10179 Berlin
Telefon: +49 30 9025-2003
E-Mail: Matthias.Rehfeld-Klein@senuvk.berlin.de



Senatsverwaltung
für Umwelt, Verkehr
und Klimaschutz

Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen Berlin
Abteilung II - Städtebau und Projekte
Fachbereich: Grundsatzangelegenheiten der Ökologie im
Bauwesen/Ökologische Gebäudekonzepte,
Modellvorhaben
Brigitte Reichmann
Württembergische Str. 6
10707 Berlin
Telefon: +49 30 90139-4322
E-Mail: brigitte.reichmann@sensw.berlin.de



Senatsverwaltung
für Stadtentwicklung
und Wohnen

Stadt Norderstedt
Die Oberbürgermeisterin
Amt Nachhaltiges Norderstedt
Herbert Brüning
Rathausallee 50
22846 Norderstedt
Telefon: +49 40 53595-367
E-Mail: herbert.bruening@norderstedt.de



Ramboll Studio Dreiseitl GmbH
Jeremy Anterola
Stadtdeich 7
20097 Hamburg
Telefon: +49 40 32818-212
E-Mail: jeremy.anterola@dreiseitl.com



Inhalt

Abbildungsverzeichnis	6
Einleitung	7
1 Die Vorgeschichte des Resilienzbegriffs: Mechanik und Stressforschung	7
2 Das Resilienzkonzept in der Systemökologie	8
3 Ökologische Resilienz: Problematische Hintergrundannahmen	10
4 Sozial-ökologische Resilienz	12
5 Technische Resilienz	14
6 Vergleich mit dem Nachhaltigkeitskonzept	16
7 Resilienz in der Umweltpolitik am Beispiel der Klimaresilienz von Städten	17
8 Ausblick	21
Literaturverzeichnis	23

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Gegenüberstellung der Korrelationen von Lärmbelastung bzw. (mangelnder) Grünversorgung mit dem sozialen Status der Einwohner für Berlin.

21

Einleitung

Während der letzten zwei Jahrzehnte ist ausgehend von einer zunächst naturwissenschaftlich-technisch orientierten Umweltforschung eine stärker inter- und transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung entstanden, welche die Beziehungen zwischen Menschen, Gesellschaft und Natur und die dabei feststellbaren krisenhaften Entwicklungen zu ihrem Gegenstand gemacht hat. In diesem fächerübergreifenden Forschungsfeld entstanden unterschiedliche konzeptionelle Ansätze für die systemische Analyse und das Management von Mensch-Umwelt-Systemen. Insbesondere im anglo-amerikanischen Sprachraum und in Skandinavien wurden verschiedene Konzeptionen von Resilienz entwickelt. Im Folgenden werden deren Potenziale diskutiert und für den Einsatz in der sozial-ökologischen Stadt- und Infrastrukturforschung mit anderen integrativen Konzepten wie Klimagerechtigkeit verglichen.

1 Die Vorgeschichte des Resilienzbegriffs: Mechanik und Stressforschung

„Resilire“ ist das lateinische Verb für federn, abprallen, zurückspringen; 1540 finden sich Nachweise für das daraus abgeleitete „resilientia“. Im Englischen wurde zunächst 1524 das Verb „resile“ verwendet; damit wurde bezeichnet, dass jemand auf eine frühere Position zurückgekehrt war (Alexander 2013). Das Oxford English Dictionary führt die Verwendung des englischen Substantivs „resilience“ zurück ins 17. Jahrhundert; zuerst hat Francis Bacon 1626 das Wort in seinem naturgeschichtlichen Werk „Sylva Sylvarum“ im Zusammenhang mit der Schallreflexion verwendet, die zum Echo werden kann: „whether there be any such resilience in echos“ (nach Rogers 2016, vgl. auch Alexander 2013, Höhler 2014). Nur gelegentlich wird das Wort in den nächsten beiden Jahrhunderten verwendet, etwa in einer Comenius-Übersetzung ins Englische (Alexander 2013).

Der Gegenbegriff zu „resilire“ wurde spätestens im 19. Jahrhundert „stringere“ mit der deutschen Bedeutung anspannen. Im Sinne der Mechanik sind Anspannung und Stress direkt mit Abfederung bzw. Resilienz verwandt. Höhler (2014) zeigte, dass die gegenläufigen Termini stress und resilience zuerst in der britischen Werkstoffmechanik des 19. Jahrhunderts verwendet und dabei systematisch auf das Bedeutungsfeld der Materialeigenschaft Elastizität bezogen wurden. In der Physik und den Technikwissenschaften wurde bereits vor 200 Jahren der Zusammenhang zwischen Spannung (stress) und Dehnung (strain) bei der mechanischen Verformung eines festen Körpers thematisiert. Der Arzt und Physiker Thomas Young hielt zwischen 1801 und 1804 an der Royal Institution of Great Britain in London Vorlesungen über „Natural Philosophy and the Mechanical Arts“, in denen er Experimente der Bruchmechanik diskutierte. Ausgehend von eigenen Belastungs- und Ermüdungsversuchen an festen Körpern stellte er die These auf, dass die Arbeit der Verformung im Material wie in einem Bogen gespeichert werde: Innerhalb eines linearen Elastizitätsbereichs kehrte demnach der Festkörper ohne erkennbare Spuren wieder in seinen Ausgangszustand zurück. Mit resilience bezeichnete Young die maxi-

male Dehnungsenergie pro Volumeneinheit, die ein Festkörper aufnehmen kann, bevor es zu seiner plastischen Verformung, zu Rissen und schließlich zu seinem Bruch kommt. Während Young mit Festigkeit (strength) eines Materials die aufzuwendende Kraft bzw. Spannung bis zum Bruch bezeichnete, fasste er mit Resilienz die besondere Qualität des untersuchten Materials, Dehnungsenergie zu speichern und elastisch abzufedern, ohne dass es zum Bruch kam. Young erörterte diese Werkstoffmechanik an ledergefederten Kutschen, hölzernen Tanzböden oder der seilvertäuten Ladung eines Schiffs im Sturm; im Fokus seiner Untersuchung waren also Materialien, die auch hohe und plötzliche Belastungen aushalten konnten (Höhler 2014).

Für die Bruchmechanik hat auf diesen Erkenntnissen aufbauend 1824 Thomas Tregold den Elastizitätskoeffizienten abgeleitet; diese Materialkonstante, zunächst benannt als „modulus of resilience“, beschreibt die spezifische Starrheit oder Steifheit eines Materials oder „the number which represents the power of a material to resist an impulsive force“ (nach Rogers 2016).

Auf Zusammenhänge aus der Mechanik wurde in der biologischen, medizinischen und psychologischen Stressforschung des 20. Jahrhundert wiederholt zurückgegriffen. Mehrere zentrale Autoren wie Hans Selye (1907-1982) haben dort auf den Gegensatz von Stress und Resilienz aus der Mechanik zurückgegriffen und damit fruchtbar bei der Erklärung von Stress gearbeitet (Höhler 2014).¹ Vermutlich von dort gelangte das Resilienzkonzept in die Kinder- und Jugendlichenpsychiatrie, wo es in den 1950er Jahren Jack Block (1924–2010) als „ego-resilience“ verwendet hat, und von dort in die Psychologie; in entwicklungspsychologischer Perspektive untersuchte bereits seit den 1930er-Jahren Kurt Lewin (1890–1947) die Elastizität systemischer Grenzen (Tusaie/Dyer 2004, Vernon 2004, Höhler 2014). Mit Hilfe des psychologischen Resilienzkonzepts wandelte sich die Auffassung vom „Versagen“, das „nicht mehr als ein das moderne Selbstverständnis unterlaufendes Problem“ verstanden wurde, sondern vielmehr zu einem „Motor“ für die weitere Entwicklung wurde (Höhler 2014).

2 Das Resilienzkonzept in der Systemökologie

1973 führte der Zoologe Crawford Stanley Holling in einem Reviewartikel, in dem er Stabilitätseigenschaften von Ökosystemen diskutierte, die Resilienz als theoretisches Konzept in die Ökosystemforschung ein. Er definierte dort Resilienz als „a measure of the persistence of systems and of their ability to absorb change and disturbance and still maintain the same relationships between populations or state variables“ (Holling 1973: 14). Dabei baute er auf dem materialwissenschaftlichen Konzept der Resilienz auf, die er statt auf Materialien auf Ökosysteme anwendete. Dabei veränderte sich der Fokus von der Materialeffizienz zur Wiederherstellung des Systems (Rogers 2016). Folgerichtig unterschied er die Resilienzperspektive von einer

¹ Aus der Stressforschung wurde der Terminus Resilienz auch in die Stress-Ökologie transferiert, wie sie Mitte der 1970er Jahre von Eugene Odum, René Dubos (1901–1982) und anderen Systemökologen betrieben wurde (Höhler 2014).

Stabilitätsperspektive, die allein sichere Prognosen und ein entsprechendes Bewirtschaften erlaube: „The stability view emphasizes the equilibrium, the maintenance of a predictable world, and the harvesting of nature's excess production with as little fluctuation as possible. The resilience view emphasizes domains of attraction and the need for persistence“ (Holling 1973: 21). In der so entwickelten Resilienzperspektive geht es also um das Überdauern des Systems; als resilient wurden Systeme bezeichnet, die bei äußeren Störungen ihre Funktion und wesentliche Merkmale ihrer Struktur aufrechterhalten können, d. h. die trotz Änderung wichtiger Parameter und unabhängig davon, ob sie sich in einem Gleichgewichtszustand befinden, fortbestehen. „A management approach based on resilience [...] would emphasize the need to keep options open, the need to view events in a regional rather than a local context, and the need to emphasize heterogeneity“ (Holling 1973:21). Dieses Verständnis baut auf den systemökologischen Gleichgewichtsvorstellungen der Odum-Schule auf, differenziert diese jedoch aus. Auch hochgradig instabile Strukturen können resilient sein. Resilienz wird hier zunächst systemanalytisch bzw. deskriptiv verwendet und bezeichnet das Maß für die Elastizität bzw. Pufferkapazität eines Systems gegenüber internen oder externen Störungen.

Brand (2009) zeigte in seiner Dissertation, dass der Begriff Resilienz in der von ihm untersuchten ökologischen Literatur in zwei grundlegend unterschiedlichen Ausprägungen verwendet wurde. Die beiden Bedeutungen beziehen sich auf zwei gegensätzliche Forschungstraditionen, die Holling beide verkörpert:

- Einerseits besagt das Gleichgewichtsparadigma, dass es für jedes System nur ein einziges Gleichgewicht gibt und jedes System zu diesem Gleichgewicht oder stationären Zustand nach der Störung zurückkehrt. Resilienz wird hier definiert als die Zeit, die ein System benötigt, um nach einem Störereignis zu einem Gleichgewichtspunkt zurückzukehren. Diese ingenieurshafte Sicht auf Resilienz ist größtenteils identisch mit der Festigkeitseigenschaft „Elastizität“.
- Andererseits können (Öko)Systeme, wenn man dem Nichtgleichgewichtsparadigma folgt, mehrere alternative stabile Zustände oder alternative Anziehungsbecken aufweisen. Es gibt nur lokale Stabilität, und wenn das System gestört wird, kann es sich in ein anderes Anziehungsbecken verlagern, das durch eine andere Struktur und andere Prozesse charakterisierbar ist. Die Resilienz wird dann als ökologische Resilienz oder Ökosystemresilienz bezeichnet; sie ist definiert als das Vermögen von Ökosystemen, Störungen zu widerstehen und dennoch einen bestimmten Zustand aufrechtzuerhalten. In dieser Interpretation kommt Resilienz den Stabilitätskonzepten „Widerstand“ oder „Robustheit“ sehr nahe. Diese Definition kann andere wichtige Merkmale der ökologischen Resilienz unterschätzen, wie die Fähigkeit zur Erneuerung, Reorganisation und Entwicklung, die oft auch als ein wesentliches Merkmal dieser Art von Belastbarkeit angesehen werden (Folke 2006). Brand (2009: 305) zufolge ist auch diese Konzeption nützlich und erlaubt die empirische Bestimmung der ökologischen Resilienz von Ökosystemen in der Praxis.

3 Ökologische Resilienz: Problematische Hintergrundannahmen

Der umfassenden Untersuchung von Brand (2009) zufolge baut das Konzept der ökologischen Resilienz auf mindestens drei verwandten Konzepten auf, die zusammen so etwas wie ihre „Hintergrundtheorie“ bilden.

- Erstens setzt die Resilienzforschung eine Vorstellung von Ökosystemstruktur und -dynamik voraus, die häufig als „Panarchy“ bezeichnet wird (Gunderson/Holling 2002). Dieses Modell der Ökosystemdynamik stellt einen adaptiven Zyklus in den Mittelpunkt, der aus den vier Phasen Wachstum/Erschließung, Erhaltung, Auflösung und Reorganisation besteht und angeblich auf jeder Ebene der Systemhierarchie auftritt.² Der adaptive Zyklus ist nur eines unter mehreren Modellen für die Ökosystemdynamik, wie Brand aufzeigt. Der adaptive Zyklus bietet zwar einen überzeugenden Ansatz, um die Systemdynamik³ zu charakterisieren und zu verstehen; er ist aber kein Modell, das alle Formen des Systemverhaltens erklären oder verdeutlichen kann. So kann er die Verdrängung von Arten, z. B. in schnell fließenden (lotischen) Ökosystemen oder durch Vulkanausbrüche auf ozeanischen Inseln, durch Sukzession oder dynamische Begrenzung nicht erklären. Für die Beschreibung oder Analyse derartiger Fälle ist es nicht angemessen, mit dem Modell eines adaptiven Zyklus zu arbeiten (Walker et al. 2006).
- Weiterhin beruht das Resilienzkonzept auf dem Konzept der Schlüsselvariablen. Nach einer von ihren Anhängern häufig beschworenen „rule of hand“ ließen sich wichtige Veränderungen in der Ökosystemdynamik durch die Analyse weniger (meist nicht mehr als fünf) Schlüsselvariablen nachvollziehen. In der beobachteten Systemdynamik dominieren immer nur wenige Variablen. Diese Schlüsselvariablen würden durch wenige „keystone process species“ gesteuert werden, während die übrigen Arten in den von diesen gebildeten Nischen existieren. Doch dieser Begriff der Schlüsselvariablen, mit dem Forscher wie Holling arbeiten, ist problematisch. Nach Brand (2009) resultiert daraus ein ausschließlicher Top-down-Ansatz für die ökologische Modellierung, der als partiell kritisiert wurde und durch Bottom-up-Ansätze wie individuelle Modelle ergänzt werden sollte. Erstens bedingt die Reduktion eines komplexen Ökosystems auf wenige Schlüsselvariablen die Vernachlässigung von Prozessen, die für beobachtete Systemzustände eine (scheinbar) untergeordnete Rolle spielen. Entsprechend ist eine auf Schlüsselvariablen basierende ökologische Modellierung in be-

² Anhänger der „Panarchy“ gehen häufig davon aus, dass dies keine Besonderheit von Ökosystemen ist, sondern ähnlich wie in allen Ökosystemtypen auch für andere Systeme gilt, sogar für Sozial- und Wirtschaftssysteme.

³ Der von der Resilienzforschung vorgeschlagene Begriff der Ökosystemdynamik basiert zudem auf einer ganzheitlichen bzw. organozentrierten Systemidee, die zumindest in der botanischen Zoologie von individualistischen Positionen aus zurückgewiesen wurde (Kirchhoff 2017). Daher kann nicht davon ausgegangen werden, dass ein ganzheitlicher Systemgedanke allgemein in der Ökologie angemessen ist.

sonderem Maße nur für bekannte Systemzustände gültig, die gerade bei größeren Störungen, für die eine Resilienz Betrachtung besonders interessant ist, oft verlassen werden. Zweitens ist der Begriff der Schlüsselvariablen nur einer von vielen Ansätzen zum Verständnis des Funktionierens von Ökosystemen. Weitere Ansätze finden sich in der einschlägigen Literatur zu basalen Ökosystemprozessen, zu Ökosystemdienstleistungen oder zur „Selbstdenitität“. Das Konzept der Schlüsselvariablen ist hinsichtlich seiner Erklärungskraft und allgemeinen Gültigkeit also zumindest umstritten.

- Die dritte schlecht universalisierte Annahme, auf der das Konzept der „ökologischen Resilienz“ beruht, ist die der alternativen stabilen Zustände. Demnach können Ökosysteme immer alternative stabile Regime (oder alternative Anziehungsbecken) einnehmen. Auf den ersten Blick scheint diese Annahme recht plausibel: Zum Beispiel scheint ein See zwei unterschiedliche Regimes in Bezug auf die Nährstoffbelastung zu zeigen. Beim oligotrophen oder Klarwasserregime hat das Wasser eine geringe Phytoplankton-Biomasse, entsprechend sedimentiert wenig organisches Material und es erfolgt nur eine geringe Aufnahme von Nährstoffen aus dem Sediment ins Wasser. Wird der See durch externe Nährstoffzugabe in ein eutrophes oder trübes Wasserregime gebracht, ist die Phytoplankton-Biomasse hoch, was zu einem hohen Eintrag von organischem Material in das Sediment und einer hohen Nährstoffrücklösung aus dem Sediment ins Wasser führt. Durch diese „Selbstdüngung“ kann ein See im eutrophen Zustand verbleiben, auch wenn die externen Nährstoffeinträge abnehmen (Charlton et al. 1993). Zahlreiche Beobachtungsdaten scheinen nahezu legen, dass alternative Attraktionsräume in vielen Ökosystemtypen auftreten. Nur 13 von 21 schlüssigen Experimenten gaben jedoch Hinweise auf die Existenz alternativer stabiler Regime. Darüber hinaus belegen einige empirische Studien den Mangel an alternativen stabilen Regimen. Beispielsweise ist ein Konzept alternativer stabiler Regime nicht geeignet, um die Dynamik von saisonal austrocknender Feuchtgebiete im Südwesten Australiens zu erklären. Auch bei dem Seebeispiel oben handelt es sich um scheinbare alternative Regimes, da bei einer Reduktion des Nährstoffeintrags die Nährstoffe nach und nach an das Sediment verloren gehen und eine (langsame) Oligotrophierung einsetzt (Matzinger et al. 2010). Viele Fälle, die mit alternativen stabilen Regimes erklärt wurden, haben Brand (2009) zufolge ungewöhnliche Vorgeschichten. All dies deutet darauf hin, dass die Existenz alternativer stabiler Regime weder ein Naturgesetz noch eine ökologische Regel ist; viele, aber nicht alle Ökosystemtypen können alternative stabile Zustände aufweisen. Dies schwächt die Annahme, dass es immer alternative stabile Zustände gibt.

Darüber hinaus deuten Ergebnisse der ökologischen Forschung darauf hin, dass „plötzliche“ Regimewechsel von einem Regime zu einem anderen vorkommen können. Anzeichen für einen abrupten Regimewechsel gibt es als Reaktion auf allmähliche Umweltveränderungen (z. B. bei nichtlinearen Regimewechseln) in Bezug auf Modelle, Beobachtungen und Experimente. Bei einem kritischen Tippingpunkt verändert ein Regimewechsel Rückkopplungsmechanismen, wodurch sich das Ökosystem hinsichtlich der Steuerung zahlreicher Variab-

len und Prozesse reorganisiert. Am Beispiel der Seeeutrophierung zeigt sich ein Tippingpunkt im Verschwinden von Wasserpflanzen wegen Lichtmangel durch das trübe Wasserregime, was zu mehr Nährstoffen für Phytoplankton und einer weiteren Eutrophierung und Trübung führt (Scheffer et al. 1993). Allerdings sind auch plötzliche Regimewechsel reversibel, wobei der umgekehrte Tippingpunkt bei tieferen Nährstoffwerten liegen kann (Hysteresis, Scheffer et al. 1993, Jeppesen et al. 2005). Möglicherweise „stottern“ einige Ökosysteme, bevor es zu einem Regimewechsel kommt.

Die Panarchie-Vorstellungen begünstigten ein verändertes Verständnis von Natur, die nicht mehr als notwendig stabil begriffen wurde. Das Verlassen des Gleichgewichtszustands wurde nicht mehr länger nur kritisch diskutiert. Vielmehr ist das ökologische Resilienzkonzept zu begreifen als „Ausdruck eines neuen Verständnisses der Natur als flexibles und anpassungsfähiges System, das auch willkürliche und diskontinuierliche Veränderungen bewältigen sollte“ (Höhler 2014).

4 Sozial-ökologische Resilienz

Resilienz wurde in die Ökologie, wie bereits bemerkt, zunächst von Holling (1973) als Stabilitätskonzept für ökologische Systeme eingeführt; im Vergleich mit Holling hatten die Stressökologen mit ihrem Resilienzbegriff keine überdauernde Wirkung. In den 1990er Jahren gewann das auf Holling aufbauende Konzept an Dynamik und begann, eines der zentralen Forschungsthemen der Nachhaltigkeitswissenschaft zu generieren. Seitdem wurde es von zahlreichen wissenschaftlichen Disziplinen wie Soziologie, Ökonomie, Politikwissenschaft, Umweltplanung und Ethik übernommen (Brand/Jax 2007, Folke 2016). Dabei wurde das Konzept teilweise uminterpretiert, so dass der Begriff heute in sehr unterschiedlichen Bedeutungen verwendet wird. So entwickelten beispielsweise Coaffee et al. (2009) ihre Vorstellung von der „Everyday Resilience of the City“. Lundborg/Vaughan-Williams (2011) bauten in ihrem Konzept einer Kritischen Infrastruktur auf dem Resilienzbegriff auf. Brand (2009) konnte mindestens elf Bedeutungsebenen unterscheiden und nach ihrem spezifischen Grad der Normativität ordnen. Aufgrund von (a) begrenzter empirischer Validität und (b) einseitigen kulturellen Vorannahmen kann der Resilienz-Ansatz folglich keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit erheben (Brand et al. 2011).

Als zentrale Begriffe in der aktuellen Resilienzforschung hat Brand (2009: 306) zwischen der „ökologischen Resilienz“, die sich auf ausschließlich physisch betrachtete Ökosysteme wie Wälder, Savannen oder Seen bezieht, und der „sozial-ökologischen Resilienz“ unterschieden, die als Absorptionsfähigkeit koevolutionärer sozial-ökologischer Systeme gegenüber wiederkehrenden Störungen verstanden werden kann, um wesentliche Strukturen, Prozesse und Rückmeldungen beizubehalten.

Hierfür als Beispiel der Ansatz der *Resilience Alliance*: Dort wird Resilienz definiert als „the amount of disturbance a system can absorb“ bzw. „the capacity of a system to absorb disturb-

ance and reorganize while undergoing change so as to still retain essentially the same function, structure, identity, and feedbacks“ (Folke 2006: 259). Im Mittelpunkt dieses Ansatzes stehen die Nutzung und das Management anthropogen beeinflusster Ökosysteme wie Küstenzonen, Seen und Flüsse oder Wälder sowie damit verbundene Maßnahmen des Naturschutzes, die als koevolutionäre sozial-ökologische Systeme gefasst werden. Diese Konzeption sozial-ökologischer Systeme beruht auf drei (teilweise problematischen) Annahmen: (a) Ökologische, soziale und sozial-ökologische Systeme können mit demselben konzeptionellen und (system-)theoretischen Rahmen verstanden, modelliert und analysiert werden. (b) Soziale Systeme sind eng an die in ihrer Umwelt existierenden ökologischen Systeme gebunden; soziale und ökologische Systeme beeinflussen sich wechselseitig in ihrer inneren Struktur und funktionalen Organisation. (c) Soziale Systeme lassen sich einsetzen, um ökologische Systeme zu managen (Brand et al. 2011, Folke 2016).

Nach dem Verständnis der *Resilience Alliance* umfasst sozial-ökologische Resilienz drei Eigenschaften:

- den Umfang von Veränderungen, die ein System vollziehen kann, ohne seine grundlegende Struktur und Funktion zu verändern,
- der Grad der Selbstorganisation, zu dem das System fähig ist,
- der Grad der Fähigkeit des Systems, zu lernen und sich anzupassen (ebd).

Ausgangspunkt für die Weitung des Resilienz-Konzepts ist die Überlegung, dass die Reaktionen von Ökosystemen auf gesellschaftliche Ressourcennutzung und umgekehrt die Reaktion von Menschen gekoppelte Dynamiken in sozial-ökologischen Systemen bewirken. Als nunmehr *sozial-ökologische* Resilienz konzipiert, geht es um das Vermögen eines sozial-ökologischen Systems, Störungen zu absorbieren und sich während eines solchen Prozesses des Wandels derart intern zu organisieren, dass die wesentlichen Funktionen und Strukturen, aber auch die „Identität“ des Systems erhalten bleiben. Hervorgehoben wird, dass die „capacity to adapt to shape change“ (Folke et al. 2005: 444) ein wesentliches Merkmal von Resilienz darstellt, und entsprechend fokussiert die Forschung weitgehend auf das adaptive Management von Ökosystemen und die Frage, wie diese genutzt werden können, ohne dass sie an die Grenzen ihrer Reproduktionsfähigkeit stoßen. Folglich geht es dann um die Identifikation und Analyse solcher Systemdynamiken, die wünschenswerte, nachhaltige Prozesse generieren können, beispielsweise, wie ein nachhaltiges Management von Flüssen oder Küstenzonen beschaffen sein muss. Das Resilienzkonzept wird hier folglich nicht alleine für analytisch-deskriptive Forschungsaufgaben verwendet, sondern gewinnt eine deutlich normative Dimension. Resilienz wurde letztlich zu einer „Bedingung für die Selbstoptimierung des Systems“ (Höhler 2014).

Das 1973 von Holling eingeführte, zunächst eher analytisch verwendete Konzept der Resilienz erwies sich somit als attraktiv für Konzepttransfers: Es sind verschiedene Ausweitungen feststellbar von der Eigenschaft von physischen Systemen, Störungen zu absorbieren, hin einmal

zu der ontologischen Panarchie-Perspektive, die die Nichtgleichgewichtsperspektive universalisieren möchte, andererseits zu einer sozial-ökologischen Perspektive, die sowohl auf das Zusammenspiel von sozialen und ökologischen Systembestandteilen fokussiert, als auch auf den Zusammenhang von Störung und Reorganisation. Dabei hat sich auch die Bedeutung von Resilienz verändert. Ging es zunächst alleine um die mess- oder modellierbare Elastizität des Systems in der Systemökologie, so geht es nun um allgemeinere vage Ideen von Resilienz als Anpassungsfähigkeit bzw. Robustheit gegenüber Störungen, die von unterschiedlichen wissenschaftlichen Disziplinen und Forschungsfeldern verwendet werden kann. In seiner vieldeutigen Unbestimmbarkeit wird das Konzept zudem pragmatisch handhabbar als ein Kommunikationsinstrument zwischen verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen sowie zwischen Wissenschaft und Praxis; es gewinnt damit die Funktion eines „Grenzobjekts“; dies geht tendenziell zu Kosten eines klaren, operationalisierbaren wissenschaftlichen Begriffs (Brand/Jax 2007, Brand et al. 2011). Auch wenn sowohl auf Akteurs- als auch auf Systemebene Resilienzbegriffe eingesetzt werden, und diese Begriffe auch nebeneinander verwendet werden können, ist „Resilienz“ bisher nicht als ein Integrationskonzept angelegt, mit dem sich diese verschiedenen Ebenen integrieren lassen.

Das Neue an der sozial-ökologischen Resilienz-Perspektive ist die Idee eines Systemmanagements, das die Anpassungsfähigkeit des Systems gegenüber einer Vielzahl von Veränderungsprozessen stärkt und das Schwankungen von zentralen Systemvariablen als notwendig aufnimmt. Diese Perspektive ist dem Bild des Korridors nachhaltiger Entwicklungsprozesse strukturell durchaus ähnlich und kommt dem „Transformationsparadigma“ nahe. Für die Umwelt- und Nachhaltigkeitsforschung kann es damit eine produktive Denkfigur darstellen: Es geht nicht mehr um vermeintlich optimale Zustände eines Systems, sondern darum, Schwankungsbreiten zu ermöglichen, die groß genug sind, um Wandlungsprozesse abzufedern und die zugleich schmal genug sind, um Strukturen und Funktionen in einem gewünschten Maße zu erhalten.

Das Konzept selbst fokussiert letztlich auf den Erhalt der Systemfunktionen. Mit dem Resilienz-Begriff eng verbunden wird zudem der Begriff der Störung; allerdings betrachtet das Resilienzkonzept in keiner Weise die Ursachen der Störung und untersucht auch nicht alle Auswirkungen dieser Störung, sondern fokussiert nur darauf, wie das System trotz Störung weiter funktioniert. Dabei in den Blick kommt die Anpassungsfähigkeit, evtl. auch die Flexibilität des Systems – egal, ob auf individueller oder auf Ebene von sozial-ökologischen Gefügen, Infrastrukturen oder Städten.

5 Technische Resilienz

Aus technischer Perspektive bezeichnet Resilienz die Fähigkeit technischer Systeme, bei Störungen bzw. (Teil-)Ausfällen nicht vollständig zu versagen, sondern wesentliche Systemdienstleistungen aufrechtzuerhalten (Juan-Garcia et al. 2017). Resilienz beschreibt hier die Elastizität oder Pufferfähigkeit der betrachteten technischen Systeme.

Technische Resilienz lässt sich beschreiben und quantitativ analysieren: Beispielsweise kann die Schwere des Leistungsausfalls in einem technischen Infrastruktursystem (bezogen auf einen Grenzwert) über die Zeit integriert und dieses Integral über das Zeitintervall und den gewählten Grenzwert untersucht werden. Wird eine solche technische Resilienz Betrachtung z. B. für Stadtentwässerungssysteme durchgeführt, so kann bei Starkregenereignissen Dauer und Ausmaß eines (vorübergehenden) Leistungsausfalls betrachtet und als Resilienzwert begriffen werden; auch kann die Erholungszeit, die das technische System benötigt, um wieder zu voller Funktionstüchtigkeit zurückzukehren, betrachtet und evtl. sogar vorhergesagt werden (Matzinger et al. 2018, Mugume et al. 2015).

Eine beispielhafte Anwendung des Berechnungsansatzes für das Ziel „Gewässerschutz“ zeigt, dass die technische Resilienz von Wasserinfrastrukturen gemessen und damit auch als Zielstellung vorgegeben werden kann (Matzinger et al. 2018). Der Ansatz erlaubt eine Evaluation unterschiedlicher Störungen vom Klimawandel bis zum Ausfall von Maßnahmen.

Die gewählte Vorgehensweise ist auf andere Leistungen der Wasserinfrastruktur übertragbar, etwa auf die Überflutungsvorsorge (Mugume et al. 2015), die Stadtklimaregulation oder die Förderung der Biodiversität, wenn eine zeitliche Entwicklung der Leistung bzw. ein Abbilden der Störung möglich ist. Durch die Normierung der Resilienz (auf einen Wert zwischen 0 und 1) ist auch ein Vergleich sehr unterschiedlicher Leistungen möglich.

Mit Hilfe der spezifischen technischen Resilienz lässt sich folglich die Robustheit der Leistungserbringung von (gekoppelten) Infrastrukturen erfassen und verbessern. Dabei ist insbesondere zu konkretisieren, um welche Infrastruktur(kopplungen) es sich handelt, gegenüber welcher Störung sie resilient sein soll und an welcher Systemleistung sich die Resilienz zeigen soll (Matzinger et al. 2018, Mugume et al. 2015). Grundsätzlich ist es auch möglich, die technische Resilienz der betrachteten Infrastrukturen gezielt so zu verbessern bzw. zu optimieren, dass erwarteten Störungen widerstanden wird. Hierfür sind Maßstäbe einer guten Praxis allerdings noch zu entwickeln.

Eine radikalere Perspektive nehmen Gleich et al. (2010) ein, wenn sie überlegen, zur Klimaanpassung technische Systeme nach „dem Leitkonzept der Resilienz“ so auszurichten, dass nicht mehr alleine „das Bemühen um die Verminderung der Verletzlichkeit“ im Zentrum steht. In ihrer optimistischen Sicht geht es vielmehr „darum, die Systeme möglichst fit zu machen für die Bewältigung auch des Unvorhersehbaren“. Ziel ist dabei „die Gestaltung resilienterer Systeme, die auch in turbulenten Umgebungen ihre Systemdienstleistungen erbringen und die in der Lage sind, mit (den meisten) Überraschungen fertig zu werden“.

6 Vergleich mit dem Nachhaltigkeitskonzept

Im aktuellen Diskurs über das Anthropozän und global-ökologische Krisendynamiken sowie mögliche gesellschaftliche Reaktionsformen wie die Große Transformation nimmt die Betrachtung der Resilienz einen besonderen Stellenwert ein. Gegenüber Nachhaltigkeit erscheint sie teilweise als „das bessere Leitbild“, nämlich „konkreter, greifbarer und weniger beliebig“ (Hummel 2017). Manche Stimmen fordern, sich vom Konzept der Nachhaltigkeit ganz zu verabschieden. In einer Welt, die durch eine wachsende Komplexität, fundamentale Unsicherheit und Instabilität geprägt sei, sei das Resilienzkonzept vielversprechender, um den Herausforderungen zu begegnen, als die Idee der Nachhaltigkeit. So argumentieren etwa die Umweltwissenschaftlerinnen Melinda Benson und Robin Craig: „It is time to move past the concept of sustainability. The realities of the Anthropocene warrant this conclusion [...] We must face the impossibility of defining – let alone pursuing – a goal of ‘sustainability’ in a world characterized by such extreme complexity, radical uncertainty and lack of stationarity [...] The concept of resilience holds promise as a new way of addressing the challenges ahead“ (Benson/Craig 2014: 777).

Im Gegensatz dazu sehen Little et al. (2016) die Resilienz als einen (integrierten) Indikator für die Nachhaltigkeit, ähnlich den Ökosystemleistungen. Demnach könnte die Resilienz eines Systems eine Voraussetzung für Nachhaltigkeit darstellen.

Etwas anders als zuvor Brand (2009) hat Hummel (2017) schließlich aufgezeigt, dass sich die Konzepte Nachhaltige Entwicklung und Resilienz grundlegend in ihrem jeweiligen analytischen und normativen Gehalt unterscheiden. Resilienz kann für die Betrachtung von Umwelt- und sozial-ökologischen Problemen durchaus eine produktive Denkfigur darstellen. Doch ist fraglich, ob das Resilienzkonzept tauglich ist, um darauf Politiken aufzubauen. Für angemessene politische Maßnahmen im Umgang mit sozial-ökologischen Krisenphänomenen sind vielmehr explizit normative Konzepte erforderlich, die es erlauben, Fragen von Machtverhältnissen und Gerechtigkeitsaspekte zu thematisieren.

Im Vergleich mit dem Konzept der Nachhaltigkeit ist die Normativität im Resilienzkonzept weniger scharf und zudem konturlos; es sei denn, die Resilienz eines (sozial-)ökologischen Systems als solche hätte einen Wert. Vielfach wird genau dies von Anhängern des Resilienzkonzepts suggeriert; dabei geht es vielfach auch darum, sonst nicht beachtete Systemdynamiken in den politischen Diskurs zu bringen. Hierbei besteht eine Falle in der „Naturalisierung von Politik“, bei der naturwissenschaftliche Prinzipien anstelle politischer Prinzipien treten bzw. diese aus der Natur bzw. dem Resilienzkonzept abgeleitet werden.

Im Diskurs über Werte sollte es jedoch um mehr gehen. So muss auch die Frage gestellt werden, welche Funktionen und Eigenschaften eines sozial-ökologischen Systems erhaltenswert sind beziehungsweise, welche seiner Strukturen besonders robust gegenüber Veränderungsprozessen gemacht werden sollen. Die Klärung dieser Fragen erfordert gesellschaftliche Aushandlung. Das Gerechtigkeitspostulat des Nachhaltigkeitsgedankens ist in diesem Sinne nicht ersetzbar. Doch derartige normative Implikationen können beim Rückgriff auf Resilienz kaum

gefasst werden: „Resilienz wird in systemischen Strukturen lokalisiert, nicht in verantwortlichen Akteuren, die ihre Umwelten in vielfältiger und oft widersprüchlicher Weise gestalten und verändern. Für soziale Ungleichheiten, Interessenkonflikte und Machtverhältnisse lässt das resiliente System keinen Platz“ (Höhler 2016: 266).

Auch auf empirischer Ebene wird deutlich, dass in Resilienz-orientierten Modellen von evolutionären sozial-ökologischen Systemen weder alle Hierarchieebenen auf der gesellschaftlichen Seite erfasst, noch die konkreten Interaktionen zwischen der Gesellschaft und der Natur in genügender Weise berücksichtigt werden (Brand et al. 2011). Was die Verwendung von Resilienzkonzepten für die Umweltpolitik bedeutet, hat Hummel (2017) anhand zweier Beispiele erörtert; eines davon wird im Folgenden dargestellt, da es die Forschungsfragen von netWORKS4 berührt.

7 Resilienz in der Umweltpolitik am Beispiel der Klimaresilienz von Städten

In der Umweltpolitik wird Resilienz übergreifend entsprechend der dargestellten Herkunftsgeschichte verwendet und als Widerstandsfähigkeit gegenüber Umweltveränderungen gefasst. Im Diskurs um globale Umweltveränderungen erlaubt es das Konzept, sozial-ökologische Katastrophen und Krisen wie den Klimawandel nicht nur als möglicherweise „vermeidbare gesellschaftliche Probleme aufzufassen, sondern als Chancen, als Generatoren des sozial-ökologischen Wandels umzudeuten“ (Höhler 2016).

Urbane Resilienz wird im Programm UN-Habitat definiert als die „messbare Fähigkeit eines jeden städtischen Systems mit seinen Bewohnern, sich kontinuierlich durch alle Schocks und Belastungen zu erhalten und gleichzeitig eine positive Anpassung und Transformation in Richtung Nachhaltigkeit vorzunehmen“ (UN Habitat 2018). Entsprechend ist eine resiliente Stadt eine Stadt, die bewertet, plant und handelt, um sich auf Gefahren vorzubereiten und darauf zu reagieren – natürliche und von Menschen verursachte, plötzliche und langsam einsetzende, erwartete und unerwartete. Resilient Cities sind besser positioniert, um das Leben der Bevölkerung zu schützen und zu verbessern, Entwicklungsgewinne zu sichern, die Umwelt zu fördern und zu investieren und einen positiven Wandel herbeizuführen (ebd.). Die akademische Diskussion über die urbane Resilienz konzentrierte sich in erster Linie auf drei verschiedene Bedrohungen: Klimawandel, Naturkatastrophen und Terrorismus (Coaffee 2008, Pickett et al. 2004). Weiterhin wurden Resilienzstrategien auch bezogen auf die Nutzung nachhaltiger Energie (Sharifi/Yamagata 2016) und auch mit dem Fokus der städtischen Ernährungssicherung (Barthel/Isendahl 2013) konzipiert.

Neben Versuchen, das Thema Resilienz für die Stadtforschung, z. B. in Fallstudien, nutzbar zu machen, beleuchten andere Autoren die Beharrungskraft der Stadt, um zu verstehen, unter welchen Bedingungen Städte besonders widerstandsfähig gegenüber Bedrohungen sind. Die

weitaus meisten Autoren versuchen mittlerweile jedoch, Resilienz als eine alternative Möglichkeit zur Gestaltung städtischer Zukunft zu verstehen, um allgemeiner Kriterien und Prinzipien resilienter städtischer Entwicklung aufzuzeigen (Kuhlicke 2018).

Die Förderung der Resilienz gegenüber den genannten Unsicherheiten und Risiken hat in den letzten 15 Jahren die Aufmerksamkeit von Wissenschaft und Politik auf sich gezogen. Resilienz ist für die Städte zu einem wichtigen Ziel geworden, gerade im Hinblick auf den Klimawandel (Meerow et al. 2016). Im Hinblick auf die Folgen des Klimawandels für urbane Regionen wird daher diskutiert, ob die „Klimaresilienz“ von Städten nicht z. B. durch eine integrierte Stadtplanung und die Verknüpfung von Windschneisen sowie Unterstützung von grünen Infrastrukturen verbessert werden kann.

Stadtregionen und urbane Agglomerationen gelten als Hauptakteure im Bereich Umgang mit dem Klimawandel und sind vor ganz besondere Herausforderungen gestellt, um Klimaschutzziele zu erreichen: Es müssen nicht nur Maßnahmen der Klimaanpassung getroffen werden, etwa im Hochwasserschutz oder zur Verbesserung der Frischluftzufuhr, sondern es geht auch um weitere Anforderungen wie den Erhalt der sozialen Attraktivität, den Umgang mit demographischen Veränderungen oder um die Bewältigung von Finanzkrisen. Zudem sind sie gefordert, die natürlichen Ressourcen Luft, Boden, Wasser, Grünflächen und Biodiversität angemessen zu berücksichtigen. Das Städtebündnis ICLEI-Local Governance for Sustainability hat diese Anforderungen in seinen Programmen zur „resilient city“ aufgenommen. Unter dem genannten Stichwort „Klimaresilienz“ sind Strategien zur Ressourcen- und Energieeffizienz oder zur umweltschonenden Gestaltung von städtischer Infrastruktur versammelt (ICLEI 2020).

Hummel (2017) hinterfragt kritisch, inwieweit dort „Klimaresilienz auf eine Ökologisierung der Stadt reduziert wird, deren maßgebliches Ziel die Entwicklung von Anpassungsstrategien darstellt,“ mit denen die sozial-ökologische Resilienz optimiert werden soll. Ähnlich wird auch in der englischsprachigen Literatur die Umdeutung des Resilienzansatzes von einer Beschreibung ökologischer Systeme zur Leitidee, mit der die Umgestaltung von Stadtgesellschaften initiiert und gesteuert werden soll, kritisch gesehen. Hier besteht das Risiko von Naturalisierung, Entpolitisierung und Responsibilisierung (Kuhlicke 2018). Wenn das urbane System breit genug verstanden wird (z. B. als sozial-ökologisches System im Konzept von Hummel et al. 2011), greift diese Kritik nicht.

In einer Auswertung der wissenschaftlichen Literatur zur urbanen Resilienz stellen Sharifi und Yamagata (2016) fest, dass mit allen weiter vorne charakterisierten Resilienzkonzepten gearbeitet wird (dem ingenieurlichen, dem ökologischen und dem sozial-ökologischen). Zudem kommen Meerow et al. (2016) in einem bibliometrisch abgesicherten Review über die wissenschaftliche Literatur zu dem Schluss, dass der Begriff „urban resilience“ in der Vergangenheit nicht klar definiert verwendet wurde. Die vorfindlichen Definitionen sind nach ihrer Ansicht inkonsistent und unterentwickelt in Bezug auf die Einbeziehung wichtiger Konzepte, die sowohl in der Resilienztheorie als auch in der Stadttheorie zu finden sind. Basierend auf diesem Literatur-

überblick identifiziert das Papier sechs konzeptionelle Probleme, die für „urban resilience“ grundlegend sind: (1) Definition von „urban“ und damit auch die Festlegung der Systemgrenzen; (2) Verständnis des Systemgleichgewichts; (3) positive oder neutrale (oder negative) Konzeptualisierungen von Resilienz; (4) Mechanismen für Systemänderungen; (5) Anpassung versus allgemeine Anpassungsfähigkeit; (6) den Zeitrahmen zum Handeln. Meerow et al. (2016) plädieren für konzeptionellere Klarheit und schlagen daher eine neue Definition für „urban resilience“ vor, die diese Probleme aufnimmt: „Urban resilience refers to the ability of an urban system – and all its constituent socio-ecological and socio-technical networks across temporal and spatial scales – to maintain or rapidly return to desired functions in the face of a disturbance, to adapt to change, and to quickly transform systems that limit current or future adaptive capacity“. Diese Definition bleibt nach Ansicht von Meerow et al. (2016) flexibel genug, um das Arbeiten damit zu ermöglichen; zumindest als Grenzobjekt könne diese Definition verwendet werden (ähnlich De Flander et al. 2014 mit ihrem Plädoyer für einen „aufgeklärten Resilienzbegriff“).

Grundsätzlich sind soziale Prozesse von den Anpassungsmaßnahmen an Folgen des Klimawandels nicht zu trennen. Es geht dabei immer auch um Probleme des sozialen Zusammenhalts, des Umgangs mit Gemeingütern oder um Konfliktregulierung, die verhandelt werden müssen. Solche Fragen werden beispielsweise im Memorandum „Eine klimagerechte Stadt erfordert integrierte Stadt- und Infrastrukturplanung“ (2015) berücksichtigt. Es will u. a. die Bundes-, Landes- und Kommunalpolitik sowie Fachverbände und kommunale Spitzenverbände für die Anforderungen einer klimagerechten Stadt sensibilisieren (Bürgow et al. 2014). Hier wurde bewusst statt Klimaresilienz der Begriff „Klimagerechtigkeit“ gewählt, um soziale und politische Gesichtspunkte wie etwa Interessenskonflikte und ungleicher Zugang zu betonen, wie beispielsweise Verteilungsprobleme, die bei Prozessen der Stadtgestaltung zur Klimaanpassung mit zu bedenken sind.

Klimagerechtigkeit bezieht sich häufig auf Verteilungsprobleme. Demzufolge wird mit dem Terminus die soziale (Ungleich-)Verteilung von Klima- und Umweltbelastungen verstanden. Eine so verstandene Klimagerechtigkeit wird als normatives politisches Konzept unterschiedlich ausbuchstabiert (Brunnengräber/Dietz 2016). Nach der Klimarahmenkonvention umfasst sie die gerechte Verteilung der Lasten und Kosten zur globalen Treibhausgasreduzierung zwischen Industrie- und Entwicklungsländern; andere Ansätze gehen davon aus, dass die Atmosphäre ein globales öffentliches Gut darstellt und die Emissionen bzw. deren Reduktion pro Kopf gleich verteilt werden müssen. Zudem soll Klimagerechtigkeit die ungleiche Verteilung der Folgen der globalen Erwärmung ausgleichen. Die Idee der Klimagerechtigkeit kann weiterhin berücksichtigen, dass Individuen, Bevölkerungsgruppen und einzelne Länder unterschiedlich verwundbar sind gegenüber den negativen Folgen des Klimawandels wie Dürren, Überschwemmungen oder Wasserverknappung; Klimagerechtigkeit kann also nicht losgelöst werden von sozialer Gerechtigkeit (Brunnengräber/Dietz 2016: 160 f.).

In vielen Ländern sind beispielsweise Menschen mit geringem Einkommen und einem niedrigen Sozialstatus weitaus häufiger von Luftschadstoffen betroffen, haben an ihren peripheren Wohnorten in der Stadt meist weniger Zugang zu städtischen Grünflächen und können sich weniger gut erholen; sie leiden stärker unter dem Hitzestau in Städten, der in Folge des Klimawandels auch in gemäßigten Breiten zunehmen wird. Klimagerechtigkeit als Zielvorgabe für die Stadtentwicklung bedeutet dann z. B., Grünflächen und Luftschneisen nicht nur im Hinblick auf das Stadtklima, den Wasserhaushalt und die Biodiversität zu betrachten, sondern auch hinsichtlich einer Verbesserung der Lebensqualität für sozial benachteiligte Gruppen. In Deutschland ist eine besondere Belastung von Menschen mit geringerem sozialem Status durch Klimafolgen oder Umweltverschmutzung weniger eindeutig. So zeigen beispielsweise detaillierte Karten zur Umweltgerechtigkeit Berlins (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen 2015), dass Menschen mit hohem sozialen Status geringeren Belastungen (Luftverschmutzung, Lärmbelastung, bioklimatische Belastung) ausgesetzt sind und einen besseren Zugang zu (städtischen) Grünflächen haben (Abb. 1). Zwischen Menschen mit sehr niedrigem, niedrigem und mittlerem Status, also der Mehrheit der Bewohner, zeigen sich hingegen keine Unterschiede. Betrachtet man die mittleren Mietpreise als Maß für die Wohnlage, sind die Unterschiede in den Umweltbelastungen wiederum gering, bezüglich Grünversorgung und Luftverschmutzung stehen die hochpreisigen Wohngebiete sogar etwas schlechter da. Dies zeigt, dass die Umweltversorgung/Umweltbelastung kein (alleine) entscheidendes Kriterium für die Wohnlage darstellt. Dieses Bild hängt wahrscheinlich einerseits mit anderen Kriterien, wie z. B. dem kulturellen Angebot, zusammen, andererseits aber auch mit Möglichkeiten zu einem alternativen Zugang zu Umweltversorgung (z. B. über Mobilität oder den Einbau von Klimaanlage), der wiederum einkommensabhängig ist. Klimagerechtigkeit als Zielvorgabe für die Stadtentwicklung kann sicher auch in Deutschland Sinn ergeben; die Umsetzung dieses Ziels ist aber nicht nur von lokalen Defiziten und Gebieten mit einem hohen Anteil sozial benachteiligter Gruppen abhängig, sondern auch stark von dem Verhalten und den Präferenzen der gesamten Bevölkerung.

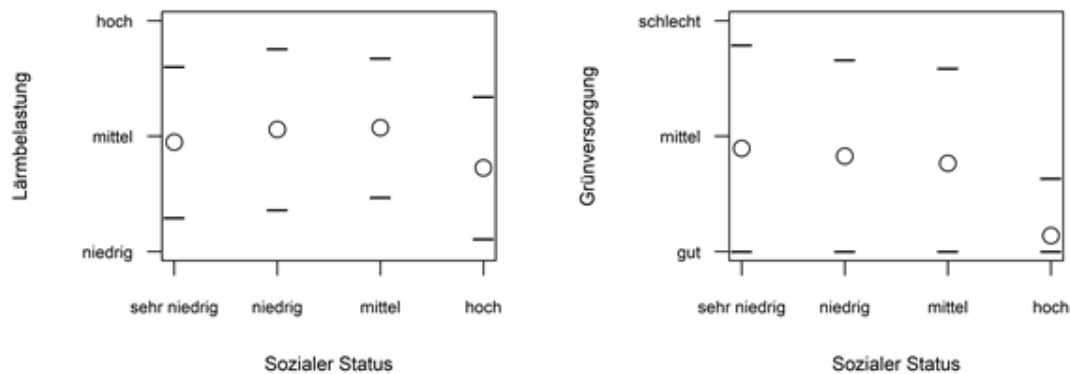


Abb. 1: Gegenüberstellung der Korrelationen von Lärmbelastung bzw. (mangelnder) Grünversorgung mit dem sozialen Status der Einwohner für Berlin. Daten basieren auf Umweltgerechtigkeitskarten, die Berlin in 447 Planungsräume unterteilen (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen 2015). Kreise zeigen Mittelwerte über Planungsräume, Linien zeigen Standardabweichungen. Der soziale Status berücksichtigt die vier Indikatoren Arbeitslosigkeit, Langzeitarbeitslosigkeit, Transferbezug und Kinderarmut.

8 Ausblick

In der sozial-ökologischen Forschung zu Stadt und Infrastruktur und in den zugehörigen sektor- und nachhaltigkeitspolitischen Diskursen fokussiert Resilienz auf den Erhalt von Systemfunktionen und die Anpassungsfähigkeit ökologischer bzw. sozial-ökologischer Systeme, doch die Frage nach den (sozial-ökologischen) Ursachen von Störungen lässt sich damit ebenso wenig beantworten wie die Frage nach einem besseren Umgang mit den daraus resultierenden Dynamiken, die sich als krisenhafte gesellschaftliche Naturverhältnissen fassen lassen. Wenn es um deren bessere Gestaltung geht, reicht es nicht aus, sich hinsichtlich der sozial-ökologischen Systeme (z. B. Infrastrukturen oder Städte) auf ihre Resilienz zu beziehen. Vielmehr ist die Rolle von Machtstrukturen, Ziel- und Interessenskonflikten und Verteilungsfragen einzubeziehen. Für die Bearbeitung dieser Problemdimension stellt das Resilienzkonzept, egal in welcher Ausformulierung, keine angemessenen Angebote bereit. Hummel (2017) hat sich daher dafür ausgesprochen, Resilienz im Hinblick auf Umwelt- und Nachhaltigkeitsprobleme ausschließlich auf einer deskriptiven bzw. analytischen Ebene zu verwenden, z. B. als ein Prüfkriterium für die Wirkung von bestimmten Maßnahmen auf die Systeme oder als Ausgangspunkt für eine zu bearbeitende Problembeschreibung. Kuhlicke (2018) weist zudem auf die diagnostische Funktion des Konzepts hin: „Es ist diagnostisch, da es die Frage nach der Krisenfestigkeit bzw. -sicherheit stellt. Dabei wird meist ein relationales Verständnis von Resilienz verfolgt, welches ein Objekt oder Individuum ins Verhältnis zu einer Bedrohung setzt, wobei kritische Infrastrukturen, Wohnquartiere, der städtische Wohnungsmarkt oder ganze Städte und Stadtregionen im Mittelpunkt der Überlegungen stehen“.

Umstritten ist in der Literatur, ob es sinnvoll ist, dem Resilienzkonzept auch eine normative Funktion zuzugestehen. Autoren wie Kuhlicke (2018) setzen hier auf eine Leitbildfunktion. Bemühe man das Leitbild einer resilienten Stadt, so könnten Merkmale wie Robustheit, Redundanz, Diversität, Reflexivität oder Dezentralisierung für die zukünftige Stadtentwicklung mobilisiert werden. Allerdings stünde die Übersetzung des „abstrakten Leitbildes“ in die Praxis der Stadtplanung oder Kommunalpolitik noch aus. Libbe et al. (2018) haben in einer Untersuchung für das Umweltbundesamt keine Möglichkeit gesehen, auf dem Resilienzbezug Leitbilder zur zukunftsfähigen Gestaltung von Infrastrukturen zu entwickeln. Allein auf dem Konzept der Resilienz selbst aufbauend lassen sich jedoch Hummel (2017) zufolge zumindest keine umfassenden politischen Strategien formulieren. Wenn die sozial-ökologische Forschung hier emanzipatorische Strategien entwickeln will, ist es angemessener, wenn sie hier auf expliziten normativen Begriffen aufbaut, etwa auf dem Konzept der Nachhaltigkeit oder dem Begriff der Klimagerechtigkeit.

Innerhalb von politischen Entscheidungen, die sich an Nachhaltigkeit oder Klimagerechtigkeit orientieren, kann aber der Resilienz eine konkrete Rolle zugewiesen werden. Dabei ist umgekehrt darauf zu achten, dass Resilienz eine konkrete Bedeutung erhält, um das analytische Potenzial der Resilienz, etwa im Sinne der technischen Resilienz, auszuschöpfen. Ansonsten ist die Gefahr groß, dass Resilienz zu einer reinen Absichtserklärung ohne Transformationspotenzial wird.

Literaturverzeichnis

- Alexander, David E. (2013): Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey. *Natural Hazards & Earth System Science* Vol. 13, S.2707-2716.
- Barthel, Stephan, Christian Isendahl (2013): Urban gardens, agriculture, and water management: Sources of resilience for long-term food security in cities. *Ecological Economics*, Vol. 86, S. 224-234.
- Benson, Melinda Harm, Robin Kundis Craig (2014): *The End of Sustainability. Society and Natural Resources*, Jg. 27, Nr. 7, S. 777-782.
- Brand, Fridolin Simon, Kurt Jax (2007): Focusing the Meaning(s) of Resilience: Resilience as a Descriptive Concept and a Boundary Object. *Ecology and Society*, Jg. 12, Nr. 1. <http://www.ecologyandsociety.org/vol12/iss1/art23/> (27.04.2020).
- Brand, Fridolin Simon (2009): *Resilience and Sustainable Development: an Ecological Inquiry*. Dissertation Technische Universität München.
- Brand, Fridolin, Deborah Hoheisel, Thomas Kirchhoff (2011): Der Resilienz-Ansatz auf dem Prüfstand: Herausforderungen, Probleme, Perspektiven. In: Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (Hrsg.): *Landschaftsökologie. Grundlagen, Methoden, Anwendungen*, S. 78-83.
- Brunnengräber, Achim, Kristina Dietz (2016): Klimagerechtigkeit. In: Sybille Bauriedel (Hrsg.): *Handbuch Klimadebatte*. Bielefeld, S. 157-162.
- Bürgow, Grit, Thomas Kluge, Angela Million, Engelbert Schramm, Martina Winker (2014): Das Memorandum "Klimagerechte Stadt". Ein Aufruf an Politik, Wissenschaft und Akteure aus der Praxis. *Planerin*, Nr. 6, 45-47.
- Charlton, Murray, N., Jacqui E. Milne, Winston G. Booth, Fausto Chiochio (1993): Lake Erie offshore in 1990: Restoration and resilience in the central basin. *Journal of Great Lakes Research*, Nr. 19, S. 291–309.
- Coaffee, Jon (2008): Risk, resilience, and environmentally sustainable cities. *Energy Policy*, Jg. 36, Nr. 12, S. 4633-4638.
- Coaffee, Jon, David Murakami Wood, Peter Rogers (2009): *The everyday resilience of the city. How Cities Respond to Terrorism and Disaster*. Basingstoke.
- De Flander, Katleen, Ulf Hahne, Harald Kegler, Daniel Lang, Rainer Lucas, Uwe Schneidewind, Karl-Heinz Simon, Mandy Singer-Brodowski, Matthias Wanner, Arnim Wiek (2014): Resilienz und Reallabore als Schlüsselkonzepte urbaner Transformationsforschung: Zwölf Thesen. *GAIA*, Jg. 23, Nr. 3, S. 284-286.

- Folke, Carl (2006): Resilience: The emergence of a perspective of social ecological systems analyses. *Global Environmental Change*, Nr. 16, S. 253-267.
- Folke, Carl (2016): Resilience (Republished). *Ecology & Society*, Jg. 21, Nr. 4, S. 44.
- Folke, Carl, Thomas Hahn, Per Olsson, Jon Norberg (2005): Adaptive Governance of Social-Ecological Systems. *Annual Review of Environment and Resources*, Nr. 30, S. 441-473
- Gleich, Arnim von, Stefan Gößling-Reisemann, Sönke Stührmann, Peer Woizeschke, Birgitt Lutz-Kunisch (2010): Resilienz als Leitkonzept – Vulnerabilität als analytische Kategorie. In: Klaus Fichter et al. (Hrsg.) (2010): Theoretische Grundlagen für erfolgreiche Klimaanpassungsstrategien. *nordwest2050-Berichte*, Nr. 1, Bremen/Oldenburg, S. 13-49.
- Gunderson, Lance H., Crawford Stanley Holling (Hg.; 2002): *Panarchy: Understanding transformations in human and natural systems*. Washington, DC.
- Höhler, Sabine (2014): Resilienz: Mensch – Umwelt – System. Eine Geschichte der Stressbewältigung von der Erholung zur Selbstoptimierung. *Zeithistorische Forschungen/Studies in Contemporary History*, Nr. 11, S. 425-443.
- Höhler, Sabine (2016): Resilienz. In: Sybille Bauriedel (Hrsg.): *Handbuch Klimadebatte*. Bielefeld, S. 261-267.
- Holling, Crawford S. (1973): Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, Nr. 4, S.1-23.
- Hummel, Diana (2017): Von der Nachhaltigkeit zur Resilienz? Der Diskurs in Ökologie und Umweltpolitik. In: *medico international* (Hrsg.): *Fit für die Katastrophe? Kritische Anmerkungen zum Resilienzdiskurs im aktuellen Krisenmanagement*. Gießen, S. 109-123.
- Hummel, Diana, Thomas Jahn, Engelbert Schramm (2011): *Social-Ecological Analysis of Climate Induced Changes in Biodiversity – Outline of a Research Concept*. Knowledge Flow Paper, Nr. 11.
- ICLEI – Local Governance for Sustainability (2020): *Resilient Cities congress series*. https://iclei.org/en/Resilient_Cities.html (31.08.2020).
- Jeppesen, Erik, Martin Søndergaard, Jens Peder Jensen, Karl E. Havens, Orlane Anneville, Laurence Carvalho, Michael F. Coveney, Rainer Deneke, Martin T. Dokulil, Bob Foy, Daniel Gerdeaux, Stephanie E. Hampton, Sabine Hilt, Külli Kangur, Jan Köhler, Eddy H. H. R. Lammens, Torben L. Lauridsen, Marina Manca, Maria R. Miracle, Brian Moss, Peeter Nõges, Gunnar Persson, Geoff Phillips, Rob Portielje, Susana Romo, Claire L. Schelske, Dietmar Straile, Istvan Tatrai, Eva Willén, Monika Winder (2005): Lake responses to reduced nutrient loading – an analysis of contemporary data from 35 European and North American long term studies. *Freshwater Biology*, Nr. 50, S. 1747-1771.

- Juan-Garcia, Paul, David Butler, Joaquim Comas, Geoff Darch, Chris Sweetapple, Arthur Thornton, Lluís Corominas (2017): Resilience theory incorporated into urban wastewater systems management. State of the art. *Water Research*, Nr. 115, S. 149-161.
- Kirchhoff, Thomas (2007): Systemauffassungen und biologische Theorien. Zur Herkunft von Individualitätskonzeptionen und ihrer Bedeutung für die Theorie ökologischer Einheiten. *Beiträge zur Kulturgeschichte der Natur*, Nr. 16. Freising.
- Kuhlicke, Christian (2018): Resiliente Stadt In: Rink, Dieter, Annegret Haase(Hrsg.): *Handbuch Stadtkonzepte: Analysen, Diagnosen, Kritiken und Visionen*. Opladen/Toronto, S. 359-380.
- Libbe, Jens, Ulrich Petschow, Jan Trapp (2018): Diskurse und Leitbilder zur zukunftsfähigen Ausgestaltung von Infrastrukturen. Abschlussbericht Teil 1 im Rahmen des Projekts "Notwendigkeiten und Möglichkeiten zur klimaresilienten und zukunftsfähigen Ausgestaltung von nationalen und grenzüberschreitenden Infrastrukturen" (Ufo-Plan Forschungskennzahl 3714 48 101 0). *Climate Change*, Nr. 33.
- Little, John C., Erich T. Hester, Cayelan C. Carey (2016): Assessing and Enhancing Environmental Sustainability – A Conceptual Review. *Environmental Science & Technology*, Jg. 50, Nr. 13, S. 6830-45.
- Lundborg, Tom, Nick Vaughan-Williams (2011): Resilience, critical infrastructure, and molecular security: The excess of "life" in biopolitics. *International Political Sociology* Jg. 5., Nr. 4, S. 367-383.
- Matzinger, Andreas, Beat Müller, Pius Niederhauser, Martin Schmid, Alfred Wüest (2010): Hypolimnetic oxygen consumption by sediment-based reduced substances in former eutrophic lakes. *Limnology and Oceanography* Jg. 55, Nr. 5, S. 2073-2084.
- Matzinger, Andreas, Malte Zamzow, Mathias Riechel, Erika Pawlowsky-Reusing, Pascale Rouault (2018): Quantitative Beschreibung der Resilienz urbaner Wassersysteme. In: Schmitt, T. G. (Hrsg.): *Regenwasser in urbanen Räumen - aqua urbanica trifft RegenwasserTage*. Schriftenreihe Wasser Infrastruktur Ressourcen, Bd. 1. Landau i.d. Pfalz, S. 119–127.
- Meerow, Sara, Joshua P. Newell, Melissa Stults (2016): Defining urban resilience: A review. *Landscape & Urban Planning*, Nr. 147, S. 38-49.
- Mugume, Seith N., Diego E. Gomez, Guangtao Fu, Raziye Farmani, David Butler (2015): A global analysis approach for investigating structural resilience in urban drainage systems. *Water Research*, Nr. 81, S. 15–26.
- Pickett, Steward. T. A., Mary L. Cadenasso, Morgan Grove (2004): Resilient cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms. *Landscape and Urban Planning*, Jg. 69, Nr.4, S. 369-384.

- Rogers, Peter (2016): The etymology and genealogy of a contested concept. In: Chandler, David, Jon Coaffee (Hrsg.): The Routledge Handbook of International Resilience. London/New York, S. 13-25.
- Scheffer, Marten, S. Harry Hosper, Marie Louise Meijer, Brian Moss, Erik Jeppsen (1993): Alternative equilibria in shallow lakes. Trends in Evolution and Ecology, Jg. 8, Nr. 8, S. 275-279.
- Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Wohnen (2015): 09.01 Umweltgerechtigkeit (Ausgabe 2015). Geoportal Berlin. <https://fbinter.stadt-berlin.de/fb/> (27.04.2020).
- Sharifi, Ayyoob, Yoshiki Yamagata (2016): Principles and criteria for assessing urban energy resilience: A literature review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Nr. 60, S. 1654-1677.
- Tusaie, Kathleen, Janyce Dyer (2004): Resilience: A Historical Review of the Construct. Holistic Nursing Practice, Nr. 1, S. 3-8.
- UN Habitat (2018): What Is Urban Resilience? <http://urbanresiliencehub.org/what-is-urban-resilience/> (27.04.2020).
- Vernon, R. Fox (2004): A Brief History of Resilience. In: Caroline S. Clauss-Ehlers et al. (Hrsg.): Community Planning to Foster Resilience in Children. Boston, S. 13-26.
- Walker, Brian, Lance Gunderson, Ann Kinzig, Carl Folke, Steve Carpenter, Lisen Schultz (2006): A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. Ecology and Society, Jg. 11, Nr. 1.