



HINTERGRUND // APRIL 2022

Herausforderungen und Chancen einer ressourcenschonenden Stadt- und Infrastrukturentwicklung

Für Mensch & Umwelt

**Umwelt 
Bundesamt**

HINTERGRUND // APRIL 2022

Herausforderungen und Chancen einer ressourcenschonenden Stadt- und Infrastrukturentwicklung

Inhalt

1 Einleitung	5
2 Infrastrukturgestaltung, Ressourcenschonung und Stadtentwicklung: Wie hängt das zusammen?	7
2.1 Direkte Ressourceneinsparpotentiale bei Gebäuden und Siedlungen	8
2.2 Potentiale zur Ressourcenschonung durch Infrastrukturentwicklung	11
2.3 Potentiale zur Ressourcenschonung an der Schnittstelle von Stadtentwicklung und Infrastrukturgestaltung	14
3 Planung, Kooperation und Kommunikation: Geeignete Werkzeuge für Ressourcenschonung in Kommunen?	16
3.1 Formelle Planungsinstrumente	16
3.2 Informelle Planungsinstrumente	19
3.3 Kommunikation und Kooperation	21
3.4 Instrumente der Stadtentwicklung zur Ressourcenschonung: Zwischenfazit	22
4 Herausforderungen bei der Verankerung einer Ressourcenperspektive in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung	24
5 Integration der Ressourcenperspektive in die Stadt- und Infrastrukturentwicklung: Sieben punktuelle Empfehlungen	26
6 Fazit und Ausblick	30
Literatur	32

1 Einleitung

Welche Rolle spielen Belange der Ressourcenschonung in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung? Wo liegen geeignete Handlungsfelder, vielversprechende Potentiale und was sind zentrale Stellschrauben zur Stärkung dieses Umweltaspekts in der kommunalen Planungspraxis? Das vorliegende Hintergrundpapier widmet sich diesen Fragen, indem es gezielt die Schnittstelle von Ressourcenschonung¹, Infrastrukturentwicklung und Stadtentwicklung betrachtet. Es greift damit einen Schwerpunkt auf, den das Umweltbundesamt (UBA) in der strategischen Forschungsagenda zum urbanen Umweltschutz als zentrale Thematik identifiziert hat (UBA 2018). Ziel des Papiers ist es, anhand von Praxisbeispielen und aktuellen Forschungsergebnissen aufzuzeigen, wo Möglichkeiten liegen (z. B. konkrete Maßnahmen/Instrumente), um die Ressourcenschonung im Kontext der Stadt- und Infrastrukturentwicklung stärker zu berücksichtigen, und welche Umweltschutzpotentiale vorliegen. Als Debattenbeitrag soll dieses Papier die Aufmerksamkeit und Sensibilität für die Schonung natürlicher Ressourcen in der Planungspraxis erhöhen. Eine Festlegung auf bestimmte Stadttypen oder -größen wird nicht vorgenommen, da sich je nach Ausgangslage (Bevölkerungsdichte, Bebauungsdichte, Pendlerströme, Wirtschaftsverflechtungen, Verwaltungsstrukturen etc.) und Raumbezügen unterschiedliche Perspektiven und Fragestellungen ergeben (vgl. UBA 2018: 19). Dieses Hintergrundpapier richtet sich an ein Fachpublikum aus Planungspraxis, Wissenschaft und Forschung sowie Entscheidungsträger*innen auf Bundes-, Landes- und kommunaler Ebene.

Inhaltlich im Vordergrund steht der Ressourceneinsatz für den Aus- und Umbau von Gebäuden und Quartieren und den damit verbundenen technischen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen. So findet in wachsenden Städten bzw. Ballungsräumen eine hohe Ressourceninanspruchnahme durch Bautätigkeit u.a. zur Deckung des Wohnraumbedarfs statt². Diese wird sich mit den aktuellen politischen Plänen zur

Schaffung von bis zu 400.000 neuen Wohneinheiten pro Jahr (Koalitionsvertrag von SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021) voraussichtlich weiter steigern. Für die technischen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen ergibt sich angesichts des Sanierungsbedarfs und Rückstaus bei der Erneuerung der Kanalnetze, Straßen und sonstigen Anlagen in vielen deutschen Kommunen ein besonders relevanter Zeitpunkt, um Belange der Ressourcenschonung stärker zu berücksichtigen (vgl. auch UBA 2018). Hier bestehen für die Kommunen Planungs- und Entscheidungsspielräume, die einen wesentlichen Einfluss auf den Ressourceneinsatz sowohl beim Bau als auch beim Betrieb der Infrastrukturen haben können. Ein zentraler Ansatzpunkt ist beispielsweise die Wiederverwendung von Materialien (wie Asphalt oder Betonteile³), die zu einer Verringerung des Bedarfs an natürlichen Ressourcen beiträgt sowie Materialeinsatz-, Abfall- und Entsorgungskosten reduziert. Ökologische und ökonomische Vorteile zeigen sich insbesondere bei einer Betrachtung der Infrastrukturen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg.

Für eine gezielte Operationalisierung von Belangen der Ressourcenschonung in den Kommunen eignet sich eine sektorübergreifende und integrative Herangehensweise. Insbesondere eine Verknüpfung der Thematik mit Belangen des Klimaschutzes scheint sehr sinnvoll, denn dafür sind in den meisten Kommunen bereits organisatorische, personelle und finanzielle Strukturen vorhanden (z. B. Stabstellen, Klimaschutzmanager, Klimaschutzstrategien), die genutzt werden könnten, um auch Belange der Ressourcenschonung zu integrieren. Da Klimaschutz- und Anpassungsmaßnahmen im urbanen Raum zudem sehr ressourcenintensiv sein können, ist eine Betrachtung von Wechselwirkungen mit der Ressourceninanspruchnahme essentiell.

1 Zur Begriffsklärung sei auf die UBA Homepage verwiesen: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcenschonung-in-der-umweltpolitik>, angerufen am 07.02.2022. Im Zentrum des Papiers steht die Betrachtung der Ressourcenschonung, d. h. ihre möglichst sparsame Nutzung. Die Umwelteffekte bei der Ressourcenbereitstellung, -weiterverarbeitung und -nutzung, also der Ressourcenschutz im weiteren Sinne, werden in diesem Kontext nicht vertiefend betrachtet.

2 Gleichzeitig gibt es einen regionalen Wohnungsleerstand bzw. wird es zukünftig zu Wohnraumüberhängen kommen, wodurch ebenfalls Ressourcen gebunden werden. Dieser Aspekt wird hier jedoch nicht betrachtet. Vgl. dazu z. B. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2020/wohnungsleerstand.html>

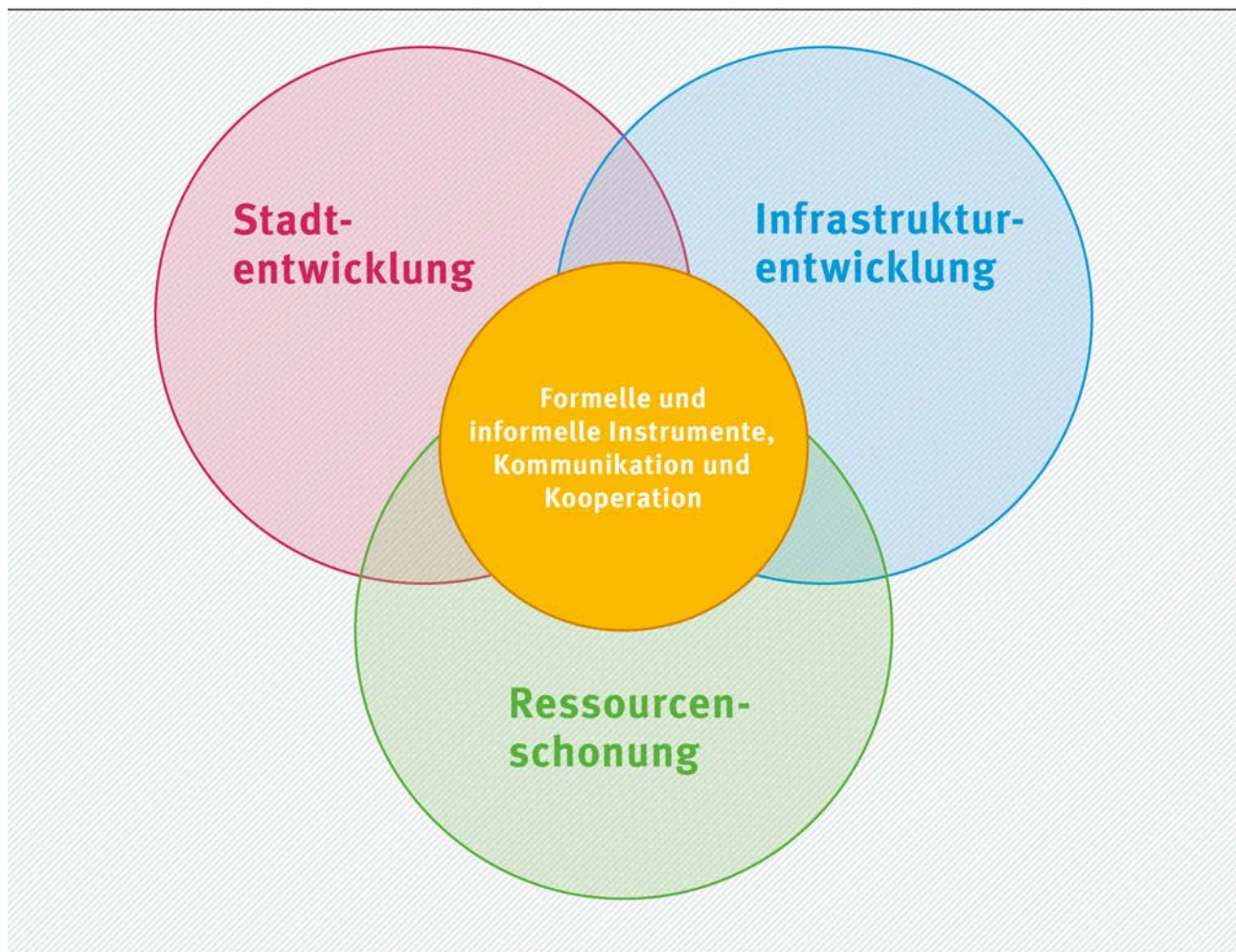
3 S. auch UBA 2021c: Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. TEXTE 93/2015.

Abbildung 1 gibt einen Überblick über die in diesem Hintergrundpapier betrachteten thematischen Schnittstellen, wobei der Fokus auf den formellen und informellen planerischen Instrumenten sowie Kooperations- und Kommunikationsmaßnahmen der Kommunen liegt.

Das folgende Kapitel skizziert zunächst Ressourceneinsparpotentiale im urbanen Kontext (Kap. 2). Anschließend werden konkrete Möglichkeiten der Einflussnahme auf die Ressourcenschonung anhand stadtplanerischer Instrumente aufgezeigt (Kap. 3). Darauf aufbauend werden Grenzen einer ressourcenschonenden Stadt- und Infrastrukturentwicklung erläutert (Kap. 4) und abschließend Empfehlungen für eine bessere Integration gegeben (Kap. 5).

Abbildung 1

Thematischer Kontext dieses Beitrages



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

2 Infrastrukturgestaltung, Ressourcenschonung und Stadtentwicklung: Wie hängt das zusammen?

Städte und ihr Umland sind Zentren menschlicher Aktivitäten und demnach auch „Hot Spots“ der Ressourceninanspruchnahme. Im Jahr 2020 lebten beispielsweise rund 77,5 Prozent der Gesamtbevölkerung Deutschlands in Städten (Statista 2022). Rund 75 Prozent der natürlichen Ressourcen weltweit werden in Städten verbraucht (UN Environment 2017). Demnach stellt der urbane Raum ein besonderes Handlungsfeld für einen schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen dar. Gegenüber den ländlichen Räumen sind Städte hinsichtlich der Flächenneuanspruchnahme und der individuellen Mobilität aufgrund kompakterer Bauweisen und kürzerer Wege zwar zumeist umweltschonender, doch allein die Konzentration der Bevölkerung in dicht besiedelten Ballungsräumen und Städten bewirkt auch eine Konzentration des Ressourcenverbrauchs in diesen Räumen. Eine besonders hohe Ressourceninanspruchnahme liegt im Bereich der Gebäude und Infrastrukturen. Sie verursachen sowohl beim Bau als auch in der Nutzungsphase einen hohen Bedarf an Rohstoffen, Energie, Fläche und Wasser, was negative Umwelteffekte wie Versiegelung von Böden, Immissionen in Boden, Luft und Wasser sowie Treibhausgasemissionen (z. B. bei der Herstellung von Baustoffen oder durch Transporte) verursacht (UBA 2018a, Pannicke-Prochnow et al. 2021). Damit rückt die Stadtentwicklung als Handlungsfeld für einen nachhaltigen Umgang mit den natürlichen Ressourcen immer stärker in das Blickfeld. Neben abiotischen und biotischen Rohstoffen gehören zu den natürlichen Ressourcen Wasser, Boden, Luft, die biologische Vielfalt und Flächen. Ihre Nutzung ist mit Eingriffen in den Naturhaushalt, mit Emissionen und anderen Umweltwirkungen verbunden. Gleichzeitig liefern sie die Grundlagen unseres Lebensstandards und sind Produktionsfaktoren. Sie dienen zugleich als Quellen (Wasser, Energie) und als Senken (bspw. für Kohlenstoff, Abfall) (UBA 2021).

Diese Ausgangslage zeigt, dass gerade in den für die Siedlungsentwicklung zentralen Bereichen Bauen und Infrastrukturentwicklung geeignete Maßnahmen erforderlich sind, um die Ressourcenschonung zu stärken. Denn der Trend zur Ausweitung der Wohn- und Siedlungsflächen und der damit verbundenen Infrastrukturen ist nach wie vor ungebrochen (UBA 2020) und erzeugt nicht zuletzt vor dem Hintergrund der aktuell hohen Wohnungs- und Infrastrukturbedarfe in Wachstumsregionen besonderen Handlungsbedarf. Demnach existieren auch bereits einige Initiativen, Programme und Strategien auf internationaler und nationaler Ebene, die sich der Thematik widmen (z. B. EEA 2015, URBACT 2021, WBGU 2016, BMI 2020, BMU 2020). Ein explizites Beispiel dafür ist das Flächensparziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie, welches vorsieht den täglichen Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsflächen (Flächenverbrauch) auf unter 30 Hektar bis zum Jahr 2030 zu begrenzen (Bundesregierung 2021). Das integrierte Umweltprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) formuliert für 2030 sogar ein Ziel von 20 Hektar pro Tag (BMUB 2016). Aktuell⁴ liegt der Flächenverbrauch allerdings noch bei 54 Hektar pro Tag (Destatis 2022), was zeigt, dass weiterer Handlungsbedarf besteht.

Eine aktuelle Studie des Umweltbundesamtes (Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE) hat gezeigt, dass Maßnahmen des Klimaschutzes (z. B. Treibhausgasneutralität) zumeist einen gewissen Ressourcenbedarf nach sich ziehen und es daher notwendig ist, diesen auch bei entsprechenden Handlungen einzubeziehen und möglichst gering zu halten (UBA 2019). Auch im kommunalen Kontext müssen die beiden Themenbereiche daher stärker miteinander verknüpft werden, wie es einige Kommunen bereits beispielhaft zeigen (vgl. Röse et al. 2020). Zudem können ressourcenschonende Maßnahmen auch direkte positive Effekte auf weitere Umweltschutzmaßnahmen ausüben, weshalb eine integrierte

⁴ 4-Jahres-Mittelwert der Jahre 2017 bis 2020.



Abb. 2: Die Zunahme von Bautätigkeiten machen die Ressourceninanspruchnahme unter anderem zu einem hoch relevanten Thema für die Stadtentwicklung

Betrachtung und quer zu routinierten Verfahrensabläufen sinnvoll scheint (z. B. Nutzung von Altpflaster für Bauprojekte und damit ressourcenschonende Materialbereitstellung, welche gleichzeitig auch Treibhausgasemissionen reduzieren kann, da keine neu produzierten Baumaterialien mit entsprechenden Emissionsrucksäcken nötig sind).

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden die Potenziale für eine verbesserte Ressourcenschonung auf Ebene von Gebäuden und Siedlungen, im Rahmen der Infrastrukturentwicklung sowie an den Schnittstellen von Infrastrukturgestaltung und Stadtentwicklung skizziert.

2.1 Direkte Ressourceneinsparpotentiale bei Gebäuden und Siedlungen

Dieser Abschnitt betrachtet den Materialeinsatz für die Errichtung von Gebäuden und technischer Infrastruktur und welche Potentiale sich für die Ressourcenschonung ergeben.

Ressourceneinsparpotentiale auf Gebäudeebene

Auf Gebäudeebene stehen zunächst die eingesetzten Baustoffe im Zentrum der Betrachtung. Berechnungen zufolge könnte der **Neubau** von zehn Holzhochhäusern nach dem Vorbild der Hamburger „Roots“ (Instrument: Grundstückskaufvertrag in Kombination mit einem Umweltzeichen, siehe Infobox 1) rund 100.000 Tonnen Beton und 10.000 Tonnen Stahl im Vergleich zur konventionellen Stahlbetonbauweise einsparen. In einem Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA wurde überschlägig errechnet, dass hierdurch auch rund 230.000 Tonnen klimaschädliches CO₂ vermieden werden könnten (Verbücheln et al. 2021). Dies ist auch vor allem darauf zurückzuführen, dass Holz als Langfristspeicher für CO₂ dient. Modellhafte Holzhochhäuser werden daher in verschiedenen Regionen Deutschlands bereits geplant

und erbaut (vgl. z. B. Berger 2019). Da die Holzbauweise mit einem erhöhten Bedarf dieses Rohstoffs einhergeht, ist allerdings eine nachhaltige Bewirtschaftung und die Vermeidung von Nutzungskonkurrenzen zu beachten (Verbücheln et al. 2021). Auch verdeutlichen aktuelle Entwicklungen (z. B. stark steigende Marktpreise), dass für Holz als Baumaterial eine nachhaltige Nutzung auch aus ökonomischen und sozialen Gesichtspunkten erforderlich ist (vgl. BMEL 2021). Ein kürzlich erschienenes Hintergrundpapier des UBA hat u. a. hierzu Empfehlungen vorgelegt (UBA 2021a).

INFOBOX 1 Einsatz informeller Instrumente beim Holzhochhaus „Roots“ in Hamburg^a

In der HafenCity Hamburg entsteht aktuell Deutschlands größtes Holzhochhaus. Das Grundstück zum Bau dieses Gebäudes wurde mittels Direktvergabe veräußert, allerdings in Kombination mit dem Umweltzeichen HafenCity, welches hohe Anforderungen formuliert. Die Zertifizierung ist eine Voraussetzung für die zeitlich befristete Reservierung (Anhandgabe) von Grundstücken der HafenCity. Investor*innen, die sich für die Bebauung von Flächen bewerben, müssen innerhalb eines Jahres das Zertifizierungssystem durchlaufen, um bauen zu können. Mit der Zertifizierung werden Qualitätsstandards in den Stufen Platin, Gold und Silber vergeben. Fünf Kategorien werden geprüft: nachhaltiger Umgang mit energetischen Ressourcen, nachhaltiger Umgang mit öffentlichen Gütern, Einsatz umweltfreundlicher Bauprodukte, besondere Berücksichtigung von Gesundheit und Behaglichkeit und nachhaltiger Gebäudebetrieb. Einige Anforderungen sind: Nutzungsmischung, gute Dämmung, Nutzung von Photovoltaik, keine Einträge von Kupfer und Zink über Dachabflüsse, Wasserverbrauchskennwerte, Stellplatzschlüssel von 0,4 oder niedriger, Carsharing-Konzept, Elektromobilität/Ladesäulen, umweltfreundliche Baustoffe (Bauteilvergleiche), Instandhaltung (z. B. Teppiche nicht verkleben), Gebäudebetriebshandbuch, Recyclingmöglichkeiten und Wiedernutzung von Bauteilen (incl. Dokumentation) und Hochwertigkeit des Recyclings. Es werden hohe Vertragsstrafen eingesetzt, um die Absprachen durchzusetzen – zudem besteht ein Wiederkaufsrecht durch die Stadt Hamburg.

^a entnommen aus Verbücheln et al. 2021

Abseits des Neubaus, der mit weiterer Bodenversiegelung und Eingriffen in den Naturhaushalt verbunden ist, ist die **Bestandsnutzung** wesentlich ressourcenschonender. In der Regel ist der Materialbedarf einer Sanierung um ca. zwei Drittel geringer als der eines Neubaus (UBA 2010: 8). Daher sollte eine Sanierung gegenüber dem Neubau möglichst immer bevorzugt werden. Bei Neubaumaßnahmen wirkt sich zudem der zusätzliche Flächenbedarf sowie der Rohstoffverbrauch für neu zu errichtende Infrastrukturen (Erschließungsstraßen, Abwasserkanäle etc.) aus Umwelt- und Nachhaltigkeitssicht negativ aus. Aus Perspektive der Ressourcenschonung sollte daher die Nutzung bereits erschlossener Gebiete durch Umnutzung (z. B. von Brachflächen) und Nutzung leerstehender Immobilien (wobei hierbei eigentumsrechtliche Aspekte gesondert zu beachten sind) sowie Nachverdichtung und Aufstockungen im Bestand Priorität haben. Auch bei Neubau und Neuplanungen sollten daher spätere Um- und Weiternutzungen mit einkalkuliert werden. Das Potential ist hoch, wie sich am Beispiel der Flächenneuanspruchnahme zeigt: Tichelmann et al. (2016) berechneten die Einsparung an zusätzlichem Bedarf für Siedlungs- und Verkehrsflächen bei Gebäudeaufstockungen. Durch Hinzufügen von Stockwerken zu geeigneten Gebäudebeständen können demnach in Deutschland um 3 bis 10 Hektar pro Tag an Flächenneuanspruchnahme eingespart und zudem 1,1 Millionen zusätzliche kostengünstige Wohnungen realisiert werden⁵. Es lag die Annahme zu Grunde, dass die Realisierung dieses Gesamtpotentials einen Zeitraum von zehn Jahren benötigt. Diese Berechnungen konzentrieren sich allerdings auf Regionen, in denen eine kompakte Stadtstruktur schon allein aufgrund des knappen Wohnraums sinnvoll ist. Regionen mit genügend freien Flächen, die reaktiviert werden könnten, wurden als nicht für die vertikale Verdichtung geeignet angesehen und daher von der Berechnung ausgeschlossen. Neben den Flächeneinsparungen kamen Tichelmann et al. (2016) zu dem Ergebnis, dass durch die Aufstockungsmaßnahmen bis zu 50 % des Energiebedarfs für die bereits bestehenden Wohnungen im Objekt eingespart werden kann (u. a. durch verbesserte Dämmleistung).

⁵ Es sei anzumerken, dass bei Erscheinen der referenzierten Studie andere Marktpreise, insbesondere für Bauholz, vorherrschten. Unter aktuellen Marktbedingungen (gestiegene Preise) können die Ergebnisse daher ggf. abweichen, da Aufstockungen häufig mittels Holzbauweise umgesetzt werden. Dies gilt es bei der Interpretation dieser Modellrechnungen zu beachten.

Wie bereits erwähnt können bei der Bestandsnutzung neben Flächen auch wertvolle Rohstoffe eingespart und schädliche Emissionen vermieden werden. Insbesondere die klimaschädlichen Baustoffe Stahl, Beton und Zement können eingespart werden. Dies bringt eine erhebliche Klimaschutzwirkung mit sich, da z. B. bei der Zementherstellung hohe Emissionen entstehen. Beim Brennen von Kalkstein zu (Zement-)Klinker werden sehr hohe Temperaturen benötigt (1.450 °C), was bei der Nutzung fossiler Brennstoffe zu hohen energiebedingten Emissionen führt. Zudem führt die chemische Reaktion beim Brennen zu einer Freisetzung von CO₂. Weitere Emissionen entstehen durch Transportaktivitäten, weshalb Zement insgesamt ein durchschnittliches Treibhausgaspotential von 587 kg CO₂-Äquivalenten pro Tonne in Deutschland vorweist (WWF 2019).

Aufgrund des Bestandsschutzes sind die meisten formell planerischen Festlegungen im Bestand jedoch nur schwer umsetzbar (abseits der städtebaulichen Sanierungsmaßnahme). Wie in Kapitel 3 noch näher beschrieben wird, spielen an dieser Stelle deshalb kommunale Förderprogramme und gute Beratungsstrukturen eine wichtige Rolle.

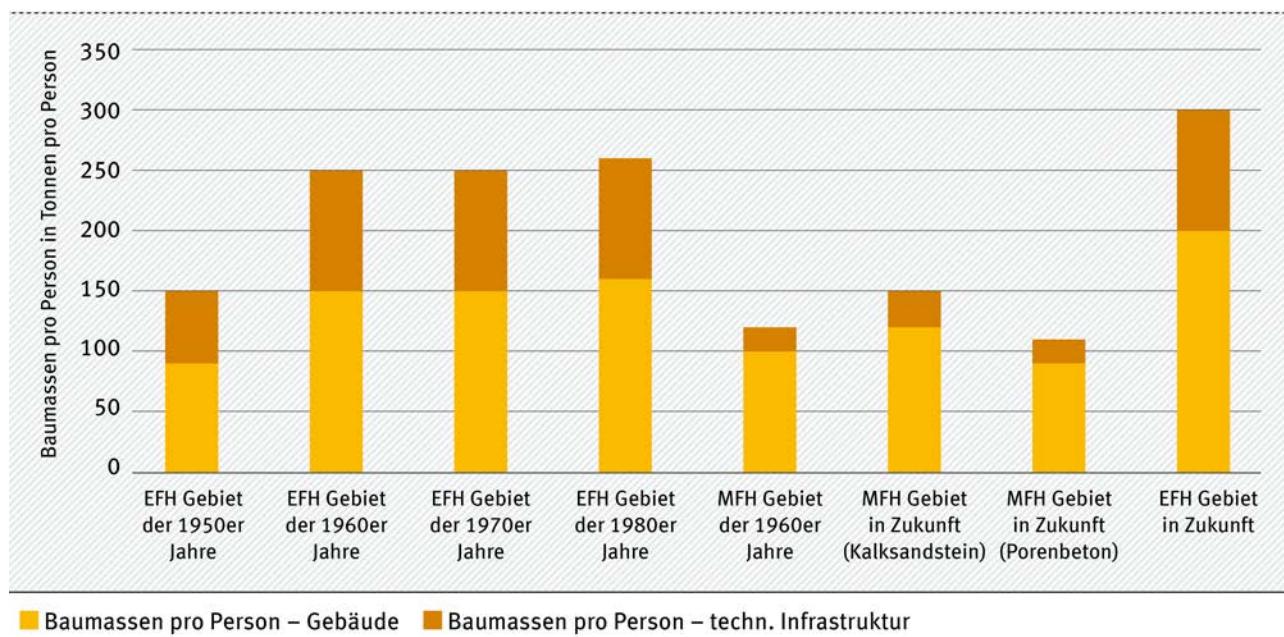
Ressourceneinsparpotentiale auf Quartiers- und gesamtstädtischer Ebene

Abseits des Einzelgebäudes zeigen fallstudienbasierte Modellrechnungen zu Siedlungstypen, dass pro Kopf erhebliche Mengen Baustoffe für Gebäude und technische Infrastruktur eingespart werden können – je nachdem wie ein Baugebiet geplant wird. Abbildung 3 stellt die Unterschiede für **Ein- und Mehrfamilienhaussiedlungen** unterschiedlicher Altersklassen und für den künftigen Neubau in zwei untersuchten Mittelstädten mit ca. 30.000 Einwohner*innen dar.

Insbesondere der Blick auf künftige Siedlungsgebiete zeigt, dass Einfamilienhausgebiete pro Person mindestens doppelt so materialintensiv einzuschätzen sind wie Mehrfamilienhausgebiete. Auffällig ist, dass insbesondere die technische Infrastruktur für Einfamilienhausgebiete einen höheren Rohstoffbedarf im Vergleich zu Mehrfamilienhausgebieten erzeugt. Dies deckt sich auch mit Untersuchungen von Schiller et al. (2009), welche zeigten, dass der Rohstoffaufwand für technische Erschließungssysteme mit abnehmender Bebauungsdichte überproportional steigt. In der erwähnten Studie wurde dieser Befund mit der Faustregel „Halbe Dichte entspricht doppeltem Erschließungsaufwand pro Wohneinheit“ zusammengefasst. Zudem sind auch die Kosten beim Betrieb der leitungsgebundenen Infrastruktur (z. B. Wasserinfrastruktur, Wärmenetze) pro laufendem Meter Rohrleitung umso höher, je weniger Haushalte angeschlossen sind (ebenda).

Abbildung 3

Materialintensität von Ein- und Mehrfamilienhausgebieten



Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

Auswirkungen auf die Ressourceninanspruchnahme ergeben sich auch durch eine Veränderung des **Stellplatzschlüssels** (Instrument: Abweichender Stellplatzschlüssel im B-Plan oder kommunale Stellplatzsatzung). Anhand des Baugebiets „Mark Twain Village“ in Heidelberg, in welchem der Stellplatzschlüssel auf 0,67 reduziert wurde (üblich sind Stellplatzschlüssel von mind. 1), resultieren bei Hochrechnung auf 25.000 Wohneinheiten Einsparpotentiale von rund 320.000 Tonnen Beton, 35.000 Tonnen Mauersteinen und 30.000 Tonnen Stahl. Dies geht insbesondere auf die Annahme zurück, dass die Stellplätze in Tiefgaragen zur Verfügung gestellt werden (Verbücheln et al. 2021). Ergänzend sind auch Erstellungskosten ein wichtiges Argument gegen Stellplätze/Tiefgaragen (ebenda).

2.2 Potentiale zur Ressourcenschonung durch Infrastrukturentwicklung

Wie bereits bei den Ausführungen zu Siedlungsgebieten erwähnt, sind die technischen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen (d. h. die Energie- und Trinkwasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Mobilitätsinfrastruktur sowie Informations- und Kommunikationstechnologien/IKT) ein zentrales Handlungsfeld, auf welches im Folgenden näher eingegangen wird. Mit ihnen werden enorme Ströme an Energie, Wasser, Verkehr und Gütern verteilt und gelenkt, gleichzeitig ist der Bau und der Betrieb der technischen Anlagen mit einem hohen Ressourcenbedarf verbunden. In der Art und Weise, wie die Gestaltung und Planung der Infrastrukturen erfolgen, liegt demnach ein Schlüssel für die Einsparung von Ressourcen. Besonders relevant ist dies auch vor dem Hintergrund des aktuell hohen Bedarfs an Erneuerung der technischen Infrastrukturen in vielen Kommunen (s. auch KFW 2017, UBA 2018). Aus Umweltsicht bedeutet eine zukunftsfähige Gestaltung urbaner Infrastrukturen, dass sie erneuerbare Energien nutzen, aktive Mobilität und ÖPNV gegenüber dem motorisierten Individualverkehr (MIV) stärken, eine nachhaltige Bewirtschaftung des urbanen Wasserhaushalts unterstützen, Anreize für eine ressourcenschonende Kreislaufwirtschaft setzen und nicht zuletzt sozial- und umweltverträglich sind (s. auch UBA 2018: S. 33ff). Eine nachhaltige Infrastrukturentwicklung ist damit auch ein zentraler Baustein für eine ressourcenschonende Stadtentwicklung.

INFOBOX 2 URBANE INFRASTRUKTUREN ALS SOZIO-TECHNISCHE SYSTEME

In diesem Beitrag werden unter Infrastrukturen die urbanen Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen verstanden. Dies umfasst die Wasser- und Energieversorgung, die Abwasser- und Abfallentsorgung, Mobilität sowie Informations- und Kommunikationstechnologien. Sie sind geprägt durch ihre materiellen Strukturen (bspw. Netze und durch diese gelenkte Stoffflüsse) ebenso wie durch Industrie- und Nutzungsstrukturen (bspw. Praktiken der Nutzung von Infrastrukturdienstleistungen) und Governancestrukturen (bspw. bei der Planung kommunaler Infrastrukturen). Technische Infrastrukturen sind als physische Struktur in komplexe Infrastruktursysteme eingebettet, die dadurch geprägt sind, dass technische und soziale Komponenten in enger Wechselbeziehung zueinanderstehen. Sie werden entsprechend als sozio-technische Systeme verstanden (vgl. Schmidt/Monstadt 2018, UBA 2018).

Ressourceneinsparpotentiale bei Bau und Instandsetzung von Infrastrukturen

Der Bestand an gebauten, technischen Infrastrukturen für die Ver- und Entsorgung unserer Siedlungsräume, wie Straßen, Abwasserkanäle oder Strom- und Gasleitungen, ist enorm. Damit ist ein umfangreiches anthropogenes Materiallager entstanden, das aus Umweltsicht einer Sekundärnutzung zugeführt werden sollte. Diese in Bauwerken, Infrastrukturen, Verkehrsgütern und sonstigen langlebigen Gütern bereits verwendeten Materialien können ein wertvolles Reservoir an Sekundärrohstoffen darstellen. Der Aspekt wird aktuell unter dem Begriff „Urban Mining“ diskutiert und stellt den Versorgungaspekt urbaner Räume im Sinne eines Rohstofflagers in den Fokus (Infobox 3). Dabei geht es um die effektive Bewirtschaftung des vor allem in urbanen Verdichtungsräumen vorzufindenden anthropogenen Materiallagers. Der Aspekt wird in diesem Beitrag jedoch nicht weiter vertieft (weiterführend hierzu s. UBA 2017, UBA 2021b).

Über Baumaterialien hinaus benötigen Errichtung und Betrieb von Infrastrukturen auch entsprechende Energie- und Flächenressourcen. Aufgrund der Langlebigkeit der gebauten Infrastruktur sind die Anlagen zudem auch langfristig mit einer hohen Ressourceninanspruchnahme verbunden (dies gilt insbesondere für die Energieinfrastruktur, die in der Nutzungsphase den höchsten Ressourcenbedarf erzeugt). Das im Auftrag des UBA durchgeführte Vorhaben RELIS hat in Stoffstromanalysen aufgezeigt, dass eine heute getroffene Entscheidung für eine aktuelle Netzerweiterung die Ressourceninanspruchnahme einer Infrastruktur auch künftig, während der weiteren Betriebszeit der Infrastruktur, erhöhen wird (Trapp et al. 2017: 66ff). Einerseits stellt die lange Nutzungsdauer vieler Infrastrukturkomponenten eine Stärke dar, die den hohen Aufwand für ihre Errichtung ökonomisch rechtfertigt. Andererseits werden die Systeme durch die für lange Nutzungsdauern festgelegten physischen Strukturen aber auch unflexibler (ebd.). Aufgrund der Größe der gebauten Anlagen, ihrer räumlichen Ausdehnung und Vernetzung sowie den aufgewendeten Kosten und langen Abschreibungszeiträumen entwickeln sie ein großes Beharrungsvermögen, was zu Pfadabhängigkeiten führt und eine Anpassung an geänderte Rahmenbedingungen, wie die Auswirkungen des Klimawandels oder veränderte Nutzungsmuster durch z. B. rückläufige Bevölkerungszahlen, behindert. Über die technischen Komponenten hinaus sind Infrastrukturen als soziotechnische Systeme zudem immer auch in ihrem institutionellen Kontext zu sehen (UBA 2018). Ihre Anpassung und ressourcenschonende Weiterentwicklung können nur im Zusammenspiel mit gesellschaftlichen Übereinkünften wie Normen und technischen Regelwerken (s. z. B. im Kontext Smart Cities: Schnabel et al. 2020) oder auch vor dem Hintergrund ihrer Einbettung in nach wie vor sektoral ausgerichtete Organisationsstrukturen erfolgen.

INFOBOX 3 URBAN MINING: BEWIRTSCHAFTUNG DES ANTHROPOGENEN MATERIAL- LAGERS

Das Thema Urban Mining adressiert die in der gebauten Infrastruktur „versteckten“ oder gebundenen Materialien und Rohstoffe, die durch Recycling und Wiederverwendung einer Sekundärnutzung zugeführt werden können. Urban Mining ist „die integrale Bewirtschaftung des anthropogenen Lagers mit dem Ziel, aus langlebigen Gütern sowie Ablagerungen Sekundärrohstoffe zu gewinnen. Dabei spielt es keine Rolle, ob die Güter noch aktiv genutzt und erst in absehbarer Zukunft freigesetzt werden oder ob sie bereits das Ende ihres Nutzungshorizonts erreicht haben. Sie alle sind Teil der Betrachtung. Anders, als der Name vermuten lässt, bezieht sich Urban Mining nicht allein auf die Nutzung innerstädtischer Lager, sondern befasst sich vielmehr mit dem gesamten Bestand an langlebigen Gütern. Darunter fallen beispielsweise Konsumgüter wie Elektrogeräte und Autos, aber auch Infrastrukturen, Gebäude und Ablagerungen auf Deponien.“ (UBA 2021b)

Ressourceneinsparpotentiale durch sektorübergreifende Vernetzung

Eine Frage, die sich vor dem Hintergrund der Energie- und der Verkehrswende, dem Klimaschutz und der Digitalisierung stellt, ist, welche Potentiale zur Ressourceneinsparung die Vernetzung an der Schnittstelle verschiedener Infrastruktursektoren bietet. Die verschiedenen Infrastruktursysteme stehen in Wechselbeziehungen und Abhängigkeiten miteinander. Viele Ressourceneinsparpotentiale lassen sich erst durch eine sektorübergreifende Betrachtung realisieren, indem Potentiale für Kopplungen und systemübergreifende intelligente Steuerung genutzt werden. Ein konkretes Beispiel ist die Kopplung von regenerativer Energieerzeugung aus Windkraft und Biogas mit der Wärme- und der Stromerzeugung, wie das Beispiel des hybriden Kraftwerks Prenzlau zeigt. Aus überschüssiger Windenergie wird durch „Power-to-Gas“ Wasserstoff gewonnen, der in das bestehende Gasnetz eingespeist wird. Damit kann auf bereits bestehende Infrastruktur zurückgegriffen werden und ist keine ressourcenintensive Errichtung neuer Infrastruktur erforderlich (Trapp et al. 2017).

In windschwachen Zeiten kann der Wasserstoff wieder in Strom umgewandelt und in das Netz eingespeist werden, wodurch fossile Brennstoffe eingespart sowie THG-Emissionen und Luftschadstoffe verringert werden. Zusätzlich kann der Wasserstoff mit Biogas in Blockheizkraftwerken in Strom umgewandelt werden, um windarme Zeiten mit hohem Bedarf an Strom zu überbrücken. Darüber hinaus stellt das Hybridkraftwerk auch Wärme bereit. Eine Verknüpfung mit dem Mobilitätssektor und Einspeisung von Wasserstoff als CO₂-freiem Kraftstoff kann zu weiteren Einsparungen von Primärenergieträgern und der Weiternutzung der vorhandenen Infrastruktur (Tankstellennetz) beitragen (ebd.: 293ff).

Ein Beispiel, das einen Beitrag im Kontext der Wärmewende leisten kann, ist die Nutzung der Abwärme des Abwassers, das in dicht besiedelten Siedlungsräumen in großen Mengen anfällt. Für Nordrhein-Westfalen wurde beispielsweise ein Potenzial von jährlich 500 – 2.000 MW Heizleistung durch die Nutzung der Abwärme aus Abwasser berechnet (Trapp et al. 2017: 306). Der Energie-Atlas Bayern geht von einem Potential von 60 Litern Abwasser pro Tag und Einwohner*in mit einer Temperatur von rund 30 °C aus. Unter idealen Bedingungen könnte mit dem Abwasser von zehn Haushalten die Wärmeversorgung eines Haushalts sichergestellt werden (StMWi 2021). Neben ausreichenden Abwassermengen und geeigneten Wärmeabnehmern zählen zu den Voraussetzungen eine geringe Entfernung zwischen Kanalisation und Wärme-Abnehmer sowie das Fehlen von preisgünstigen alternativen Energieträgern wie Fernwärme. Bereits entwickelte Energie-Karten und eine Abwärmebörse zielen darauf ab, die weitere Ausbreitung des Ansatzes zu unterstützen, indem Anbieter*innen und Nutzer*innen zusammengebracht werden.

In der Literatur sind bereits zahlreiche realisierte Einzelbeispiele zur Abwasserwärmenutzung dokumentiert (s. z. B. Buri/Kobel 2004, Fritz/Butz 2015) und Leitfäden (z. B. LfU 2008) belegen, dass Konzepte längst vorhanden sind. Für eine flächendeckende Umsetzung der Wärmewende müssen solche Konzepte jedoch systematischer in die Umsetzung gebracht werden.

Ressourceneinsparpotentiale durch Nutzungsänderung

Nicht nur in Bau, Betrieb und Instandhaltung von Infrastrukturen können Potenziale für eine nachhaltige Nutzung natürlicher Ressourcen liegen, sondern auch bei der Nutzung von Infrastrukturdienstleistungen. Untersuchungen zeigen, dass durch entsprechende Nutzungskonzepte gegebenenfalls deutlich höhere Potenziale für die Ressourcenschonung gehoben werden als durch die Infrastruktur selbst an (zusätzlicher) Ressourceninanspruchnahme verursacht wird (Trapp et al. 2017).

So existiert bereits eine Reihe von guten Beispielen, wie z. B. intelligente Konzepte der Wärmeversorgung, welche Abwärme als Ressource wiederverwerten. Bei der Bewertung der Ressourceninanspruchnahme bleibt häufig jedoch ausgeblendet, welche Auswirkungen eine Umgestaltung von Infrastrukturen auf deren Nutzung und den damit verbundenen Ressourceneinsatz hat. So kann ein Umbau auch die Grundlage für einen ressourcenschonenderen Betrieb (z. B. energieeffizienterer Betrieb durch den Ausbau der Schienenverkehrsinfrastruktur) oder Nutzungsverhalten (z. B. multimodale Mobilität durch Ausbau der IKT-Infrastruktur) darstellen. Fallstudien aus Trapp et al. (2017) in den Bereichen „Verkehr – Energie“ und „Innovationen im Verkehrsbereich“ zufolge können Infrastrukturen daher auch Ermöglicher von Ressourceneinsparungen sein. Dies zeigt sich auch an einem Beispiel aus dem Bereich der Smart-City-Anwendungen, bei dem als neue Infrastrukturkomponente multimodale Mobilitätsstationen errichtet werden mit dem Ziel der Förderung von nachhaltiger Mobilität und der Nutzung von Verkehrsmitteln des Umweltverbundes (Keppner et al. 2021). So installiert die Stadt München Mobilitätsstationen in ihrem Stadtgebiet, um mit einem breiten Mobilitätsangebot und ergänzenden Angeboten wie Infostelen und E-Ladesäulen zu einem veränderten Mobilitätsverhalten anzuregen. Durch die Ausstattung mit verschiedenen Mobilitätsangeboten, eine dezentrale Lage im Wohnquartier sowie der Nähe zu bestehenden ÖPNV-Stationen bieten sie Alternativen zur privaten PKW-Nutzung und sollen den Umstieg auf umweltfreundliche Verkehrsträger erleichtern.



Abb. 4: Beispiel einer Nutzungsänderung: Elektromobilität statt konventioneller Antriebe

Keppner et al. (2021) berichten, dass die Bündelung der Angebote der Mobilitätsstationen in einer App generell Anreize für die Nutzung alternativer Verkehrsmittel bieten bzw. die Kombination von verschiedenen Verkehrsmitteln fördern können. An einzelnen Mobilitätsstationen sind neben den verschiedenen Mobilitätsangeboten auch Quartiersboxen vorzufinden, die vorrangig dazu genutzt werden, um Lebensmittel aus verschiedenen Online-Supermärkten zu vermarkten. Neben der Einsparung von Fahrwegen zu verschiedenen Händlern bieten sie das Potenzial, mit der Vermarktung von regional produzierten landwirtschaftlichen Produkten auch einen nachhaltigeren Konsum zu fördern.

2.3 Potentiale zur Ressourcenschonung an der Schnittstelle von Stadtentwicklung und Infrastrukturgestaltung

An der Schnittstelle von Stadt- und Infrastrukturentwicklung liegt großes Potenzial, um Ressourcenschonung in Siedlungsräumen zu stärken. Schnittstellen zwischen Stadtentwicklung und Infrastrukturgestaltung sind vielfältig. Sie können bspw. temporär (projektbezogen) oder dauerhaft sein, einseitig oder mit Wechselwirkungen (vgl. Buchert et al. 2021). Siedlungsentwicklung, ob Neuentwicklung oder Weiterentwicklung des Bestands, ist immer auch verbunden mit Auswirkungen auf die urbanen Infrastrukturen. Umweltschutzpotenziale an dieser Schnittstelle liegen bspw. in der Flächeninanspruchnahme und Bodenversiegelung, in der Art der verkehrlichen Erschließung oder der Energieversorgung von Siedlungsräumen, aber auch beim Betrieb der Infrastrukturen (THG-Emissionen, Lärm, Feinstaubbelastung und Versauerung durch die Emission von Stickoxiden).

Schnittstelle zwischen einem Infrastruktursektor (Energieversorgung) und Stadtentwicklung

Das Beispiel der kommunalen Wärmeversorgung vermittelt eindrücklich die Bedeutung der Schnittstelle von Stadtentwicklung und Energieversorgung als zentrale Stellschraube für den Klima- und Ressourcenschutz. In den meisten Haushalten und Kommunen sowohl im Neubau als auch im Bestand basiert die Wärmeversorgung nach wie vor auf fossilen Energieträgern. Rund 70 % der Wohngebäude in Deutschland werden nach wie vor mit Erdgas- oder Ölzentralheizung beheizt (BDEW 2019). Der Anteil erneuerbarer Energien an der Wärmeversorgung verharrt seit Jahren auf niedrigem Niveau zwischen 14 % und 15 % (UBA 2021d).

Die Transformation der bestehenden Energieversorgungsstrukturen, die Ablösung von Gas- und Öl-betriebenen Wärmeversorgungsformen und die Errichtung von Wärmeinfrastruktur auf Basis erneuerbarer Energien (u.a. in Wärmenetzen) ist jedoch nur in enger Verzahnung mit der Entwicklung des baulichen Bestands und energieeffizienten Quartiersstrukturen denkbar. Damit wird eine nachhaltige Wärmeversorgung zu einem komplexen Planungsprozess, in dem viele verschiedenen Akteursgruppen zu beteiligen sind, wie die Energieversorger, Kaminkehrer, Installateure, Architekten, Umwelt- und Naturschutzverbände, Energieberater etc.

Die Bedeutung der kommunalen Wärmeplanung als effektives Instrument des Klimaschutzes wird am Beispiel des Landes Baden-Württemberg deutlich, das die Kommunen mit dem Ende 2020 verabschiedeten Klimaschutzgesetz zur Aufstellung kommunaler Wärmepläne verpflichtet. Größere Städte und Kreise müssen demnach zeitnah, bis zum 31. Dezember 2023, einen kommunalen Wärmeplan aufstellen und diesen spätestens alle sieben Jahre unter Berücksichtigung der weiteren Entwicklungen fortschreiben. Alle übrigen Kommunen können einen kommunalen Wärmeplan im Sinne des Klimaschutzgesetzes aufstellen. Mit dem Wärmeplan wurde ein Instrument geschaffen, das die Kommunen anhält, den langfristigen Umbau der Wärmeversorgung bis 2050 strukturiert zu planen und umzusetzen (Peters et al. 2020). Hier zeigt sich ein wichtiges Möglichkeitsfenster.

Schnittstellen zwischen mehreren Infrastruktursektoren und Stadtentwicklung

Schnittstellen zwischen mehreren Infrastruktursektoren und der Stadtentwicklung sind ebenfalls wichtig für den Ressourcen- und Klimaschutz. Eine ist bspw. die Schnittstelle von Stadtentwicklung, Energie- und Verkehrsinfrastruktur. Neben der direkten Auswirkung der Siedlungsentwicklung auf den Ressourcenbedarf für die notwendige Verkehrsinfrastruktur hat die Siedlungsstruktur und ihre Weiterentwicklung Auswirkungen auf das Verkehrsaufkommen und den Modal Split und damit auf den Energieverbrauch des Verkehrs in der Stadt. Durch die zunehmende Elektromobilität ist dieses Handlungsfeld zugleich auch für das Thema der Energiespeicherung relevant.

Eine weitere Schnittstelle liegt zwischen den Themen Stadtentwicklung, Energie- und Abwasserinfrastruktur. Sie wird relevant, wenn die Möglichkeiten der Abwärmenutzung im Rahmen der Quartiersplanung berücksichtigt werden. Voraussetzungen sind dabei die räumliche Lage der Abwasserinfrastruktur zu möglichen Verbrauchsorten, die Höhe des Wärmebedarfs im Quartier und das Wärmepotenzial des Abwassers. Ähnliches gilt für die Schnittstelle zwischen Stadtentwicklung, Energie und Abfall durch die Wärmegewinnung aus der Abfallverbrennung, wobei diese schon lange etabliert ist und i.d.R. größere Wärmenetze auf höherem Temperaturniveau speist.

Diese verschiedenen Schnittstellen zwischen den Infrastruktursektoren und der Stadtentwicklung haben große Potenziale nicht nur für die Schonung verschiedener Ressourcen, sondern auch für den Klimaschutz und, bspw. im Fall der Schnittstelle von Siedlungs- und Verkehrsentwicklung, auch für die Umwelt- und Lebensqualität vor Ort. Die Beziehungen zwischen Infrastrukturplanung und Stadtplanung sind Thema weiterer Forschung im Auftrag des UBA (vgl. u.a. Buchert et al. 2021). Zudem sei an dieser Stelle auch auf eine Kurzstudie verwiesen, welche die Ressourceneffizienzpotentiale der infrastrukturell sehr relevanten Bereiche Industrie, Handwerk, Logistik und Handel im Kontext von Gewerbegebieten betrachtet (Pichlmeier 2018). Laufende Forschung im Auftrag des UBA beschäftigt sich auch tiefergehender mit diesen Aspekten (IAT 2019).

3 Planung, Kooperation und Kommunikation: Geeignete Werkzeuge für Ressourcenschonung in Kommunen?

Zur Stärkung der Ressourcenschonung in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung und deren bessere Verknüpfung lohnt sich ein Blick auf das planerische Instrumentarium sowie die Abstimmung und Kooperation der an den Planungsprozessen beteiligten Akteure (Stadtplanungsämter, Verkehrsplanung, Energie- und Klimaschutzfachstellen, Infrastrukturunternehmen etc.). Dieser Abschnitt skizziert daher Möglichkeiten durch formelle Planungsinstrumente (3.1), informelle Instrumente (3.2) sowie Kooperation und Kommunikation (3.3). Zudem wird eine zusammenfassende Einschätzung zur potentiellen Wirkung der Instrumente für die Ressourcenschonung gegeben (3.4). Es sei darauf hingewiesen, dass den Autorinnen und Autoren dieses Beitrags bewusst ist, dass bereits über Vorgaben in Regionalplänen erheblicher Einfluss auf den kommunalen Planungsspielraum genommen werden kann. Aufgrund der Fokussierung auf Stadtplanungsinstrumente wird dies allerdings nicht vertiefend betrachtet. Eine umfassende Analyse von Möglichkeiten zum Klimaschutz in der räumlichen Planung findet sich in Ahlhelm et al. 2013. Eine Erweiterung dieser Forschungen auf den Bereich der Ressourcenschonung wird als Forschungsbedarf angesehen.

3.1 Formelle Planungsinstrumente

Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass die „Schonung natürlicher Ressourcen“ als übergreifende Aufgabe in der Stadtplanungspraxis momentan keine oder nur eine untergeordnete Rolle spielt (Verbücheln et al. 2021). Das überrascht dahingehend nicht, da die Stadtplanung nicht originär der Schonung natürlicher Ressourcen dient und als räumliche Gesamtplanung üblicherweise auch keine spezifischen Einzelaspekte in den Fokus stellt. Bezüglich des Schutzes der natürlichen Ressource „Fläche“ ist dies allerdings anders einzuordnen, da es hierfür ein explizites Nachhaltigkeitsziel auf nationaler Ebene gibt (s. auch Kap. 2), zu welchem sich auch die Länder und Kommunen bekannt haben. Hier liegt es nahe, dass auch die kommunale Planung sich diesem Ziel verschreibt und Maßnahmen entsprechend daran ausrichtet. Da der aktuelle Flächenverbrauch aktuell allerdings noch

ein gutes Stück vom Zielwert entfernt ist, sind weitere Anstrengungen, auch im Kontext der Stadtentwicklung, notwendig.

In den kommunalen Umweltämtern dagegen konnte eine Sensibilität für Ressourcenschonung festgestellt werden (ebenda), da hier enge thematische Bezüge zu den originären Themen und Zuständigkeiten bestehen (z. B. Abfall- und Bodenschutzrecht). Es zeigt sich jedoch, dass „Ressourcenschonung“ als eine Perspektive der nachhaltigen Stadtentwicklung in der momentanen Verwaltungs- und Planungspraxis nicht integriert, sondern – wenn überhaupt – sektoral bearbeitet wird. Auch wenn einzelne Vorreiter-Kommunen das Thema Ressourcenschonung bereits integrativ bearbeiten (vgl. Verbücheln et al. 2019, z. B. Ressourcenstrategie Zürich; nachhaltige Gewerbestandorte in Duisburg), ist dieser Ansatz in der Breite noch unterbelichtet. Ein Grund dafür ist, dass die Frage eines schonenden Umgangs mit natürlichen Ressourcen oft als zusätzliche Aufgabe wahrgenommen und demnach mit vermehrtem Aufwand an Personal, Zeit und Kosten assoziiert wird (ebenda). Zudem ist die direkte Betroffenheit der Kommunen durch die Thematik, im Gegensatz zu Themen wie beispielsweise Hochwasserschutz, relativ gering (Verbücheln et al. 2021). In vielen Fällen ist der kommunalen Verwaltungspraxis nicht ausreichend bekannt, welche Hebel für die Ressourcenschonung in bereits bestehenden Planungsinstrumenten liegen und wie man die Ressourcenperspektive in das übliche Planungshandeln integrieren kann.

Die Stadtentwicklung bietet als übergeordnete integrierende Planung jedoch grundsätzlich ein geeignetes Instrumentarium, um die Anforderungen und Belange der verschiedenen sektoralen Fachplanungen miteinander abzustimmen. Auch könnte die Verknüpfung von Ressourcenschonung mit bestehenden Aktivitäten in anderen Bereichen wie z. B. im Rahmen der Nachhaltigkeits- und Klimaschutzkonzepte eine Möglichkeit darstellen, diese stärker als Leitmotiv (und nicht als einzelne Ressortthematik) in den

Kommunen zu verankern und zugleich Kapazitäten nicht zu überlasten (Verbücheln et al. 2021).

Das zentrale Instrument der Gemeinden zur Ausübung ihrer kommunalen Planungshoheit ist die **Bauleitplanung**. Zu unterscheiden sind der Flächennutzungsplan (FNP – vorbereitender Bauleitplan (§§ 5 – 7 BauGB)) und der Bebauungsplan (B-Plan – verbindlicher Bauleitplan (§§ 8 – 10a BauGB)). Bauleitpläne sollen einer nachhaltigen städtebaulichen Entwicklung dienen, die die sozialen, wirtschaftlichen und umweltschützenden Anforderungen auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen miteinander in Einklang bringt und eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung gewährleistet (§ 1 Abs. 5 BauGB). Bereits diese Formulierung weist ressourcenschonungsbezogene Aspekte auf, wobei es im Rahmen der eigentlichen Planverfahren einer Konkretisierung bedarf. Die Bodenschutzklausel des § 1a Abs. 2 BauGB verpflichtet die kommunalen Planungsträger dazu, die zusätzliche Flächeninanspruchnahme für bauliche Nutzungen so gering wie möglich zu halten, der Wiedernutzung von Flächen Vorrang zu geben und Bodenversiegelungen auf das notwendige Maß zu begrenzen. Um die Argumentationslinien für die Belange der Ressourcenschonung im FNP und B-Plan zu stärken, spielt die Verbindung zu informellen Konzepten (vgl. unten) eine große Rolle, die als „sonstige städtebauliche Planung“ zu berücksichtigen ist (§ 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB).

Bereits im Flächennutzungsplan können Aspekte der Ressourcenschonung dargestellt werden, z. B. durch Zuordnung neuer Baugebiete an gut erschlossene Standorte und demnach vorhandene Infrastrukturen, was auch bereits praktiziert wird. Denn die räumliche Lage und Art der Nutzung von Siedlungsstrukturen beeinflusst bspw. Verkehrsströme oder die Wirtschaftlichkeit von Infrastrukturen (z. B. Wasserver- und Abwasserentsorgung, Niederschlagswasserbewirtschaftung). Andere Infrastrukturplanungen, wie bspw. die Abfallentsorgung, spielen auf dieser Ebene i.d.R. noch keine Rolle (Buchert et al. 2021).

Die Festsetzungen des rechtsverbindlichen Bebauungsplans bilden den planungsrechtlichen Zulässigkeitsrahmen auf konkreter Vorhabenebene grundstücksscharf ab (§ 30 Abs. 1 BauGB). Dementsprechend lassen sich über den B-Plan rechtsverbindliche Vorgaben festlegen, die auch konkret der

Ressourcenschonung dienen können. Allerdings sind die Festsetzungsmöglichkeiten im BauGB und in der **Baunutzungsverordnung** (BauNVO) abschließend aufgeführt und können darüber hinaus nicht erweitert werden. Zahlreiche der möglichen Festsetzungen für einen B-Plan (gem. § 9 Abs. 1 BauGB) haben unmittelbaren Einfluss auf den Verbrauch natürlicher Ressourcen. Insbesondere durch Festsetzungen von Art und Maß der baulichen Nutzung können die Bebauungsdichte und Nutzungsmischung und damit zusammenhängend auch der Ressourcen- und Energieverbrauch einer Siedlungsentwicklung und anschließenden Nutzung beeinflusst werden (Verbücheln et al. 2021).

Im Rahmen der Bauleitplanung ist die Berücksichtigung sonstiger städtebaulicher Planungen und städtebaulicher Entwicklungskonzepte vorgesehen (§ 1 Abs. 6, Nr. 11 BauGB). Dazu gehören bspw. Fachkonzepte wie Energie- und Klimaschutzkonzepte oder Verkehrsentwicklungskonzepte der Kommunen. Insbesondere wenn im Rahmen der Bebauungsplanung im Vorfeld und /oder begleitend Fachkonzepte bspw. zur Energieversorgung des betreffenden Gebiets erarbeitet werden, kann dies die Belange nachhaltiger Infrastrukturversorgung und damit auch der Ressourcenschonung in diesen Gebieten stärken (Buchert et al. 2021).

Zusätzlich stehen den Gemeinden auch vertrags- und vergaberechtliche Möglichkeiten zur Verfügung. Eine zentrale Rolle spielen **städtebauliche Verträge**. Sie orientieren sich in der konkreten Ausgestaltung an verschiedenen Akteursinteressen und sollten verstärkt genutzt werden, um die Beteiligten für die Ressourcenschonung zu gewinnen und Anreize zu setzen. Städtebauliche Verträge sind von besonderer Bedeutung, weil sie auch zum Einsatz kommen können, wenn die Gemeinde nicht die Eigentümerin der Bebauungsfläche ist und der Vorhabenträger kooperationsbereit ist. Anders als bei B-Plänen sind die im BauGB aufgeführten Regelungsgegenstände für städtebauliche Verträge nicht abschließend (§ 11 BauGB). Soweit demnach kein gesetzliches Verbot entgegensteht und weitere Voraussetzungen (z. B. Verbot unangemessener Vertragspflichten, Kopplungsverbot) beachtet sind, können in städtebaulichen Verträgen vielfältige Festsetzungen für die Ressourcenschonung getroffen werden. Insbesondere Aspekte der Energieversorgung sowie zum Verkehr sind oftmals Inhalte städtebaulicher Verträge.

Allerdings ist die Flexibilität in der Form eingeschränkt, dass die Festsetzungen in einem sachlichen Zusammenhang mit dem städtebaulichen Vorhaben stehen müssen. Es bedarf daher einer sachlich nachvollziehbaren Begründung für Vorgaben zu Infrastruktur und Ressourcenschonung, die auf übergreifende informelle Planungen zurückgreifen kann. Das Vorhandensein informeller Fachkonzepte wie Energie- und Klimaschutzkonzepte oder Verkehrskonzepte kann somit die Verhandlungsposition der Kommunen an dieser Stelle stärken (siehe 3.2). Zudem ist die Verhandlungsposition der Kommune abhängig vom Nachfragedruck nach Bauflächen (Buchert et al. 2021).

Daneben spielen auch formelle Instrumente außerhalb des BauGB eine zentrale Rolle. Über die Handlungsmöglichkeiten in der Entwicklung eigener Flächen können Belange der Ressourcenschonung besondere Berücksichtigung finden. Bei **Grundstückskaufverträgen** ist die Kommune Eigentümerin der Fläche und kann spezifische ressourcenschonungsrelevante Bedingungen an die Veräußerung der Grundstücke im Rahmen des privatrechtlich geregelten Kaufvertrags stellen. Im Zuge einer **Konzeptvergabe** spielt die Qualität des Konzepts, gemessen an zuvor definierten Kriterien eine zentrale Rolle. Andersherum kann die Kommune auch über die Ausübung von Vorkaufsrechten unter bestimmten Bedingungen die inhaltliche Zielsetzung ihrer Entwicklungsplanung absichern und als Eigentümerin eine ressourcenschonende Gestaltung forcieren. Eine vorausschauende Liegenschaftspolitik sowie eine enge Zusammenarbeit zwischen Stadtentwicklung und Liegenschaftsverwaltung ist in beiden Fällen notwendig. Dennoch verfügen Kommunen nur über begrenzte Mittel, um eine aktive Liegenschaftspolitik zu forcieren.

Bei der Weiterentwicklung des Bestands kommt der **städtebaulichen Sanierungsmaßnahme** nach § 136 BauGB eine hohe Bedeutung zu, die oftmals im Rahmen der Städtebauförderung mit finanzieller Förderung von Bund, Ländern und Kommunen zum Einsatz kommt. Die städtebauliche Sanierungsmaßnahme dient der Behebung städtebaulicher Missstände. Sie weist Schnittstellen zur nachhaltigen Infra-

strukturentwicklung sowie zur Ressourcenschonung auf, da sie oftmals Maßnahmen der energetischen Sanierung beinhalten kann, aber auch die Umgestaltung der Verkehrsinfrastrukturen, wie bspw. den Ausbau von Fuß- und Radwegen (Buchert et al. 2021).

Auch der **Stadtumbau** nach § 171a BauGB hat viele Bezüge zu einer ressourcenschonenden Stadt- und Quartiersentwicklung. Wenn bspw. leerstehende Objekte umgebaut werden und durch Baumaßnahmen innerstädtische Lagen wieder reaktiviert werden und Leerstand reduziert wird, hat dies sowohl positive Effekte auf den Umgang mit der Ressource Fläche als auch für die Vermeidung von Neuentwicklung durch die Chancen des Bestandsumbaus (BBSR 2016:109). Auch die Anpassung der städtischen Infrastruktur im Rahmen des Stadtumbaus, bspw. um auf Schrumpfungs- oder Wachstumstendenzen zu reagieren, zeigt die Bedeutung der Ressourcenschonung in diesem Handlungsrahmen (BBSR 2020). Das formelle Instrument zum Stadtumbau im BauGB ist eng verbunden mit dem Förderprogramm, das inzwischen im Rahmen der Neuordnung der Städtebauförderung in das Programm „Wachstum und nachhaltige Erneuerung“ übergegangen ist, in dem sich die Themen der Ressourcenschonung entsprechend widerspiegeln (bspw. Brachenentwicklung, Anpassung der städtischen Infrastruktur, Rückbau) (Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen online 2021).

Insgesamt kann die Städtebauförderung ein zentraler Hebel zur Ressourcenschonung im Kontext von Stadt- und Infrastrukturentwicklung sein, da sie viele Anknüpfungspunkte, bspw. zum Flächensparen und zum klimaschonenden und bestandserhaltenden Bauen und Umbauen, enthält (vgl. Verbücheln et al. 2021a: 15 f.). Ihre Bedeutung für den schonenden Umgang mit Ressourcen haben bereits Evaluierungen der vormaligen Organisation der Förderprogramme gezeigt (Altrock et al. 2012) und auch in der Neufassung wird sie deutlich. Dies ist jedoch ein eigenes Themenfeld, das in diesem Papier nicht in der Tiefe behandelt werden kann.



Abb. 5: Eine gute Abstimmung zwischen Fachplanungen und Stadtplanung ist essentiell um die Ressourcenschonung zu stärken

3.2 Informelle Planungsinstrumente

Eine wesentliche, oft auch vorbereitende Rolle in Form von politisch-administrativen und gesellschaftlichen Aushandlungsprozessen spielen **informelle Planungsverfahren und -instrumente**. Die den formellen, gesetzlichen Rahmen ergänzenden informellen Instrumente sind nicht rechtsverbindlich geregelt. Ihre Berücksichtigung ist teils jedoch auch gesetzlich vorgeschrieben, wie beispielsweise die Ergebnisse städtebaulicher Entwicklungskonzepte bei der Aufstellung von Bauleitplänen (ARL o.J.).

Solche informellen Instrumente, die zur strategischen Willensbildung einer Kommune und zur Abstimmung der Ausrichtung der Stadt- und Infrastrukturentwicklung beitragen können, sind informelle **Visionen, Leitbilder und Strategien**. Einen entscheidenden Einfluss für die Wirksamkeit und Umsetzung der Beschlüsse kann dabei haben, inwieweit die Ziele von den oberen Verwaltungsebenen und der Kommunalpolitik mitgetragen werden (z. B. als Initiative

der Bürgermeister*innen, Ratsbeschluss) und inwieweit alle fachlich betroffenen Ressorts eingebunden werden. Für eine effektive Ressourcenschonung sollte diese stärker über sektorale Zuständigkeiten hinweg adressiert werden, bspw. in anlassbezogenen Austauschformaten zwischen den einzelnen Facheinheiten. Entsprechend sollten Ziele und Maßnahmen zur Schonung natürlicher Ressourcen in sektorübergreifende Planungsprozesse eingebracht und integriert bearbeitet werden.

Informelle Planungen haben auch auf Stadtteil- und Quartiersebene eine große praktische Bedeutung, da sie die förmlichen Planungs- und Umsetzungsschritte vorbereiten (vgl. 3.1). Hier stehen die Formulierung von Zielen und Eckpunkten der Entwicklung im Vordergrund, sodass diesen Planungen weichenstellende Bedeutung für die Bauleitplanung (vgl. § 1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB) und potentiellen vertraglichen Ausgestaltungen (z. B. städtebaulichen Verträgen) zukommt. Operativ sind an dieser Stelle ressortübergreifende

Arbeitsgruppen von Vorteil, da frühzeitig Konflikte und Synergien erkannt und aufgelöst bzw. genutzt werden können. Verbreitet sind auch informelle Planungsinstrumente zur konzeptionellen Vertiefung von sektoralen Teilaspekten (z. B. Mobilitätskonzepte, Energiekonzepte etc.). Ressourcenschonungsaspekte können besonders dann in teils räumlichen informellen Planungen berücksichtigt werden, wenn derartige Ziele auf der gesamtstädtischen Ebene beschlossen wurden. Teilräumliche Planungen sind auch nützlich, um Ziele der Ressourcenschonung in Erprobungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen von Förderungen oder auch in konkrete Neubau- oder Sanierungsprojekte exemplarisch einzubeziehen.

Ein geeignetes Instrument für die Koordinierung und Abstimmung unterschiedlicher sektoraler Belange ist das **Integrierte Stadtentwicklungskonzept (INSEK)**, in das vorhandene Fachkonzepte mit Bedeutung für die Stadtentwicklung (Energie, Klimaschutz, Verkehr, Kultur, Wohnen, Wirtschaft und Beschäftigung etc.) einfließen. Als informelles Planungsinstrument entfalten INSEKs keine Rechtsverbindlichkeit, stellen aber für viele Kommunen zentrale, die formelle Bauleitplanung ergänzende Planwerke dar. Sie können die Argumentation für bestimmte Belange unterstützen und damit auch Einfluss auf die Abwägungsprozesse im Rahmen der formellen Prozesse haben. Allerdings werden technische Infrastrukturen bisher eher selten in einem INSEK als eigenes Fachthema thematisiert (Buchert et al. 2021). Sie bieten jedoch die Möglichkeit für alle

INFOBOX 4 PRAXISBEISPIELE FÜR INTEGRIERTE KONZEPTE

Das integrierte Stadtentwicklungskonzept Ludwigsburg vereint soziale, ökologische, ökonomische, kulturelle und institutionelle Aspekte miteinander. Das Konzept wird stetig im Prozess mit den Bürgerinnen und Bürgern fortgeschrieben. Zentrale Grundregel in der Stadtverwaltung und in der Stadtpolitik ist dabei stets die enge Vernetzung der verschiedenen Politikfelder wie Wirtschaftsförderung, Klimaschutz, Energie und nachhaltige Stadtentwicklung. Dies zeigt sich z.B. im Energiebereich, in dem das Handeln der Stadt und alle auf die Energieinfrastruktur bezogenen Maßnahmen konsequent auf die Energiewende und die CO₂-Neutralität bis zum Jahr 2050 hin ausgerichtet werden (Keppner et al. 2021).

Auch in der Organisation der Verwaltungsstrukturen bildet sich dies ab durch Bündelung von Klima, Energie und Stadtplanung in einem gemeinsamen Dezernat sowie von nachhaltiger Mobilität, Technik und Umwelt in einem weiteren. Damit wird eine engere Abstimmung der unterschiedlichen Belange ermöglicht (ebenda).

Ludwigsburg formuliert im Stadtentwicklungskonzept zudem den Anspruch, die Nutzung digitaler Technologie mit dem Erreichen der Ziele einer nachhaltigen Stadtentwicklung zu verbinden, beispielsweise dort, wo in

der Entwicklung von Quartieren digitale Technologie genutzt wird, um maximale Energieeffizienz zu erreichen und smarte Services an den Bedürfnissen der Bewohnerinnen und Bewohner zu orientieren (Keppner et al. 2021: 92). Für die Prozesssteuerung setzt Ludwigsburg ein „Kommunales Steuerungs- und Informationssystem (KSIS)“ ein, das der Steuerung und Koordinierung von Themen und Projekten dient und auf das alle Verwaltungseinheiten Zugriff haben. Alle Bereiche der Stadtentwicklung werden über das System abgebildet, die Koordination liegt beim Referat für nachhaltige Stadtentwicklung. Das Stadtentwicklungskonzept stellt dabei die Basis für abgestimmtes Handeln über Ressortgrenzen hinweg.

Auch die strategische Leitlinie der Landeshauptstadt München zur digitalen Transformation formuliert den Anspruch Nachhaltigkeitspotenziale der Digitalisierung auszuschöpfen, durch Steigerung der Ressourceneffizienz, Minimierung des ökologischen Fußabdrucks, sozialen Ausgleich sowie Resilienz der städtischen Infrastruktur (Landeshauptstadt München 2018 in Keppner et al. 2021). Sie erweitert dadurch das Stadtentwicklungskonzept „Perspektive München“ um das Themenfeld digitale Transformation.

Bereiche einer Gemeinde oder Stadt die Potentiale abzubilden und eine individuelle Entwicklungsstrategie auf Basis besonderer lokaler Voraussetzungen und vorhandener Stärken und Schwächen zu formulieren. Sie können damit die Zielfindung einer Kommune bei ihrer städtebaulichen Entwicklung unterstützen und können auf kommunaler Ebene vorhandene Planungsvorstellungen sowie auch sektorale Konzepte bündeln (MIL Brandenburg 2021). Damit können sie der gemeinsamen Willensbildung hinsichtlich der planerischen Entwicklung in einer Gemeinde dienen und damit auch einen Beitrag zur Vereinfachung der innerbehördlichen Abstimmung und zur Transparenz gegenüber privatwirtschaftlichen Akteuren bzw. der Stadtgesellschaft leisten.

Neben dem Planungs- und Ordnungsrecht können **kommunale Förderprogramme** sowie intensive Beratungen und Informationen wichtige Impulse für Aspekte und Belange der Ressourcenschonung geben. Damit Gemeinden eigene Förderprogramme initiieren können, müssen Mittel aus dem Kommunalhaushalt bereitgestellt werden. Da dies aufgrund der finanziellen Ausstattung vieler Kommunen oder aufgrund von Auflagen zur Haushaltssicherung häufig kaum möglich ist, ist es sinnvoll auf Förderprogramme des Bundes, der Länder oder Europäischen Union zurückzugreifen um kommunale Projekte, die zum jeweiligen Fördergegenstand passen, zu finanzieren (z. B. Städtebauförderung). Notwendig erscheint hier sowohl vertikale (innerhalb jedes Ressorts der entsprechenden föderalen Ebene) als auch horizontale (zwischen den Ressorts der jeweiligen föderalen Ebenen) Abstimmung bei der Ausgestaltung übergeordneter Programme. Dies kann dazu dienen Zielkonflikte zwischen den Programminhalten zu vermeiden, sie zeitlich besser aufeinander abzustimmen und möglicherweise auch Synergien zwischen verschiedenen Förderprogrammen nutzen zu können.

3.3 Kommunikation und Kooperation

Über die Instrumente hinaus erfordert die Entwicklung nachhaltiger Konzepte an der Schnittstelle von Ressourcenschonung und Infrastrukturentwicklung im besonderen Maße die **Zusammenarbeit** verschiedener Fachdisziplinen und Akteure. Hierfür sind die Belange, die Planungszyklen und die Handlungslogiken aller relevanten Akteure zu berücksichtigen, wie z. B. privatwirtschaftliche Betreiber von Infrastrukturen mit ihren jeweiligen Strategien (vgl. UBA 2018).

Dabei gilt es, sowohl Hemmnisse für eine verbesserte Abstimmung als auch gemeinsame Ziele für eine integrierte Planung sowie Potentiale für den Umwelt- und Klimaschutz zu identifizieren und in sektorübergreifende Handlungskonzepte zu überführen. So erfordert z. B. die Umsetzung einer klimaneutralen Wärmeversorgung im Quartier auf Basis erneuerbarer Energien im Rahmen eines B-Planverfahrens die frühzeitige Einbindung des örtlichen Energieversorgungsunternehmens bzw. örtlicher Gewerbeunternehmen in diese Verfahren.

Fallstudien im Rahmen eines UBA-Forschungsvorhabens haben gezeigt, dass es stark von der Kommunikation, dem Prozessablauf, der Organisation und der Qualität der Zusammenarbeit zwischen den an der Planung beteiligten Akteuren abhängt, inwieweit Schnittstellen zwischen Stadt- und Infrastrukturplanung zur Integration von Potentialen zur Ressourcenschonung und zur Verankerung von Umweltthemen im Planungsprozess beitragen können. Eine zentrale Rolle spielen dabei sowohl die Zusammenarbeit innerhalb der Verwaltung als auch mit bspw. kommunalen Eigenbetrieben oder weiteren verwaltungsexternen Akteurinnen und Akteuren (Buchert et al. 2021). So kann eine projektbezogene Organisation die Abstimmung zwischen Stadt- und Infrastrukturentwicklung und damit die Stärkung von Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz in der Planung unterstützen. Die immer komplexeren, themenübergreifenden und von verschiedenen Unsicherheiten geprägten Planungsprozesse erfordern eine intensivere Zusammenarbeit verschiedener Fachstellen (Stadtplanung, Verkehrsplanung, Umweltämter, Energie- und Klimaschutzfachstellen, usw.) jenseits der klassischen Verwaltungsorganisation.

Eine Beteiligung allein über Stellungnahmen punktuell an festgelegten Schritten im Planungsprozess ist angesichts der komplexen Aufgabenstellung oft nicht ausreichend. Stattdessen sind die tatsächliche Verzahnung und das gemeinschaftliche Planen von der ersten Idee an entscheidend (bspw. schon bei der Formulierung der Aufgabenstellung für einen städtebaulichen Wettbewerb). Damit dies funktionieren kann, ist eine Offenheit innerhalb bestehender Verwaltungsstrukturen und ggf. die Bereitschaft zum Einbezug von Sachverständigen zentral. Eine gute und transparente Kommunikation und ein gemeinsames Verständnis für die Relevanz von Umweltthemen sind zudem nötig (Buchert et al. 2021).

Betrachtet man konkret die Anpassung und Weiterentwicklung von Infrastruktursystemen, sind eine Reihe an Faktoren (ökonomische und ökologische Tragfähigkeit, Sicherheitsaspekte u.a.) zu berücksichtigen sowie verschiedene Akteure zu beteiligen (z. B. Infrastrukturbetreiber und -dienstleister, kommunale Fachämter, die Öffentlichkeit) (Trapp et al. 2017). Diese stehen in Wechselbeziehung miteinander und beeinflussen sich gegenseitig, teils auch widersprüchlich. Demnach ist die Anpassung und Weiterentwicklung von Infrastruktursystemen ein komplexer und langwieriger Prozess, insbesondere wenn keine gemeinsamen Vorstellungen, Leitbilder oder strategischen Ziele der relevanten Akteure in den verschiedenen Sektoren existieren. Entsprechend können Widersprüche zwischen den verschiedenen Zielen entlang der Infrastruktursektoren (wie Versorgungssicherheit, Ressourcenschonung, Zukunftsfähigkeit, Robustheit, ökonomische Effizienz oder Demografiefestigkeit) nicht immer restlos zwischen den Beteiligten aufgelöst und teils nur politisch entschieden werden (Trapp et al. 2017: 94ff).

Für die Stärkung der Ressourcenperspektive in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung sind auch **Information und Beratung** sehr wichtig, um einerseits die Bürger*innen einzubinden und andererseits Aspekte der Ressourcenschonung im politischen Aushandlungsprozess zwischen den Fachressorts zu stärken. Die Implementierung neuer Ansätze, Themen und Strategien in konkretes Verwaltungshandeln erfordert eine sorgfältige Kommunikationsstrategie, welche anschlussfähig an die örtlichen Gegebenheiten und politischen Präferenzen ist. Informationen und Beratungsangebote sind ebenfalls wichtig, um die Eigentümer*innen und Nutzer*innen der Grundstücke für die angestrebten Ziele zu gewinnen (z. B. durch Informationsveranstaltungen, Broschüren und Einzelberatungen).

3.4 Instrumente der Stadtentwicklung zur Ressourcenschonung: Zwischenfazit

Die Anwendbarkeit und Wirktiefe der betrachteten Instrumente, die prozessuale Ausgestaltung sowie Akteureinbindung und -kooperation ist stark von den Rahmenbedingungen abhängig, z. B. den Eigentumsverhältnissen relevanter Grundstücke, vorhandenen politischen Zielvorgaben und der Personalausstattung in den Kommunen. Grundsätzlich weisen insbesondere vertragliche Instrumente eine hohe Wirktiefe für eine Ressourcenschonung auf, während Planungsverfahren wie der B-Plan und Fachplanungen wie auch informelle oder kommunikative Instrumente nur eine begrenzte Wirkung entfalten (wie beispielsweise Beratungspflichten (Verbücheln et al. (2021))). Dennoch sind informelle und kommunikative Instrumente gerade auch für die Vorbereitung von Planungsverfahren und die Einbindung und Akzeptanz der Stadtgesellschaft zentrale Instrumente in Planungsprozessen. Aufgrund des den formellen Planungsverfahren vorgelagerten Charakters und der teils sehr großen zeitlichen Dimension sind Wirkungen in der Regel jedoch nur mittelbar abzuleiten.

Tabelle 1 gibt einen zusammenfassenden Überblick über die wesentlichen zuvor vorgestellten Instrumente und ihre potentielle Anwendbarkeit für die Ressourcenschonung nach Einschätzung der Autorinnen und Autoren dieses Beitrags. Um ihre Wirksamkeit entfalten zu können, kommt dabei den informellen Instrumenten als vorgelagertem Willensbildungsprozess einer Kommune eine zentrale Bedeutung für die Verhandlungsposition und Durchsetzungskraft einer Kommune zu. Die Aussagen zur Anwendbarkeit basieren auf Ergebnissen aus Forschungsvorhaben im Auftrag des UBA, können aber im Einzelfall sehr unterschiedlich sein und abhängig bspw. von der jeweiligen Situation in der Kommune.

Tab. 1

Einschätzung zum potentiellen Einfluss von Planungsinstrumenten auf die Ressourcenschonung

Instrumente	Anwendbarkeit im Sinne der Ressourcenschonung
Formelle Planungsinstrumente	
Flächennutzungsplan (FNP)	Der FNP ist ein Steuerungsinstrument und stellt die Grundzüge von Flächennutzungen einer Kommune dar, die zunächst Behördenverbindlichkeit entfalten. Gute räumliche Integrationen im FNP auf gesamtstädtischer Ebene, bspw. zur Siedlungsstruktur und Verkehrsinfrastruktur, haben aber unterstützende Auswirkungen auf das Thema Ressourcenschonung.
Bebauungsplan (B-Plan)	Die Festsetzungen zur Ressourcenschonung müssen sich an den Vorgaben gemäß BauGB orientieren. Dies schränkt die Flexibilität dieses Instruments ein. Über vorhabenbezogene B-Pläne kann ggf. mehr Wirkung erzielt werden, hierbei geht die Initiative aber grundsätzlich vom Vorhabenträger aus. Es besteht öffentlich-rechtliche Verbindlichkeit.
Städtebauliche Verträge	Es können explizite Anforderungen zur Ressourcenschonung formuliert werden, die grundsätzlich sehr flexibel ausgestaltet werden können. Es besteht öffentlich-rechtliche Verbindlichkeit.
Grundstückskaufverträge	Im Rahmen von Konzeptvergaben können explizite Anforderungen der Ressourcenschonung formuliert werden. Es besteht zivilrechtliche Verbindlichkeit.
Städtebauliche Sanierungsmaßnahme	Sie eröffnen vor allem die Chance im baulichen Bestand Energieeffizienz und Ressourcenschonung zu stärken und Infrastrukturen ressourcenschonend anzupassen.
Stadtumbau	Das Instrument des Stadtumbaus zielt u.a. auf Brachflächenentwicklung und Anpassung der städtischen Infrastruktur, relevant in Verbindung mit dem Städtebauförderprogramm „Wachstum und nachhaltige Erneuerung“.
Informelle Planungsinstrumente	
Visionen, Leitbilder und Strategien	Es können gesamtstädtische Leitlinien richtungsweisend vorgegeben und Anforderungen zur Ressourcenschonung formuliert werden, wobei diese aber vorerst keine Rechtsverbindlichkeit entfalten und zumeist recht grob sind. Dennoch können sie als abgestimmte Strategien eine längerfristige Wirkung entfalten.
Integrierte Stadtentwicklungskonzepte	Sie haben keine Rechtsverbindlichkeit, stellen aber für viele Kommunen zentrale, die formelle Bauleitplanung ergänzende Planwerke dar. Sie befördern individuelle Entwicklungsstrategien auf Basis besonderer lokaler Voraussetzungen und vorhandener Stärken und Schwächen einer Kommune.
Förderprogramme	
Kommunale Förderprogramme	Die Vergabe von Fördermitteln kann explizit an Maßnahmen zur Stärkung der Ressourcenschonung geknüpft werden. Bei der Aufstellung von Förderprogrammen sind allerdings vor allem Bund und Länder gefragt, da die Kommunen Programme meist nicht aus dem eigenen Haushalt finanzieren können. Einen wichtigen Beitrag leistet die Städtebauförderung, die im Rahmen dieses Papiers allerdings nicht vertiefend analysiert werden konnte (es sei u.a. auf Verbücheln et al. 2021a und Altrock et al. 2012 verwiesen)
Information und Beratung	
Information und Beratung	Die adressierten Akteurinnen und Akteure sollten zunächst grundsätzlich zugänglich für Beratung sein. Beratungspflichten sind potentiell denkbar, wobei sich der Aufwand im Verfahren dadurch erhöht und ggf. Konflikte zwischen den Beteiligten entstehen.

Quelle: eigene Darstellung, Umweltbundesamt

4 Herausforderungen bei der Verankerung einer Ressourcenperspektive in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung

HERAUSFORDERUNG:

Abstimmung von Fach- und Stadtplanung

Umweltrelevante Fachplanungen werden oft erst in Planungsprozesse eingebunden, wenn wesentliche städtebauliche Themen erörtert und bereits Festlegungen getroffen worden sind. Dies betrifft insbesondere solche Fachplanungen, die außerhalb der kommunalen Verwaltung liegen (z. B. überörtliche Infrastrukturfachplanungen), aber auch quartiersbezogene Infrastrukturplanungen, die einer Beteiligung Vieler bedürfen, wie beispielsweise der Aufbau von Nahwärmekonzepten, der Ausbau der E-Ladeinfrastruktur oder die Planung von Abfallsammelsystemen in Großwohnanlagen.

Zum Teil liegen Grenzen aber auch in den Instrumenten als solchen. So ist es im Flächennutzungsplan bislang nicht ausreichend möglich, Abhängigkeiten zwischen der Stadtplanung und den Planungen in den verschiedenen Infrastruktursektoren darzustellen, wie bspw. die Auswirkungen, die Siedlungsneuentwicklungen auf die Auslastung und den entsprechenden Anpassungsbedarf an die Verkehrs- oder die Abwasserinfrastruktur haben (vgl. Buchert et al. 2021).

HERAUSFORDERUNG:

Komplexität von Planungsprozessen

Ein Hemmnis liegt in der hohen Komplexität von Planungsprozessen, die dazu führen kann, dass gerade bei sehr umfangreichen Vorhaben aufwändigere Verfahren vermieden werden. In einem gewissen Rahmen bestehen Abwägungsspielräume, welche Planverfahren zum Einsatz kommen, bspw. ob es erforderlich ist ein B-Planverfahren durchzuführen oder einzelne Maßnahmen und Vorhaben im Bestand über § 34 BauGB zu regeln (je nachdem ob eine städtebauliche Erforderlichkeit besteht oder nicht).

In der Praxis wird dieser Spielraum häufig so genutzt, dass aufwändigere Verfahren wie ein B-Plan-Verfahren wenn möglich vermieden werden (Buchert et al. 2021.). Dies führt dazu, dass vorhandene Instrumente, die zu einer guten Abstimmung von städtebaulichen Verfahren mit der Infrastrukturentwicklung und der Ressourcenschonung beitragen könnten, nicht genutzt werden. Damit liegt eine Art Paradox vor, wenn einerseits Umweltbelange wie bspw. die Ressourcenschonung durch intensive Abstimmung und Nutzung von Schnittstellen zwischen Stadt- und Infrastrukturplanung gestärkt werden sollen, andererseits die Verfahren dadurch komplexer werden und dort, wo die Möglichkeit besteht, wie bspw. in der kleinteiligen Weiterentwicklung im Bestand, eher vermieden werden. Andererseits kann auch jenseits der formellen Planungsprozesse eine gute Bearbeitung der Schnittstellen zwischen Stadtentwicklung, Infrastrukturgestaltung und Ressourcenschonung im Rahmen informeller Prozesse vorgesehen werden (vgl. ebenda und Kapitel 3).

HERAUSFORDERUNG:

Zeitpunkte und Möglichkeitsfenster

Auf Ebene der Infrastrukturgestaltung spielen Möglichkeitszeitfenster für den Um- und Ausbau der physischen Anlagen und Bauwerke eine zentrale Rolle für die Berücksichtigung von Ressourcenschonungspotentialen. Hierfür wurden verschiedene Zeitpunkte identifiziert (Trapp et al. 2017). Erstens, wenn einzelne Komponenten am Ende ihrer technischen Nutzungsdauer angelangt und ersetzt werden müssen. Zweitens, wenn Infrastrukturbestandteile aufgrund von sinkenden Bedarfen nicht mehr benötigt und deshalb zurückgebaut werden. Ein dritter Zeitpunkt ist die Erneuerung im Rahmen von Instandhaltungs- und Modernisierungsmaßnahmen, wie beispielsweise im Straßenbau durch den Einsatz von Recycling-Asphalt bei der Erneuerung von Straßenbelägen.

Trapp et al. (2017) weisen darauf hin, dass aufgrund der langen Nutzungszeiträume der Infrastruktursysteme der Umgestaltung in vielen Bereichen Grenzen gesetzt sind. Beispielsweise erfolgt ein Ersatz nur selten vor Ablauf des vorgesehenen Nutzungszeitraums. Auch bildet ein umfassender Rückbau eher die Ausnahme, da in der Praxis eine Restnachfrage bestehen bleibt, die befriedigt werden muss (z. B. ältere Standards bei Mobilfunknetzen). Zu bedenken ist außerdem, dass durch Erneuerungsmaßnahmen neue Pfadabhängigkeiten und für die Zukunft weitere Ressourceninanspruchnahmen hervorgerufen werden können.

HERAUSFORDERUNG:

Institutionelle Pfadabhängigkeiten

Über die physischen Bauwerke und Anlagen hinaus sind auch institutionelle Pfadabhängigkeiten in den Blick zu nehmen. Sie können in Form von informellen Institutionen wie etwa persönlichen Überzeugungen und Unternehmenskulturen wirksam werden. Demnach prägen in der Vergangenheit erworbene kulturelle Muster, Ausbildungshintergründe und fest verankerte fachliche Einstellungen die Entscheidungen der Beteiligten auch für die Zukunft. Entscheidungsträger*innen in Politik, Verwaltung und Unternehmen sind häufig durch frühere Entscheidungen geprägt und „verlassen sich“ auf bekannte Lösungen, auch wenn diese vor dem Hintergrund veränderter Rahmenbedingungen und Anforderungen ggf. nicht mehr optimal oder adäquat sind (vgl. Trapp et al 2017).

5 Integration der Ressourcenperspektive in die Stadt- und Infrastrukturentwicklung: Sieben punktuelle Empfehlungen

In Deutschland ist die Stadtentwicklung stark vom Umbau und der Weiterentwicklung des Bestands der gebauten Stadt- und Infrastrukturen geprägt. Da hier formelle Planungsverfahren wie Bebauungspläne oft nicht zur Anwendung kommen, spielt die Frage nach anderen Instrumenten, nach Verfahren und Prozessen die jenseits der Bauleitplanung eine gute Abstimmung zwischen Stadt- und Infrastrukturentwicklung sowie Ressourcenschonung ermöglichen, eine zentrale Rolle. Zudem bestehen im Bestand oftmals bauliche Restriktionen, wie z. B. begrenzte Platzverhältnisse für die Integration von Radinfrastruktur.

Vor diesem Hintergrund und basierend auf den vorhergehenden Inhalten und Referenzen lassen sich folgende sieben punktuelle Empfehlungen für eine bessere Integration von Belangen der Ressourcenschonung in die Praxis der Infrastruktur- und Stadtentwicklung ableiten^{6,7}.

⁶ Es handelt sich hierbei nicht um eine Rangfolge oder Priorisierung, weshalb bewusst keine Nummerierungen verwendet werden.

⁷ Empfehlungen zur Weiterentwicklung des übergreifenden Rahmens seitens des Bundes und der Länder werden in Verbücheln et al. (2021a) gegeben.

Bewusstsein für eine umwelt-, klima- und ressourcenschonende Infrastrukturgestaltung schaffen und Ressourcenschonung zum Thema in den Stadtplanungs-, Stadtentwicklungs- und Umweltämtern, weiteren Fachämtern und bei Stakeholdern machen



Wie Auswertungen von Infrastrukturdiskursen in Wissenschaft und Praxis zeigen, besteht ein Zusammenhang zwischen den Zielen und Anforderungen für die Entwicklung der (öffentlichen) Infrastruktur und den politischen Vorgaben in den jeweiligen Infrastruktursektoren (Trapp et al. 2017). Nachhaltigkeitskriterien und die Ziele von Umwelt-, Klima- und Ressourcenschutz stehen dabei jedoch nicht unbedingt an erster Stelle, ökonomische Faktoren oder Konstruktionsdetails der gebauten Infrastrukturen spielen ebenfalls eine tragende Rolle. Die Bedeutung der Schnittstelle von Stadt- und Infrastrukturentwicklung für den Umwelt- und Klimaschutz sowie die Ressourcenschonung muss den Entscheidungsträgern in Bund und Ländern, den Kommunen als Umsetzungsebene sowie darüber hinaus

anderen relevanten Stakeholdern stärker bewusst gemacht werden. Ein besonderes Augenmerk ist dabei auch auf das Zusammenspiel der relevanten Akteur*innen bei Planung und Betrieb der Infrastrukturen zu legen. Sowohl Planung als auch Betrieb obliegt meist den Versorgungsunternehmen, welche von Beginn an in Entscheidungsprozesse der Stadtentwicklung einbezogen werden sollten, um bspw. auch Systemalternativen in den Blick nehmen zu können. Zudem zeigen Erkenntnisse aus Verbücheln et al. 2021, dass Ressourcenschonung als Kategorie einer nachhaltigen Stadtentwicklung in den Stadtplanungsämtern, Umweltämtern und weiteren relevanten Fachämtern (z. B. Verkehrsplanung, Wasserbehörde) zunächst überhaupt erst etabliert werden muss.

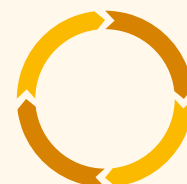
Kommunale Leitlinien und Grundsatzbeschlüsse zu Zielen für Umweltschutz und Ressourcenschonung erarbeiten



Um die Ressourcenperspektive, aber auch andere Umweltbelange in Planungsprozessen zu stärken, helfen klare politische Beschlüsse. Sie können deren Gewicht in den verschiedenen Planungsprozessen erhöhen und geben der Verwaltung in Verhandlungen zu städtebaulichen Projekten klare Positionen zur adäquaten Berücksichtigung dieser Ziele. Gerade wenn von aufwändigen Verfahren häufiger Abstand genommen wird, können Grundsatzbeschlüsse unterstützen, trotzdem die

Verfolgung der Umweltschutzziele in der Stadtentwicklung nicht aus den Augen zu verlieren. Ebenso sind auch Visionen, Leitbilder und Strategien wichtige Instrumente, um Umweltschutz- und Ressourcenschonungsziele auf gesamtstädtischer Ebene zu verankern (Keppner et al. 2021). Hierfür sollten sie generelle Umweltschutz- und Ressourcenschonungsvorgaben einer Kommune möglichst verbindlich und mit zeitlichem Horizont festschreiben.

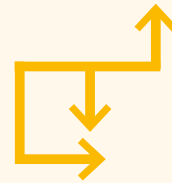
Ressourcenschonung als Kriterium bei Planungsprozessen berücksichtigen



Maßnahmen und Ziele für einen schonenden Umgang mit natürlichen Ressourcen sollten im stadtplanerischen Instrumentarium gezielt adressiert werden (z.B. in Klimaschutzkonzepten) und als Bewertungskriterium für Planungen herangezogen werden. Dies trifft in besonderem Maße auch für Infrastrukturplanungen zu, wo auf Seiten des Bundes, der Länder und der Kommunen sowie der Infrastrukturbetreiber vorbereitende oder konkretisierende Planungen vorgenommen werden (vgl. Trapp et al. 2017: 358ff). Zudem kann die Ressourceninanspruchnahme auf kommunaler Ebene als Bewertungskriterium in Planungs- und Steuerungsinstrumente integriert werden, beispielsweise in Energiekonzepten, Verkehrskonzepten sowie weiteren Konzepten der Fachplanungen. Mögliche Kriterien wären eine möglichst sparsame Nutzung von natürlichen Ressourcen, die Erwägung

von Projektvarianten oder eine Differenzierung abhängig von den damit verbundenen Umwelteffekten und nach Ressourcenarten. Damit könnte Ressourceneffizienzpolitik unterstützt und die Entwicklung und Umsetzung kommunaler Ressourcenstrategien gefördert werden. Auf methodisch-konzeptioneller Ebene ist in diesem Zusammenhang jedoch nach wie vor zu erarbeiten, wie „Ressourcenschonung“ vor Ort, d. h. im Rahmen der kommunalen Planungshoheit (gemäß Artikel 28 Absatz 2 Grundgesetz), operationalisiert werden kann und welche Daten in den Kommunen vorliegen. Denkbar wäre in diesem Zusammenhang auch auf Bundesebene die Auslobung eines Wettbewerbs „Ressourcenschonende Kommune“ (Trapp et al. 2017).

Ressourcenschonung frühzeitig und strategisch in Planungsprozesse integrieren und Aufgaben projekt- und querschnittsbezogen organisieren



Organisationsformen, welche die Schnittstellen zwischen Stadt- und Infrastrukturentwicklung von Beginn an einbeziehen, helfen Potentiale zur Ressourcenschonung zu mobilisieren (vgl. Buchert et al. 2021, Verbücheln et al. 2021). Dafür braucht es Offenheit in den Verwaltungen und bei den beteiligten Akteur*innen. Über Modellvorhaben kann evaluiert werden, wie sich solche projekt- und querschnittsorientierten Organisationsformen (wie verwaltungsinterne und -externe

Projektteams für konkrete Vorhaben) auf die stärkere Berücksichtigung von Umweltbelangen wie Ressourcenschonung und eine stärkere Verzahnung von Stadt- und Infrastrukturentwicklung auswirken. Insbesondere die Auseinandersetzung mit Fragen der zukünftigen Gestaltung der Infrastrukturen sollte sektorübergreifend und zugleich abhängig von den konkreten städtebaulichen und technischen Bedingungen erfolgen.

Ressourcenbezogene Fachkonzepte für Infrastrukturplanungen in der Bauleitplanung berücksichtigen



Mit städtebaulichen Entwicklungskonzepten bietet die Bauleitplanung bereits ein Instrument zur Stärkung der Position von Fachkonzepten. Der Beschluss von umwelt-, klima- und ressourcenschutzbezogenen Konzepten der Infrastrukturplanung (wie bspw. informellen Klimaschutz- und Energiekonzepte, Verkehrskonzepte usw.) als

städtebauliche Entwicklungskonzepte oder sonstige städtebauliche Planung nach §1 (6) Nr. 11 BauGB führt dazu, dass sie in der Bauleitplanung zu berücksichtigen sind. Ihre systematische Anwendung in der kommunalen Planungspraxis gilt es demnach zu stärken.

Flächennutzungsplan als Instrument einer abgestimmten Stadt- und Infrastrukturplanung nutzen



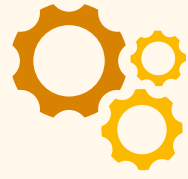
Der Flächennutzungsplan sollte als dynamisches Planungsinstrument aufgebaut und mit einem begleitenden Monitoring versehen werden (bspw. zur Entwicklung von Einwohnerdichten). Somit wird möglich, dass die inhaltlichen Abhängigkeiten der verschiedenen Planungen (bspw. Siedlungsplanung und Verkehrsplanung) sichtbar werden und bei dynamischen Entwicklungen deutlich wird, welche Veränderungen bspw. Neuentwicklungen in der Siedlungsplanung auf den Verkehr haben. Abhängigkeiten sollten dabei verbindlich berücksichtigt werden. So könnte bspw. die Entwicklung

eines Bebauungsplans aus dem Flächennutzungsplan nur erfolgen, wenn hierdurch in einem inhaltlich abhängigen Planungsbereich wie bspw. der Verkehrsplanung Auslastungsgrenzen nicht überschritten würden (i.S. der Regelungen für B-Pläne §9 Abs. 2 BauGB), bzw. andernfalls wäre direkt die „Mitplanung“ der jeweiligen Infrastruktur notwendig (vgl. auch Buchert et al. 2021). Dies ist insbesondere in Kommunen mit wachsender Bevölkerungszahl und hohem Entwicklungsdruck relevant.

Umsetzung einer strategischen kommunalen Bodenpolitik stärken

Kommunen können auf verschiedene Instrumente zurückgreifen, um eine ressourcenschonende Stadtplanung umzusetzen. Ein zentrales Element sind dabei die vertrags- und vergaberechtlichen Möglichkeiten einer kommunalen Bodenpolitik wie städtebauliche Verträge, Grundstückskaufverträge, Direkt- und Konzeptvergaben (vgl. Buchert

al 2021, Verbücheln et al. 2021). Insbesondere als Grundstückseigentümerinnen können Kommunen über die Instrumente der Vergabe und Verträge eine ressourcenschonendere Gestaltung von Flächen steuern.



6 Fazit und Ausblick

Dieser Beitrag hat anhand von Ergebnissen einiger ausgewählter Forschungsvorhaben aufgezeigt, dass es viele Ansatzpunkte für eine Stärkung der Ressourcenperspektive in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung gibt. Nicht zuletzt vor dem Hintergrund der aktuellen politischen Bestrebungen, den Wohnungsbau in den nächsten Jahren massiv voranzubringen, gewinnt die Ressourcenperspektive in der Stadt- und Infrastrukturplanung nochmals eine besondere Relevanz. Denn die Schaffung von 400.000 neuen Wohneinheiten im Jahr sowie der dazugehörigen Infrastrukturen ist mit potentiell enormen Auswirkungen auf die Ressourceninanspruchnahme verbunden. Einige Ansatzpunkte, wie diese im Instrumentarium der Stadt- und Infrastrukturentwicklung besser adressiert werden können, wurden in den vorangegangenen Kapiteln diskutiert. Als generelle Botschaften lassen sich folgende Punkte nennen:

Operationalisierung

Ressourcenschonung wird in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung bislang nicht direkt thematisiert. Dennoch gibt es viele Einflussmöglichkeiten auf die Inanspruchnahme natürlicher Ressourcen in den formellen und informellen Planungsinstrumenten sowie im Rahmen von Akteurskooperation und Kommunikation. Für eine bessere Operationalisierung sollten Belange der Ressourcenschonung mit Kriterien untersetzt werden und stärkere Berücksichtigung finden im Instrumentarium an der Schnittstelle von Stadtplanung und Infrastrukturentwicklung (z. B. in Fachkonzepten).

Sensibilisierung und Zieldefinition

Eine integrierte Bearbeitung von Fragestellungen eröffnet neue Möglichkeiten und Potentiale für Synergien. So weist speziell der Klimaschutz Schnittstellen zur Ressourcenschonung auf und vice versa (z. B. können Maßnahmen zur Einsparung von Baumaterialien auch THG-Emissionen einsparen). Daher erweist sich das in vielen Kommunen mittlerweile etablierte Klimaschutzmanagement als eine geeignete Stelle, um Belange der Ressourcenschonung zu integrieren. Eine stärkere Sensibilisierung von Kommunalverwaltungen und politischen Entscheidungsträgern für die Zusammenhänge zwischen Klimaschutz und Ressourcenschonung kann zudem wesentlich dazu beitragen, dass Aspekte der Ressourcenschonung stärkere Berücksichtigung in kommunalen Entscheidungen finden. Kommunale Leitlinien und Grundsatzbeschlüsse, in denen die Ziele formuliert sind, können die Grundlage hierfür bilden. Zudem kann eine räumliche Fokussierung, wie bspw. auf die Quartiersperspektive, bei der Konkretisierung von Maßnahmen und Beteiligungsprozessen helfen.

Akteursbeteiligung und -zusammenarbeit

Eine umfassende sozial-ökologische Transformation ist nur durch einen inkrementellen Wandel auch in der kommunalen Praxis zu erreichen, da ihm tradierte Strukturen und Pfadabhängigkeiten bei der Erbringung von Infrastrukturleistungen und in der öffentlichen Verwaltung gegenüberstehen. Nur wenn das Bewusstsein für Ressourcenfragen an der Schnittstelle zwischen Stadtplanung und Infrastrukturentwicklung geschärft ist, kann es gelingen, integrierte Strategien zu entwickeln. Eine besondere Rolle spielen hierbei informelle Prozesse und Instrumente, die häufig wesentlich zu einer gemeinschaftlichen Zielfindung und einem offenen und transparenten Austausch zwischen allen relevanten Ebenen und Akteur*innen beitragen. Zudem bedarf die Entwicklung integrierter Konzepte einer inter- und transdisziplinären Zusammenarbeit in den Fachabteilungen (z. B. Stadtplanung mit Verkehrsplanung, Architektur mit Freiraumplanung). Deren Grundstein sollte bereits in den Ausbildungsstrukturen geschaffen werden. Auch zeigt die Praxis, dass transformative Prozesse eine frühzeitige Beteiligung aller relevanten Akteur*innen der Stadtgesellschaft voraussetzen.

Dieses Papier ist als Diskussionsbeitrag zu verstehen und hat zum Ziel, sowohl die Umweltschutzpotentiale durch eine ressourcenschonende Stadt- und Infrastrukturentwicklung als auch praktische Umsetzungsmöglichkeiten zu skizzieren. Ziel war es, die Aufmerksamkeit auf die Schnittstelle zwischen Ressourcenschonung, Stadtplanung und Infrastrukturentwicklung zu lenken. Zudem sollten erste Empfehlungen abgeleitet werden, wie Ressourcenschonung in der Stadt- und Infrastrukturentwicklung gestärkt werden kann. Anspruch dieses Papiers ist es allerdings nicht, eine systematische Aufarbeitung der Thematik in all ihrer Vielfalt zu leisten. Hier wird künftiger Forschungsbedarf gesehen, um weitere Handlungsoptionen an der hier diskutierten Schnittstelle zu beleuchten.

Wie in Kapitel 3 bereits angeführt, wäre in diesem Kontext ein tiefergehend zu betrachtendes Thema beispielsweise die Städtebauförderung. Sie wäre unter dem Blickwinkel der Ressourcenschonung zu analysieren, z. B. im Hinblick auf die konkrete Implementierung ressourcenbezogener Aspekte in Verwaltungsvereinbarungen oder Umsetzungsoptionen auf Basis der aktuellen Regularien. Eine weitere interessante Fragestellung wäre die generelle Vereinheitlichung von EU-, Bundes- und Landesförderprogrammen für die Kommunen. Eine Reduktion der Komplexität durch Vereinheitlichung und Vereinfachung von Programmen und Verwaltungsverfahren wäre für viele Kommunen essentiell, um – im Hinblick auf personelle Kapazitätsengpässe – überhaupt Förderanträge zu stellen und Fördergelder in Anspruch nehmen zu können. Zudem sollten übergeordnete Programme den Kommunen – auch im Hinblick auf die kommunale Selbstverwaltung – genügend eigenen Spielraum einräumen und langfristige Perspektiven ermöglichen, über die üblichen Förderzeiträume von drei Jahren hinaus. Nur so kann in den Kommunen eine ausreichende Kontinuität geschaffen werden, um Maßnahmen nicht nur zu projektieren, sondern sie auch erfolgreich in die Umsetzung zu bringen. Hier sind allerdings Bund und Länder in der Verantwortung, die Kommunen einerseits und die weitere umsetzungsorientierte Forschung andererseits zu unterstützen.

Die Empfehlungen und auch die abschließenden Botschaften dieses Papiers sind noch weitgehend abstrakt gehalten und bedürfen einer weiteren Vertiefung, die durch entsprechende Forschungsvorhaben zu unterstützen wäre (s. auch bereits erste konkrete Empfehlungen in Verbücheln et al. (2021a)). Das Umweltbundesamt führt im Rahmen seines Schwerpunktes zum Urbanen Umweltschutz laufend weitere Vorhaben in diesem Kontext durch (z. B. zu Infrastrukturen in Wachstumsregionen, symbiotischen Gewerbegebieten etc., s. auch www.umweltbundesamt.de/urbaner-umweltschutz).

Literatur

- Ahlhelm, I., Bula, A., Frerichs, S., Hinzen, A., Madry, T., Schüle, R., Groth, K.-M., Kerstan, S., Jansen U., Freund, T. 2013: Klimaschutz in der räumlichen Planung: Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung. Hrsg. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Akademie für Raumentwicklung in der Leibniz-Gemeinschaft (ARL) o.J.: Hauptinstrumente des Planungssystems. Online: <https://www.arl-net.de/de/commin/deutschland-germany/14-hauptinstrumente-des-planungssystems>, abgerufen am 13.10.2021.
- Altrock, U., Gerlach, U., Rolfes, M., Weith, T., Wilhelm, J., Pietschmann, H., Haller, C., Gödecke-Stellmann, J. 2012: Evaluierung der Städtebauförderung: Leitfaden für Programmverantwortliche. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS), Berlin.
- Baugesetzbuch (BauGB) in der letzten Neufassung vom 8. Dezember 1986, mit letzter Änderung zum 15. September 2021.
- Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU) (Hrsg.) 2008: Leitfaden zur Abwärmenutzung in Kommunen. Augsburg.
- Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie (StMWi) (Hrsg.) 2021: Energie-Atlas Bayern. <https://www.energieatlas.bayern.de/kommunen/energiemanagement/abwasser/waerme.html>, Stand/aktualisierte Version vom 22.04.21.
- Berger, C. 2019: Ein Holz-Hybrid-Hochhaus für Pforzheim. Springer Professional Online. Link: <https://www.springerprofessional.de/holzbau/hochhaeuser/ein-holz-hybrid-hochhaus-fuer-pforzheim/16414922>, abgerufen am 28.07.2021.
- Buchert, M., Bleher, D.; Degreif, S. 2021: Umweltschutz durch integrierte Planungsprozesse an der Schnittstelle von Stadt- und Infrastrukturplanung. Hrsg.: Umweltbundesamt, UBA Texte 120/2021, Dessau-Roßlau.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) 2016: Gemeinsame Evaluierung der Programme Stadtumbau Ost und Stadtumbau West, Bonn, https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2017/evaluierung-stadtumbau-ost-west-dl.pdf?__blob=publicationFile&v=1, abgerufen am 09.02.2022.
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (Hrsg.) 2020: Anpassungen städtischer Infrastrukturen im Stadtumbau unter Wachstums- und Schrumpfungbedingungen, Bonn, https://www.staedtebaufoerderung.info/SharedDocs/downloads/DE/ProgrammeVor2020/Stadtumbau/bbsr-online-2020-03.pdf?__blob=publicationFile&v=2, abgerufen am 09.02.2022.
- Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat (BMI) 2020: Stadtentwicklungsbericht der Bundesregierung 2020. Berlin.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2021: Ergebnisse der Waldzustandserhebung 2020. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ergebnisse-waldzustandserhebung-2020.html>, abgerufen am 12.07.2021.
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) 2021a: Waldbericht der Bundesregierung 2021. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2016: Den ökologischen Wandel gestalten – Integriertes Umweltprogramm 2030. Berlin.
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) 2020: Deutsches Ressourceneffizienzprogramm ProgRes III. Berlin.
- Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen online 2021: https://www.staedtebaufoerderung.info/DE/Programme/WachstumNachhaltigeErneuerung/wachstumnachhaltigeerneuerung_node.html, abgerufen am 22.12.2021.
- Bundesregierung 2021: Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie – Weiterentwicklung 2021. Berlin.
- Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) 2019: Wie heizt Deutschland? BDEW-Studie zum Heizungsmarkt https://www.bdew.de/media/documents/Pub_20191031_Wie-heizt-Deutschland-2019.pdf
- Buri, R., Kobel, B. 2004: Wärmenutzung aus Abwasser. Leitfaden für Inhaber, Betreiber und Planer von Abwasserreinigungsanlagen und Kanalisationen. Hrsg.: Bundesamt für Energie, Bern/Schweiz.
- European Environment Agency (EEA) 2015: Urban sustainability issues – What is a resource-efficient city? EEA Technical report No 23/2015. Luxembourg. DOI: 10.2800/389017.
- Fritz, S., Butz, J. 2015: Realisierte Abwasserwärmenutzungsanlagen. Recherche im Rahmen des Initialisierungsprogrammes in Baden – Württemberg, Hrsg.: Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, Stuttgart.
- Institut Arbeit und Technik (IAT) 2019: Symbiotische Gewerbegebiete: Nachhaltige Ansätze, Potentiale für die Strukturwandelregionen sowie Möglichkeiten und Grenzen der Übertragbarkeit auf Nutzungsgemischte Quartiere / SymbiotiQ. Online: <https://www.iat.eu/forschung-und-beratung/projekte/2019/symbiotiq-symbiotische-gewerbegebiete-nachhaltige-ansaeze-potentiale-fuer-die-strukturwandelregionen-sowie-moeglichkeiten-und-grenzen-der-uebertragbarkeit-auf-nutzungsgemischte-quartiere.html>, abgerufen am 07.03.2022.
- Keppner, B., Kahlenborn, W., Libbe, J., Lange, K., Weiler, P., Gieschen, J.-H. 2021 (im Erscheinen): Direkte und indirekte Umwelteffekte von intelligenten, vernetzten urbanen Infrastrukturen. Abschlussbericht. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

- Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) 2017: KfW-Kommunalpanel 2017, Frankfurt am Main.
- Landeshauptstadt München 2018: Strategische Leitlinie „aktive und verantwortungsbewusste digitale Transformation“. München.
- Ministerium für Infrastruktur und Landesplanung (MIL) Brandenburg 2021: <https://buerbeteiligung-mil.brandenburg.de/bbp/de/planungsverfahren/informelle-planverfahren/integrierte-stadtentwicklungskonzepte-%28insek%29/>, zuletzt abgerufen am 11.05.2021.
- Peters, M., Steidle, Th., Böhnisch, H. 2020: Handlungsleitfaden: Kommunale Wärmeplanung, Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (Hrsg.), Stuttgart.
- Pichlmaier, F. 2018: Ressourceneffizienzpotenziale von Gewerbegebieten. In: VDI ZRE Publikationen: Kurzanalyse Nr. 22. Berlin.
- Röse, M., Verbücheln, M., Wittkötter, F., Ratz, P. 2020: Klimaschutz & Ressourceneffizienz: Ressourcen schonen und zugleich das Klima schützen – Beispiele aus der kommunalen Praxis. Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (Hrsg.). Berlin.
- Schmidt, M., Monstadt, J. 2018: Infrastruktur. In: Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung, ARL – Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hrsg.), S. 975 – 988, Hannover.
- Schiller, G.; Gutsche, J.-M.; Siedentop, S.; Deilmann, C. 2009: Von der Außen- zur Innenentwicklung in Städten und Gemeinden: Das Kostenparadoxon der Baulandentwicklung, UBA Texte 31/2009. Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Schiller, G., Ortlepp, R., Krauß, N., Steger, S., Schütz, H., Fernández, J., Reichenbach, J., Wagner, J., Baumann, J. 2015: Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. Hrsg.: Umweltbundesamt, UBA Texte 83/2015, Dessau-Roßlau.
- Schnabel, F., Heydkamp, C., Schmitz, M., Braun, S., Albrecht, P., Lonien, J., Rothballer, C., Jacobi, N., Ullrich, P. 2020: Smarte umweltrelevante Infrastrukturen: Anwendungsfelder, Bedarfe, Praxiserfahrung aus kommunaler Sicht. Hrsg.: Umweltbundesamt, UBA Texte 74/2020, Dessau-Roßlau.
- Statista 2021: Urbanisierungsgrad: Anteil der Stadtbewohner an der Gesamtbevölkerung in Deutschland in den Jahren von 2000 bis 2020. Online: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/662560/umfrage/urbanisierung-in-deutschland/>, abgerufen am 14.10.2021.
- Statistisches Bundesamt (Destatis) 2022: Siedlungs- und Verkehrsfläche wächst jeden Tag um 54 Hektar. Online: https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/flaechenindikator_aktuell.html;jsessionid=679B79A76BF272A2DFEA23A3B14BC086.live742, abgerufen am 01.04.2022.
- SPD, BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN und FDP 2021: Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021 – 2025, <https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800>
- Tichelmann K.U., Groß, K., Günther, M. 2016: Deutschland Studie 2015. Wohnraumpotentiale durch Aufstockungen. Darmstadt.
- Trapp, J., Libbe, J., Arndt, W.-H., Schneider, S., Verbücheln, M., Winkelhaus, J., Mottschall, M., Bauknecht, D., Bergmann, T., Gröger, J., Hausigke S. 2017: Ressourceneleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2010: Rohstoffeffizienz – Wirtschaft entlasten, Umwelt schonen. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2017: Urban Mining – Ressourcenschonung im Anthropozän. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2018: Urbaner Umweltschutz: Die strategische Forschungsagenda des Umweltbundesamtes. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2018a: Die Nutzung natürlicher Ressourcen: Bericht für Deutschland 2018. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2019: Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE: Langfassung. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2020: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke->, abgerufen am 07.05.2021.
- Umweltbundesamt (UBA) 2021: Ressourcennutzung und ihre Folgen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/ressourcennutzung-ihre-folgen>, abgerufen am 12.10.2021.
- Umweltbundesamt (UBA) 2021a: Umweltschutz, Wald und nachhaltige Holznutzung in Deutschland. Hintergrund März 2021. Dessau-Roßlau.
- Umweltbundesamt (UBA) 2021b: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/abfall-ressourcen/abfallwirtschaft/urban-mining#was-ist-urban-mining->, zuletzt abgerufen am 29.10.2021.
- Umweltbundesamt (UBA) 2021c: Serielle Sanierung in Europa und Deutschland. Abschlussbericht im Rahmen des Projekts „Abbau von Hemmnissen bei der energetischen Gebäudesanierung durch industrielle Vorfertigung“. UBA-Texte 114/2021.
- Umweltbundesamt (UBA) 2021d: Erneuerbare Energien in Zahlen. Online: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick>, abgerufen am 07.03.2022.
- United Nations Environment (UN Environment) 2017: Resilience and Resource Efficiency in Cities. New York.

URBACT 2021: Resourceful Cities: Urban Resource centers explained! Online: <https://urbact.eu/resourceful-cities-urban-resource-centers-explained>, abgerufen am 12.10.2021.

Verbücheln, M., Buchert, M., Bleher, D., Dolega, P. 2021: Steuerbare urbane Stoffströme – Möglichkeiten und Grenzen der nachhaltigen Steuerung städtischer und stadtreionaler Stoffströme mittels Instrumenten der Stadtplanung. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Öko-Institut e. V., Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.

Verbücheln, M., Buchert, M., Bleher, D., Dolega, P. 2021a: Hintergrundpapier Ressourcenschutz durch Stadtplanung und Stadtentwicklung – Hinweise für Bund und Länder aus dem Ressortforschungsvorhaben „Steuerbare urbane Stoffströme – Möglichkeiten und Grenzen der nachhaltigen Steuerung städtischer und stadtreionaler Stoffströme mittels Instrumenten der Stadtplanung“. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH (Difu), Öko-Institut e. V., Hrsg.: Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/ressourcenschutz-durch-stadtplanung>

Verbücheln M., Wagner-Andres S., Gsell M., Dehoust G. 2019: Stoffkreisläufe und Stoffströme auf der regionalen und lokalen Ebene optimieren: Handlungsfelder, Fallbeispiele und Empfehlungen für Kommunen. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.

Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) 2016: Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Berlin.

WWF Deutschland 2019: Klimaschutz in der Beton und Zementindustrie: Hintergrund und Handlungsoptionen. Berlin.



► **Unsere Broschüren als Download**
Kurzlink: bit.ly/2dowYYI

 www.facebook.com/umweltbundesamt.de
 www.twitter.com/umweltbundesamt
 www.youtube.com/user/umweltbundesamt
 www.instagram.com/umweltbundesamt/