

TEXTE

40/2026

Abschlussbericht

Demografische Entwicklung in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten

**Auswirkungen auf die Nutzung von natürlichen
Ressourcen - Szenarien und Handlungsansätze
(DemRess II)**

von:

Anja Bierwirth, Laura Bergs, Michaela Roelfes, Sören Steger
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal

Stefan Frerichs
BKR Aachen Noky & Simon, Aachen

Herausgeber:
Umweltbundesamt

TEXTE 40/2026

REFOPLAN des Bundesministeriums Umwelt,
Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz

Forschungskennzahl 3717 16 101 0
FB001823

Abschlussbericht

Demografische Entwicklung in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten

Auswirkungen auf die Nutzung von natürlichen
Ressourcen - Szenarien und Handlungsansätze
(DemRess II)

von

Anja Bierwirth, Laura Bergs, Michaela Roelfes, Sören Steger
Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH, Wuppertal

Stefan Frerichs
BKR Aachen Noky & Simon, Aachen

Im Auftrag des Umweltbundesamtes

Impressum

Herausgeber

Umweltbundesamt
Wörlitzer Platz 1
06844 Dessau-Roßlau
Tel: +49 340-2103-0
Fax: +49 340-2103-2285
buergerservice@uba.de
Internet: www.umweltbundesamt.de

Durchführung der Studie:

Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH
Döppersberg 19
42103 Wuppertal

BKR Aachen Noky & Simon
Kirberichshofer Weg 6
52066 Aachen

Abschlussdatum:

Mai 2021

Redaktion:

Fachgebiet I.2.5 Nachhaltige Raumentwicklung, Umweltprüfungen
Christoph Rau

DOI:

<https://doi.org/10.60810/openumwelt-8376>

ISSN 1862-4804

Dessau-Roßlau, März 2026

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen*Autoren.

Kurzbeschreibung: Demografische Entwicklung in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten

Die Flächen- und Ressourcenverbräuche in der Siedlungsentwicklung sind in hohem Maße abhängig von der jeweiligen kommunalen Strategie, mit der Wohnraumbedarfe adressiert werden. Wachsende Kommunen stehen hierbei vor der Herausforderung, dass sie nicht nur Angebote für neu Zuziehende schaffen müssen, sondern oft auch mit einer älter werdenden Bevölkerung vor der Aufgabe stehen, altengerechte Wohnangebote zu schaffen. Gleichzeitig sind sie angehalten, ihre Beiträge zum Klimaschutz zu leisten, müssen vor dem Hintergrund der Folgen des Klimawandels Maßnahmen zur Anpassung ergreifen und sollen ökologische Folgen der Siedlungsentwicklung möglichst geringhalten.

Im vorliegenden Abschlussbericht werden die Auswirkungen auf Flächen- und Ressourcenverbräuche vorgestellt, die eine Entwicklung nach außen durch die Inanspruchnahme bisher nicht entwickelter Flächen im Vergleich zu einer Innenentwicklung hat. Dabei werden Handlungsempfehlungen vorgestellt, die Kommunen in der Planung, der Information und der Kooperation für eine flächen- und ressourcenschonende Siedlungsentwicklung umsetzen können. Es wird aber auch verdeutlicht, an welchen Stellen kommunales Handeln begrenzt ist und dass es letztlich eine konsistente Politikgestaltung im politischen Mehr-Ebenen-System braucht.

Abstract: Demographic development in urban regions with stressed housing markets

Land and resource consumption in settlement development is highly dependent on the strategy used by each local authority to address housing needs. Growing municipalities are faced with the challenge that they not only have to create offers for new inhabitants, but are also often faced with an aging population and the task of creating housing offers suitable for elderly people. At the same time, they are required to make their contribution to climate protection, must take measures for adaptation against the background of the impacts of climate change and should keep ecological consequences of settlement development as low as possible.

This final report presents the effects on land and resource consumption that outward development has by taking up previously undeveloped land compared to inward development. Recommendations for action are presented that municipalities can implement in planning, information and cooperation for land- and resource-saving settlement development. However, it is also made clear where municipal action is limited and that, ultimately, consistent policy-making is needed in the political multi-level system.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	10
Tabellenverzeichnis	13
Abkürzungsverzeichnis	14
Zusammenfassung	16
Summary	27
1 Einleitung	37
1.1 Programmatische Politiken und Strategien in Deutschland zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs	38
1.2 Demografische Entwicklung in Deutschland	43
1.3 Demografischer Wandel und die Nutzung natürlicher Ressourcen	46
2 Methodisches Vorgehen	50
2.1 Entwicklung von Analysekr iterien und Indikatoren für eine ressourcenschonende Stadtentwicklung	50
2.2 Auswertung formeller Planunterlagen und informeller Konzepte zur Fallstudienauswahl und -bearbeitung	52
3 Ausgewählte Ressourcen und nutzungsbedingte ökologische Problemlagen	54
3.1 Ressource Fläche	54
3.1.1 Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen	54
3.1.2 Flächennutzungskonkurrenzen	55
3.2 Ressource Material	56
3.3 Ressource Energie	59
3.3.1 Siedlungs- und infrastrukturelle Bedingungen des Energieverbrauchs	60
3.3.2 Quartiersspezifische Bedingungen des Energieverbrauchs	60
3.3.3 Gebäudespezifische Bedingungen des Energieverbrauchs	64
3.3.4 Verhaltens- und milieuspezifische Bedingungen des Energieverbrauchs	66
4 Ressourcendimensionen des Stadtwachstums: Szenarioanalysen	67
4.1 Durchführung lokalspezifischer Workshops in den Fallstudienstädten	68
4.2 Berechnung der Materialbilanzen der kommunalen Szenarien	71
4.2.1 Datengrundlage	71
4.2.2 Weitere Ressourcen Aspekte zur Entwicklung der kommunalen Szenarien	84
4.3 Ergebnisse der kommunalen Szenarien	85
4.3.1 Vergleich pro Wohneinheit am Beispiel der Fallstudie der Kommune B	86
4.3.2 Absoluter Materialbedarf am Fallbeispiel der Kommune C	89

4.3.3	Materialbedarf für die Haustechnik am Fallbeispiel der Kommune D	91
4.3.4	Summierte Materialzusammensetzung von Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik am Fallbeispiel Kommune A	93
4.3.5	Vergleich mit CO ₂ , KEA und RMI am Fallbeispiel von Kommune A	95
4.3.5.1	Rohmaterialeinsatz.....	95
4.3.5.2	Carbon Footprint	96
4.3.5.3	Kumulierter Energieaufwand	97
4.3.6	Modellierte Flächenbedarfe am Fallbeispiel der Kommune C	98
4.3.7	Einfluss verschiedener Stellschrauben auf die Szenarien.....	99
4.3.7.1	Unterkellerung, Tiefgarage und Parkfläche.....	99
4.3.7.2	Vertikale Nachverdichtung und Konversion / Umbau.....	100
4.3.7.3	Gebäudetypen im Vergleich am Fallbeispiel der Kommune C	102
4.3.8	Diskussion der Ergebnisse	104
5	Ressourceneffizienz als strategisches Konzept und planerisches Ziel der Stadtentwicklung: Analyse bestehender planerischer Instrumente zur Steuerung von Ressourceneffizienz.....	108
5.1	Raumordnung und Regionalplanung	110
5.2	Kommunale Steuerungsinstrumente	113
5.2.1	Baugesetzbuch	114
5.2.2	Baunutzungsverordnung	117
5.3	Fachrechtliche Regelungen und fachliche Konzepte/Strategien	118
5.4	Informelle Steuerungsinstrumente	118
6	Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche der Ressourceneffizienz	120
6.1	Handlungsansätze zu treibenden Kräften (Drivers): Regionale und kommunale Standort- und Demografiepolitik.....	121
6.1.1	Zielbereich 1: Steuerung der Wohnungsnachfrage im regionalen und überregionalen Kontext – Standortbestimmung von arbeitsplatzintensiven öffentlichen Infrastrukturen.....	122
6.1.1.1	Strategiebereich 1: Strategieentwicklung und Planungs- und Entscheidungskultur..	124
6.1.1.2	Strategiebereich 2: Unterstützungsbedarf für einkommensschwache Gruppen im Wohnungsmarkt.....	128
6.1.1.3	Strategiebereich 3: Integration von Zuwanderinnen und Zuwanderern in Wohnungs- und Immobilienmärkten	129
6.1.1.4	Strategiebereich 4: Nachhaltige Mobilitäts- und Kommunikationsstrukturen	129
6.1.2	Zielbereich 2: Strategien, Werkzeuge und Instrumente zur Schaffung von bedarfsgerechten Wohnraumangeboten im Siedlungsbestand.....	130
6.1.2.1	Strategiebereich 1: Bedarfsgerechter Umbau der Wohnungsbestände und Neubau	130

6.1.2.2	Strategiebereich 2: Demografie-gerechter Umbau bestehender Wohnungsbestände	131
6.1.2.3	Strategiebereich 3: Demografie-gerechter Umbau bestehender Wohnquartiere.....	132
6.2	Handlungsansätze zur Eindämmung von Umweltbelastungen (Pressure).....	132
6.2.1	Zielbereich 3: Nachhaltige Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in Stadtgebieten	132
6.2.1.1	Strategiebereich 1: Nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung – Bedarfsprognosen	132
6.2.1.2	Strategiebereich 2: Monitoring der Flächennutzung und Potenzialermittlung.....	134
6.2.1.3	Strategiebereich 3: Erhöhung der Nutzungseffizienz - Umwandlungen, Zwischennutzungen, Bedarfsgerechter Wohnungstausch.....	136
6.2.1.4	Strategiebereich 4: Erhalt und Entwicklung von Grün- und Freiflächen	140
6.2.1.5	Strategiebereich 5: Monitoring des Materialverbrauchs	141
6.2.2	Zielbereich 4: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung.....	142
6.2.2.1	Handlungsansätze zur Reduktion von Umweltbelastungen.....	142
6.2.3	Zielbereich 5: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine klimaschonende Siedlungsentwicklung.....	145
6.2.4	Zielbereich 6: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine umweltgerechte Siedlungsentwicklung.	148
6.2.4.1	Strategiebereich 1: Bodenschutz und Entsiegelung	149
6.2.4.2	Strategiebereich 2: Verbesserung der Luftqualität	149
6.2.4.3	Strategiebereich 3: Anpassung an die Folgen des Klimawandels.....	149
6.2.4.4	Strategiebereich 4: Reduzierung von Lärmbelastungen	151
6.2.4.5	Strategiebereich 5: Umweltprüfung.....	151
7	Schlussfolgerungen und Empfehlungen	152
7.1	Handlungsempfehlungen für die kommunale Ebene	152
7.2	Handlungsempfehlungen für die Bundes- und Landesebene	155
	Quellenverzeichnis.....	157
A	Anhang: Auswahl und Durchführung von Fallstudien	169
A.1	Auswahlprozess	169
B	Anhang: „Toolbox“ der kommunalen flächen- und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung	175
B.1	Handlungsansätze zu treibenden Kräften (Drivers): Kommunale und regionale Standort- und Demografiepolitik.....	175
B.1.1	Zielbereich 1: Nachfragesteuerung (Kommunale und regionale Demografiepolitik).....	175

B.1.2	Zielbereich 2: Bedarfsgerechter Umbau der Wohnungsbestände	177
B.2	Handlungsansätze zur Eindämmung von Umweltbelastungen (Pressure)	178
B.2.1	Zielbereich 3: Nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung	178
B.2.2	Zielbereich 4: Reduktion und Effizienzsteigerung im Materialverbrauch, Reduzierung des Abfallaufkommens	181
B.2.3	Zielbereich 5: Senkung des Energieverbrauchs und der CO2-Emissionen in wachsenden Metropolregionen	183
B.2.4	Zielbereich 6: Umweltgerechte Siedlungsentwicklung	187

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung.....	23
Abbildung 2:	Action approaches, target and strategy areas for resource-conserving, environmentally friendly urban development.....	33
Abbildung 3:	Wachsen und Schrumpfen von Städten und Gemeinden im Zeitintervall 2010 bis 2015 im bundesweiten Vergleich	37
Abbildung 4:	Die Neue Leipzig-Charta auf einen Blick	42
Abbildung 5:	Altenquotient in Deutschland (Kreisebene, 2020)	44
Abbildung 6:	Angespannte Wohnungsmärkte (Anwendung mietenpolitischer Instrumente) im Spiegel der Einwohnerentwicklung in den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands 2012 bis 2017 .45	
Abbildung 7:	Anteil der ausländischen Bevölkerung an der Kreisbevölkerung 2020	46
Abbildung 8:	Das DPSIR Framework zur Systemanalyse von Umweltproblemen	51
Abbildung 9:	Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland im Hinblick auf die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands.....	55
Abbildung 10:	Baustoffverteilung im Wohngebäudebestand (in Mio t)	58
Abbildung 11:	Baustoffverteilung im Nichtwohngebäudebestand	58
Abbildung 12:	Aufkommen von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland 2006 - 2015	59
Abbildung 13:	Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Sektoren zwischen 1990 und 2021	60
Abbildung 14:	Energieeffizienzpotenziale in Ruhrgebietsquartieren	64
Abbildung 15:	Gesamtverbrauch, der Energieverbrauch und Endenergieverbrauch im Sektor Haushalt nach Energieträgern (in 2016)	65
Abbildung 16:	Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – Private Haushalte (witterungsbereinigt)	65
Abbildung 17a-d:	Darstellung der vier Strategieansätze	70
Abbildung 18:	Beispiel Einfamilienhaus Baseline-Szenario	73
Abbildung 19:	Beispiel Mehrfamilienhaus Baseline-Szenario	74
Abbildung 20:	Beispiel Einfamilienhaus mit Standard Materialien Ressourceneffizienz-Szenario.....	75
Abbildung 21:	Beispiel Einfamilienhaus mit nachhaltigen Materialien Ressourceneffizienz-Szenario.....	76
Abbildung 22:	Beispiel Reihenhaushaus Ressourceneffizienz-Szenario.....	76
Abbildung 23:	Beispiel Mehrfamilienhaus Ressourceneffizienz-Szenario	77
Abbildung 24:	Beispiel Aufstockung Baseline-Szenario.....	78

Abbildung 25:	Gegenüberstellung des Materialbedarfs in Tonnen je Wohneinheit im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune B	87
Abbildung 26:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune C.....	90
Abbildung 27:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune C	90
Abbildung 28:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario im Vergleich zu Extrem-Szenarien bis 2030 am Beispiel Kommune C	91
Abbildung 29:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen für die Haustechnik nach Einsatzort im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune D	92
Abbildung 30:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen für die Haustechnik nach Einsatzort im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune D	92
Abbildung 31:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A.....	93
Abbildung 32:	Absoluter Materialbedarf in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A.....	94
Abbildung 33:	Absoluter Rohmaterialeinsatz in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A ...	96
Abbildung 34:	Absoluter Carbon Footprint in t CO ₂ -Eq. nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A	97
Abbildung 35:	Absoluter kumulierter Energieaufwand in GJ nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A ...	98
Abbildung 36:	Absoluter Materialverbrauch in t pro Stellplatzmöglichkeit ..	100
Abbildung 37:	Einsparung des Materialverbrauchs in Prozent im Vergleich Neubau zur Aufstockung und Neubau zur Sanierung pro m ² im Baseline-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C	101
Abbildung 38:	Einsparung des Materialverbrauchs in Prozent im Vergleich Neubau zur Aufstockung und Neubau zur Sanierung pro m ² links im Ressourceneffizient-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C.....	102

Abbildung 39:	Vergleich des Materialbedarfs in kg pro m ² der drei Haustypen ohne Keller und Tiefgarage im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C	103
Abbildung 40:	Vergleich des Materialbedarfs in kg pro Wohneinheit der drei Gebäudetypen mit den Annahmen der Szenarien im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario am Fallbeispiel Kommune C	104
Abbildung 41:	Das System der räumlichen Gesamtplanung	109
Abbildung 42:	Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung.....	121
Abbildung 43:	Plakative Darstellung von Entwicklungsszenarien zur Siedlungsentwicklung.....	126
Abbildung 44:	Beispielauswertung Altersstruktur und Leerstand im Dienst „Baulücken- und Leerstandskataster (BLK)“ des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen.	136
Abbildung 45:	Flächenbedarf nach Bebauungsart	137
Abbildung 46:	Gestaltung von Nachverdichtungsoptionen im Bestand.....	138
Abbildung 47:	Nachverdichtungstypologie im Bereich Ein- und Zweifamilienhausbau	139
Abbildung 48:	Bebauungsplan der Innenentwicklung zur geordneten Verdichtung älterer bebauter Siedlungsbereiche	140
Abbildung 49:	Phasen im Lebenszyklus eines Gebäudes	142
Abbildung 50:	Emissionen und Materialintensität bei Instandhaltung, energetischer Modernisierung und im Ersatzneubau.....	143
Abbildung 51:	Handlungsfelder einer klimaschützenden Siedlungsentwicklung	148
Abbildung 52:	Gemeinden Deutschlands nach Zentralitätsniveaus und Anwendung des Mietrechtsnovellierungsgesetz 2015	170
Abbildung 53:	Übersicht über die Fallstudienkandidaten – 'long list'	171
Abbildung 54:	Übersicht über überdurchschnittlich wachsende Gemeinden in Deutschland (n = 116) als potenzielle Fallstudienstädte.....	173

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Langfristiger Energiebedarf energetisch sanierter Wohn- und Nichtwohngebäude nach Stadtraumtyp61
Tabelle 2:	Aufbau Bodenplatte EFH, Baseline-Szenario, bezogen auf eine Bodenfläche von 75,4 m ²80
Tabelle 3:	Annahmen der Szenarien (kursiv gedruckt = unveränderliche Annahmen/nicht frei skalierbar) für die vier Fallbeispiele.....81
Tabelle 4:	Festlegungen zur Raumstruktur in Raumordnungsplänen.....112
Tabelle 5:	Potenziale und Hemmnisse zur Umsetzung von kompakten, umweltverträglichen Siedlungsstrukturen.....112
Tabelle 6:	Ausgewählte Maßnahmen des ressourcenschonend orientierten Bauens im öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Vertragsrecht116
Tabelle 7:	Übersicht zu wesentlichen Informationen und Indikatoren zu den vier Fallstudienkommunen172
Tabelle 8:	Entwicklung der Boden-, Immobilien- und Mietpreise172

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Erläuterung
Bspw.	Beispielsweise
BB	Brandenburg
BBSR	Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
BE	Berlin
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMUB	Bundesministerium für Umwelt, Bau, Naturschutz und Reaktorsicherheit
BW	Baden-Württemberg
BY	Bayern
CO₂	Kohlenstoffdioxid
d. h.	das heißt
EFH	Einfamilienhaus
Eq.	Äquivalente
GFZ	Geschossflächenzahl
GJ	Gigajoule
GRZ	Grundflächenzahl
GW	Grüne Wiese
HB	Hansestadt Bremen
HH	Hansestadt Hamburg
HE	Hessen
HN	Horizontale Nachverdichtung
K	Konversion
KEA	kumulierter Energieaufwand
kg	Kilogramm
MFH	Mehrfamilienhaus
MietNovG	Mietrechtsnovellierungsgesetz
NI	Niedersachsen
NRW	Nordrhein-Westfalen
RH	Reihenhaus
RMI	Rohmaterialeinsatz (Raw Material Input)
RP	Rheinland-Pfalz

Abkürzung	Erläuterung
SH	Schleswig-Holstein
SL	Saarland
SN	Sachsen
ST	Sachsen-Anhalt
t	Tonne
TH	Thüringen
VN	Vertikale Nachverdichtung
u. a.	unter anderem

Zusammenfassung

Einleitung

In wachsenden Städten und Regionen zeichnet sich ein großes Spannungsfeld zwischen zwei sozial-räumlich wirksamen Trends ab: Auf der einen Seite unterliegen diese einem erhöhten Wachstumsdruck. Die dynamische gewerbliche Entwicklung, der enorme demografische Druck auf dem Immobilien- und Wohnungsmarkt, die Notwendigkeit der Bereitstellung funktionierender Verbindungsachsen, aber auch die Notwendigkeit des Erhalts von Erholungsräumen verschärfen im besonderen Maße die Nutzungskonflikte über noch verfügbare Flächen innerhalb des Stadtraums, aber auch in der Außenentwicklung. Neben einer sozial nachhaltigen Entwicklung besteht eine große Herausforderung darin, die fortschreitenden Einschränkungen der Umwelt- und Aufenthaltsqualität durch Verkehr, Lärm und Luftschadstoffe, durch übernutzte Frei- und Grünräume sowie durch die Überlastung der natürlichen Ressourcen von Boden, Wasser, Lokalklima, Flora und Fauna abzumildern.

Wesentliche Bausteine zur Lösung dieses Widerspruchs sind eine verstärkte Innenentwicklung und die Aufbereitung und Nutzung von Brachflächen, um den Ausbau von Siedlungsflächen und die damit verbundene Verkehrserschließung zu begrenzen und zu minimieren. Als Umsetzungsebene zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs wird den städtischen Quartieren eine große Bedeutung beigemessen, in denen sich aufgrund des derzeitigen hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs ein entsprechend hohes Ressourceneffizienzpotenzial und die Chance auf die Entwicklung und Erprobung von ressourcensparenden Maßnahmen ergeben.

Fallstudienauswahl

Potenziell geeignete Fallstudien (n= 116) in Städten und Regionen wurden zunächst auf Basis der statistischen Angaben zu Bevölkerungs- und Flächenentwicklung identifiziert. In telefonischen Interviews wurden bei den als potenziell geeignet identifizierten Kommunen die spezifischen Herausforderungen und die Bereitschaft, als Fallstudie an dem Projekt mitzuwirken, abgefragt. Ergänzend wurden zwei Landesentwicklungspläne und vier Regionalpläne auf der Basis eines Screenings aller Regional- und Landesentwicklungspläne ausgewählt, wobei neben der inhaltlichen Relevanz ein wichtiges Auswahlkriterium in der Möglichkeit bestand, die vertikale Planintegration über die räumlichen Ebenen bis in die Kommunen zu verfolgen.

Im Rahmen der Auswertung wurde deutlich, dass die erforderlichen Daten für die ursprünglich vorgesehene Berechnung von Ressourcen-Szenarien auf der Ebene der Regionalplanung nicht verfügbar sind. Dieser Ansatz wurde daher nicht weiterverfolgt. Stattdessen wurden mit den Vertreter:innen der vier mitwirkungsbereiten Städte je zwei lokalspezifisch vertiefte Workshops durchgeführt, in denen (1) die Grundlagen für die Szenarien zur Abschätzung der Ressourcen- und Flächenbedarfe unterschiedlicher Stadtentwicklungsstrategien definiert und abgestimmt sowie (2) die Ergebnisse der Modellierung diskutiert wurden.

Ressourcendimensionen des Stadtwachstums: Szenarioanalysen

In den Workshops wurden mit den vier Fallstudienstädten lokalspezifische Ressourcen-Szenarien¹ erarbeitet. Es konnten vier Kommunen als Fallstudienstädte gewonnen werden, die

¹ Hierbei sind die immobilienwirtschaftlichen Rahmenbedingungen während des Zeitraums der Projektbearbeitung (2017 – 2021) zu berücksichtigen.

geprägt sind durch Bevölkerungszuwachs und einem entsprechenden Bedarf an zusätzlichem Wohnraum:

Kommune A rechnet bis 2030 mit einem weiteren Bevölkerungswachstum, weshalb das Stadtplanungsamt davon ausgeht, dass in den nächsten 10 Jahren **rund 3.000 Wohneinheiten neu geschaffen** werden müssen – nicht zuletzt für die wachsende Zahl Studierender, die in Kommune A als Teil der Modellregion für den Anbau und die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) erwartet wird. Kommune A ist weiterhin davon geprägt, dass es einerseits eine hohe Nachfrage nach bestimmten Segmenten des Wohnungsmarktes gibt, bspw. für junge Familien mit Kindern und auf der anderen Seite in anderen Wohnungssegmenten Leerstand existiert. Gleichzeitig sind den Kommunen aber durch die Eigentümerstruktur bei den innerstädtischen Flächen stark die Hände gebunden.

Kommune B wiederum rechnet bis 2030 sogar mit einem zusätzlichen **Bedarf von 15.900 Wohneinheiten**. Davon sollen 40% im sozialen Wohnungsbau geschaffen werden. Ein besonderes Merkmal der Kommune B ist der Status der gesamten Altstadt als UNESCO Weltkulturerbe, was bauliche Eingriffe in diesem Teil der Stadt massiv einschränkt. Gleichzeitig zieht die Stadt aus eben diesem Status ein erhebliches, wirtschaftliches Potenzial. Die Marke der Kommune B beizubehalten und weiterzuentwickeln spielt eine große Rolle bei der Stadtentwicklung.

Die Stadtverwaltung von **Kommune C** rechnet für die Zukunft bis 2030 mit einem Anstieg von **3.000 neuen Wohneinheiten**. Die im Rahmen der Gemeindereform 1976 aus vier Ortsteilen entstandene Große Kreisstadt wird als bis heute mehr von den lokalen Interessen als einer gemeinsamen Identität geprägt beschrieben, was sich etwa bei der Baulandausweisung zeigt. Im Sinne des Leitbildes einer kompakten Stadt, wird die Entwicklung entlang bestehender Trassen des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) verfolgt.

Kommune D rechnet bis 2030 mit einem Anstieg der Bevölkerung von ca. 5000 Einwohnern und möchte daher **2.600 zusätzliche Wohneinheiten bis 2030** erstellen. Durch Eingemeindungen in den letzten Jahrzehnten ist die Stadt auch in der Fläche gewachsen. Die Kernstadt ist heute von mehreren eher ländlich geprägten Ortsteilen umgeben. In der Kernstadt von Kommune D sind bis heute viele Grundstücke unbebaut und stellen ein erhebliches Verdichtungspotenzial dar. Gleichzeitig steigt der Altersdurchschnitt der Bevölkerung in Kommune D, wodurch ein zusätzlicher Bedarf nach entsprechenden sozialen Infrastrukturen und nach adäquatem Wohnraum- und Mobilitätsangebot besteht.

Im ersten Workshop wurden mit den kommunalen Teilnehmenden die vier grundsätzlichen Strategieansätze diskutiert und lokale Potenziale und Herausforderungen bei der Umsetzung der Strategieansätze abgeschätzt und anschließend für zwei Szenarien (Baseline-Szenario und Ressourceneffizienz-Szenario) eine Gewichtung der vier Strategieansätze vorgenommen:

1. Bauen „auf der grünen Wiese“: bedeutet die Entwicklung neuer Baugebiete auf bisher nicht erschlossenen Flächen und damit eine Ausweitung des Stadtgebiets. Hier können Ein-, Zwei oder auch Mehrfamilienhäuser entstehen. Hinzu kommt die begleitende Infrastruktur wie Straßen, Wege und Versorgungsleitungen.
2. Horizontale Nachverdichtung: bedeutet Neubau innerhalb des bestehenden Stadtgebiets, also die Schließung von Baulücken oder Nachverdichtung in bestehenden Gebäudeblöcken. Hier werden überwiegend Mehrfamilienhäuser gesehen, es können aber auch Ein- oder Zweifamilienhäuser entstehen. Eine zusätzliche Infrastruktur wird hierbei nicht benötigt
3. Vertikale Nachverdichtung: meint eine Aufstockung bestehender Gebäude oder Dachausbauten. Die Ausführung wird aus statischen Gründen in einer ressourcenleichten

Bauweise angenommen. Die statische Voraussetzung muss dennoch im Einzelfall geprüft werden. Eine zusätzliche Infrastruktur wird nicht benötigt.

4. Umnutzung und Konversion: umfasst die Umnutzung bestehender Nicht-Wohngebäude zu Wohnzwecken. Hierfür können etwa Bürogebäude, Speichergebäude, Gewerbe- oder Handwerksbetriebe geeignet sein. Nach Möglichkeit bleibt die Gebäudehülle erhalten, die aber ggf. einer energetischen Sanierung unterzogen wird. Horizontale und vertikale Nachverdichtung können hier ebenfalls eine Rolle spielen. Die Strategie umfasst zudem die Entwicklung von Brachflächen, etwa ehemaligen Industrie-, Militär- oder Bahnanlagen

Im zweiten Workshop wurden darauf aufbauend die Ergebnisse der beiden Szenarien präsentiert. Diese wurden jeweils unter den Maßgaben, die beim ersten Workshop und den Nachbereitungen der ersten Workshops abgestimmt wurden, modelliert.

Modellierungsansatz

Der Modellierungsansatz und die Formulierung der Szenarien wurden bewusst stark an die kommunalen Gegebenheiten und den daraus resultierenden planerischen Rahmen angepasst, so dass die Ergebnisse für die Planungen in den Kommunen möglichst gut nutzbar wurden.

Für die Modellierung der Szenarien in diesem Projekt wurden in jedem Szenario und für jeden Gebäudetyp jeweils nur eine spezifische Bauweise mit Bezug auf Daten von tatsächlich erstellten Wohngebäuden verwendet. Alternative Bauweisen innerhalb der beiden Szenarien konnten nicht berücksichtigt werden. Es liegen somit keine Information vor, ob und wie sich die Modellierungsergebnisse der beiden Szenarien verändern würden, wenn statt der Massivbauweise der spezifischen Gebäude, die hier für die Modellierung verwendet wurden, andere Gebäude mit anderen Konstruktionsweisen und Materialzusammensetzungen (bspw. Leichtbauweise oder Holzständerbauweise) verwendet worden wären. Entsprechend sind die Ergebnisse der Modellierung im Kontext der verwendeten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zu bewerten.

Diskussion der Ergebnisse

Die Ergebnisse der Szenarien der vier Fallstudienkommunen sind aufgrund der unterschiedlichen Eingabeparameter nicht direkt miteinander vergleichbar. Aber auch wenn der Bedarf an zusätzlichem Wohnraum, ausgedrückt in zusätzlichen Wohneinheiten, und die verschiedenen Strategieansätze in ihrer Akzentuierung in den vier Fallbeispielen unterschiedlich sind, ergeben sich in allen vier Fallbeispielen aus der Modellierung teilweise analoge Ergebnisse und Schlussfolgerungen.

Insgesamt ist in den Ergebnissen der Modellierung der vier Fallstudien zu erkennen, dass das Ressourceneffizienz-Szenario, mit den Annahmen, die diesen Szenarien zugrunde liegen, in den absoluten Rohstoffmengen und pro Wohneinheit besser abschneidet als das Baseline-Szenario. Dabei ergeben sich die Vorteile des Ressourceneffizienz-Szenarios weniger aus einer ressourcenleichteren Bauweise der Gebäudehülle (in beiden Szenarien werden Bauweisen für Neubauten modelliert, die hohe Anteile an Betonbauteilen vorsehen), sondern vielmehr durch 1) den Verzicht auf Tiefgaragen (in Mehrfamilienhäusern – MFH) und Unterkellerung (in Einfamilienhäusern – EFH – und Reihenhäusern – RH), 2) der geringeren Wohnfläche pro Wohneinheit und 3) einer höheren Anzahl an Stockwerken für Mehrfamilienhäuser im Ressourceneffizienz-Szenario.

Ein weiterer Einflussfaktor für den Materialbedarf pro Wohneinheit ist die Frage, ob die Schaffung neuen Wohnraums mit zusätzlichen Verkehrsinfrastrukturen verbunden ist. Im Gebäudemodell ist der Materialbedarf des Neubaus der Wohngebäude (d. h. für EFH, RH oder MFH) in der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ identisch mit dem Neubau auf der „Grünen

Wiese“. Durch den Bedarf an Verkehrsinfrastruktur steigt der gesamte Rohstoffbedarf für neue Wohneinheiten, die auf neu erschlossenen Siedlungsflächen gebaut werden aber noch einmal zum Teil deutlich an. Im Fallbeispiel Kommune B liegt der Materialbedarf pro Wohneinheit in EFH und RH für die Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ (d. h. ohne zusätzliche Verkehrsinfrastruktur) nur bei rund 61 % des vergleichbaren Materialbedarfs bei der Strategie „Grüne Wiese“. Für MFH verteilt sich der Aufwand für die zusätzliche Verkehrsinfrastruktur auf verschiedenen Wohneinheiten, so dass hier der Materialbedarf pro Wohneinheit innerhalb der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ nur 6 % geringer ist als bei der Strategie „Grüne Wiese“. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass mineralische Rohstoffe den größten Anteil an den verwendeten Baumaterialien haben, die derzeit im Hochbau nur zu einem sehr geringen Bestandteil aus Rezyklat bestehen oder Rezyklatbestandteile enthalten. Der Vergleich mit den anderen Umweltkategorien zeigt, dass die Bedeutung von Metallen zunimmt, wenn die vorgelagerten Produktionsketten oder die zu ihrer Herstellung notwendige Energie und den damit verbundenen Treibhausgasemissionen mit in die Betrachtung einbezogen werden.

Zusammenfassende Einschätzung

Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass der Materialverbrauch abhängig ist von verschiedenen Annahmen, die in den beiden Szenarien getroffen wurden. Wenn ein zuvor anderweitig genutztes Gebäude als Wohngebäude saniert, der Dachboden ausgebaut bzw. um ein Stockwerk aufgestockt wird, kann hiermit sehr materialeffizient neuer Wohnraum geschaffen werden. Damit sind die Strategien der Aufstockung und die Sanierung von Konversionsflächen innerhalb des Strategiemixes der beiden Szenarien die bevorzugte Lösung. Dagegen wäre die Strategie die „Grüne Wiese“ die materialintensivste Form neuen Wohnraum zu schaffen, da hier nicht nur komplett neue Gebäude gebaut werden müssen, sondern - wie gezeigt – der Neubau auch noch mit zusätzlich Verkehrsinfrastrukturen einhergeht.

Wenn neu gebaut werden soll, kann die Materialeffizienz erhöht werden, wenn auf einen Keller oder eine Tiefgarage verzichtet wird und stattdessen Parkmöglichkeiten über Quartiersparkhäuser geschaffen werden. Jedoch ist zu beachten, dass Kellerräume häufig für Haustechnik genutzt werden und beim Wegfall des Kellers der dafür notwendige Flächenbedarf zusätzlich oberirdisch zur Wohnfläche geschaffen werden muss und dies wieder zu einem zusätzlichen Flächen- und Materialverbrauch für die größere Gebäudehülle führt.

Die Ergebnisse der Modellierung der Szenarien zeigen, dass MFH pro Wohneinheit ressourceneffizienter sind als EFH oder RH. Zum einen sind die Wohneinheiten im MFH kleiner als im Einfamilien- und Reihenhäuser. Zum anderen verteilen sich im MFH die Materialaufwände für einzelne Bauteile der Gebäudehülle wie bspw. dem Dach auf verschiedenen Wohneinheiten. Wenn die Haustypen allerdings pro m² Wohnfläche verglichen werden sind die Ergebnisse nicht eindeutig und werden in den Fallstudien durch die Annahmen hinsichtlich der Unterkellerung und Tiefgaragen der Modellhäuser beeinflusst.

Ressourceneffizienz als strategisches Konzept und planerisches Ziel der Stadtentwicklung: Analyse bestehender planerischer Instrumente zur Steuerung von Ressourceneffizienz

Ein weiterer Schritt im Projekt ist die Analyse bestehender (Planungs-)Instrumente, inwiefern sie eine ressourceneffiziente Steuerung der städtischen Entwicklung ermöglichen bzw. sich dafür nutzen lassen.

Zur Umsetzung der programmatischen Ziele und Strategien einer nachhaltigen ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung steht der Stadt die Anwendung der informellen und formalen Planungsinstrumente und -werkzeuge zur Gestaltung von planerischen Lösungen und Genehmigungen zur Wohnraumschaffung auf regionaler und kommunaler Ebene offen. Mit ihrer Anwendung lässt sich der mit der Siedlungsentwicklung verbundene Ressourcen- und

Materialverbrauch bei der Realisierung der Planungen wie auch der zukünftigen Nutzung deutlich beeinflussen.

Raumordnung und Regionalplanung

Während die Raumordnung insbesondere den räumlichen Rahmen für die Siedlungs- und Freiraumentwicklung aufspannt, nimmt die kommunale Bauleitplanung durch ihre Darstellung der Grundzüge der Planung im Flächennutzungsplan und die Festsetzung der konkreten städtebaulichen Ordnung in den Bebauungsplänen erheblich größeren Einfluss auf den konkreten Ressourcenverbrauch durch Flächennutzung, Materialeinsatz und den im Rahmen der Ausübung der baulichen Nutzung erfolgenden Verbrauch von Energie und Wasser und das Abfallaufkommen.

Die Frage des Ressourcenverbrauchs spiegelt sich in der Leitvorstellung der Raumordnung einer nachhaltigen Raumentwicklung wider, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang zu bringen hat (§1 Abs. 2 ROG). In den Grundsätzen der Raumordnung wird diese Leitvorstellung neben vielen anderen anhand von Anforderungen und Planungsleitbildern konkretisiert, z.B. .

- Begrenzung der Flächeninanspruchnahme im Freiraum durch die Verringerung der erstmaligen Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme sowie durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen (§2 Abs. 2 Nr. 6 ROG),

Leitvorstellung und Grundsatz beinhalten zwei Grundgedanken der räumlichen Entwicklung: die ausgeglichene und die nachhaltige Entwicklung. Beides fußt auf der schonenden Nutzung der vorhandenen Ressourcen (Stichworte sind bspw. Nachhaltigkeit, Verantwortung für zukünftige Generationen).

Für die Aufstellung der Raumordnungspläne und Regionalpläne stellt das ROG mit den Zielen und den Grundsätzen zwei Typen von planerischen Instrumenten vor, die sich in ihrer Steuerungswirkung unterscheiden. Während den Zielen der Raumordnung aufgrund der Beachtens-Pflicht in §4 Abs. 1 ROG und fachgesetzlicher Raumordnungsklauseln im Sinne von §4 Abs. 1 Satz 3 ROG allgemein eine hohe Steuerungswirksamkeit bescheinigt wird, unterliegen die planerischen Grundsätze der Abwägung.

Kommunale Steuerungsinstrumente

Ihre administrative und rechtsverbindliche Umsetzung auf kommunaler Ebene erfolgt durch vorbereitende, häufig informelle Planungsinstrumente auf gesamtstädtischer Ebene in den Darstellungen zur Siedlungsflächenentwicklung im Flächennutzungsplan sowie auf teilräumlicher Ebene in den rechtsverbindlichen Festsetzungen im Rahmen der Bebauungsplanung. Verfahrensmäßig sind darin strategische Umweltprüfungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen integriert.

Das Besondere Städtebaurecht, u. a. mit den Instrumenten der Städtebaulichen Sanierungsmaßnahme und Stadtumbaumaßnahme, bietet ergänzende Ansatzpunkte zur Steuerung der Entwicklung im Siedlungsbestand und zur Umsetzung von Ressourcenschutzstrategien, bspw. aufgrund der Erhaltung und Erneuerung bestehender Bausubstanz und der Verbesserung der energetischen Eigenschaften des Baubestandes.

Weitergehende Regelungsmöglichkeiten bieten städtebauliche Verträge zur Durchführung von Bebauungsplänen, vorhabenbezogene Bebauungspläne und andere städtebauliche Maßnahmen des BauGB sowie – sofern die Stadt Grundstückseigentümerin ist – Kaufvertragsregelungen und Erbbaurechtsverträge.

Diese Planungsinstrumente verfügen über teilweise hohe Potenziale für die ressourcenschonende Siedlungsentwicklung und ihre Umsetzung. Daneben stehen allerdings auch Stadtentwicklungsprozesse, die sich kaum planerisch steuern lassen (bzw. die aus verschiedenen Gründen nicht gesteuert werden). Insbesondere stellen privatwirtschaftlich organisierte Bauprozesse im unbeplanten Siedlungsbestand im Sinne von §34 BauGB die Kommunen vor große Herausforderungen, sofern sie versuchen, diese planerisch zu steuern. Gleichwohl verfügen Kommunen auch für diese Prozesse prinzipiell über die Planungshoheit.

Nicht zuletzt bestehen Zielkonflikte zwischen umweltfachlichen Anforderungen und einer ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung, die planerisch zu bewältigen sind. In den Fallstudien wird bspw. häufig ein Zielkonflikt zwischen der Nachverdichtung des Siedlungskörpers und der ausreichenden Grünflächen- und Freiraumversorgung der Bevölkerung genannt.

Begünstigt werden Konfliktlösungen, sofern diese möglichst frühzeitig im Planungsprozess identifiziert und benannt werden, denn dann besteht die Chance, diese auch im planerischen Entwurfsprozess berücksichtigen zu können.

Baugesetzbuch

Der Aufgabe der Bauleitplanung folgend, „die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde nach Maßgabe dieses Gesetzbuchs vorzubereiten und zu leiten“ (§1 Abs. 1 BauGB) adressieren die verfahrensmäßigen und materiellen Regelungsmöglichkeiten insbesondere die Steuerung der Bodennutzung. Im Baugesetzbuch sind in §1 Abs. 5 eine Reihe von Planungsleitlinien als Anforderungen an den Planungsprozess formuliert, die die Gemeinden dazu auffordern, sich mit bestimmten Fragen der schonenden Ressourcennutzung auseinanderzusetzen, die direkt oder indirekt mit der Art und der Intensität der Flächennutzung zusammenhängen:

- ▶ nachhaltige städtebauliche Entwicklung auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen
- ▶ eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung unter Berücksichtigung der Wohnbedürfnisse der Bevölkerung
- ▶ Sicherung einer menschenwürdigen Umwelt
- ▶ Schutz und Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen
- ▶ Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung
- ▶ Vorrang von Maßnahmen der Innenentwicklung

Diese Planungsleitlinien sind im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung zu berücksichtigen und werden durch den Katalog der Belange in §1 Abs. 6 BauGB) weiter konkretisiert.

Das BauGB stellt vor diesem Hintergrund (und weiteren Anforderungen an die Prozessgestaltung) Ansprüche an die materielle Ausarbeitung der Bauleitpläne. Ressourcen sind vor dem Hintergrund der umfangreichen Auflistung von Planungsgrundsätzen und der zu

beachtenden Belange nur ein Aspekt unter vielen.² Allerdings erhalten die Umweltbelange durch die Hervorhebung in §1a BauGB und den Umweltbericht ein besonderes Gewicht im Planungsprozess.

Baunutzungsverordnung

Die materielle Planausgestaltung auf Grundlage der §§5 und 9 BauGB ist in der Baunutzungsverordnung gem. §9a BauGB konkretisiert; sie umfasst Vorschriften zu den Darstellungen und Festsetzungen in den Bauleitplänen über die Art der baulichen Nutzung, das Maß der baulichen Nutzung und seine Berechnung, die Bauweise sowie die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen, die in den Baugebieten zulässigen baulichen und sonstigen Anlagen, sowie die Zulässigkeit der Festsetzung von Höhenlagen nach Maßgabe des §9 Abs. 3 BauGB.

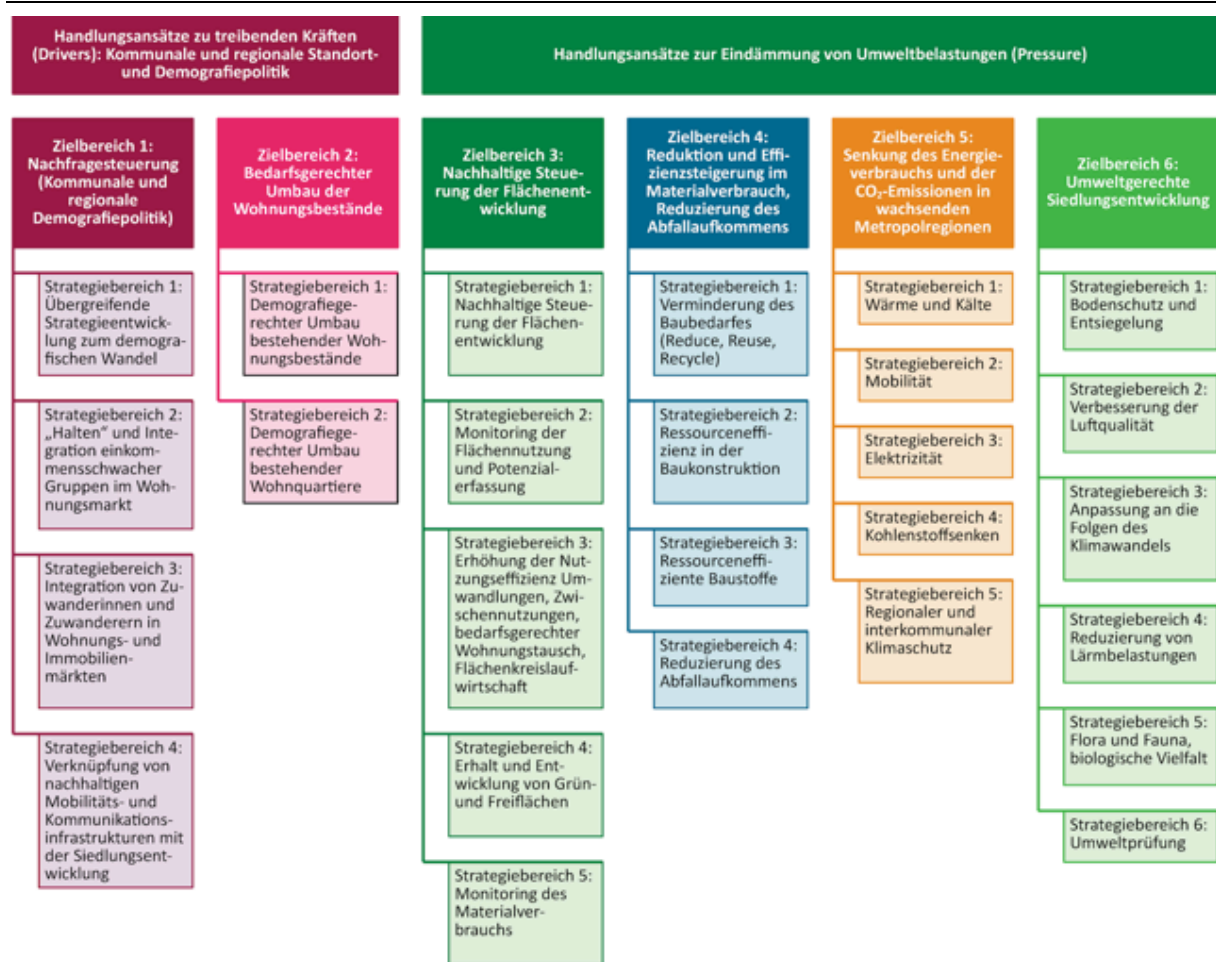
Für das Maß der baulichen Nutzung definiert die Baunutzungsverordnung Orientierungswerte (§17 BauNVO). Im Bebauungsplan kann durch Festsetzung das Höchstmaß der baulichen Nutzung festgesetzt werden (§16 Abs. 4 BauNVO).

Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche der Ressourceneffizienz

Aus der Analyse von Trends und Umweltwirkungen im Zusammenhang von demographischem Wandel und Ressourcenverbräuchen in wachsenden Stadtregionen lassen sich aus der Literatursauswertung, den Fallstudien und den durchgeführten Workshops, aber auch aus der vorhandenen Planungspraxis eine Reihe von Ziel- und Strategiebereiche identifizieren, die Kommunen und Regionen zumindest teilweise die Möglichkeit der Steuerung eröffnen. Dabei kann zwischen Handlungsansätzen zur Beeinflussung der treibenden Kräfte des demografischen Wandels und Wachstums (Drivers) einerseits und Handlungsansätzen zur Beeinflussung der Umweltwirkungen des Siedlungswachstums (Pressures) andererseits unterschieden werden. Instrumentell bietet das vorhandene Bauplanungs- und Bauordnungsrecht eine Fülle an Regelungsmöglichkeiten, mit denen diese Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche praktisch in konkreten Planungsvorhaben umgesetzt werden können.

² Im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Evaluierung der praktischen Anwendung der neuen Regelungen der BauGB-Novellen 2011/2013 zur Förderung einer klimagerechten und flächensparenden Siedlungsentwicklung durch die kommunale Bauleitplanung anhand von Fallstudien“ (FKZ 3716 15 101 0) werden materiell-rechtliche Aspekte mit Fokus auf die integrierte Betrachtung der Handlungsfelder Klimaschutz, Klimaanpassung vertieft untersucht:
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-der-praktischen-anwendung-der-neuen>

Abbildung 1: Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung



Quelle: Eigene Abbildung (BKR Aachen, Wuppertal Institut)

Die Realisierung einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung basiert auf zwei unterschiedlichen Handlungsansätzen: Der erste Handlungsansatz adressiert die treibenden Kräfte der Wohnungsmarktentwicklung durch die unterschiedlichen Dimensionen der Bevölkerungsentwicklung, also ob und wie die Nachfrage nach Wohnraum beeinflusst werden kann, die durch die Netto-Zuwanderung einerseits und die strukturellen Dynamiken der Bevölkerungsentwicklung (Altersstruktur, Haushaltsentwicklung) andererseits bestimmt wird:

1. Steuerung der Wohnungsnachfrage im regionalen und überregionalen Kontext
2. Strategien, Werkzeuge und Instrumente zur Schaffung von bedarfsgerechten Wohnraumangeboten im Siedlungsbestand

Der zweite Handlungsansatz bezieht sich darauf, wie die Nachfrage nach Wohnraum und anderen Nutzungsbereichen nachhaltig und umweltverträglich unter besonderer Berücksichtigung des Ressourcenschutzes befriedigt werden kann:

3. Nachhaltige Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in einem Stadtgebiet
4. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung
5. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine klimaschonende Siedlungsentwicklung

6. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine umweltgerechte Siedlungsentwicklung

Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Während sich auf der einen Seite gezeigt hat, dass auf kommunaler Seite schon eine Reihe von Möglichkeiten bestehen, eine ressourcen- und flächenschonende Siedlungsentwicklung umzusetzen, wurden auch Grenzen und Schwierigkeiten kommunalen Handelns deutlich. Diese äußern sich auf der einen Seite in bestehenden Gesetzen und Regularien auf den übergeordneten politischen Ebenen und auf der anderen Seite in der Herausforderung der planerischen Umsetzung auf der kommunalen Ebene. So wurde deutlich, dass es vor allem kleineren Kommunen vielfach an der personellen und finanziellen Ausstattung fehlt und für die Anforderungen an eine flächen- und ressourcenschonende Siedlungsentwicklung der Unterstützung bedürfen.

Handlungsempfehlungen für die kommunale Ebene

Flächenschutz

Kommunen unterliegen einem gewissen Wachstumsdruck, da sich der kommunale Haushalt nicht zuletzt aus Gewerbesteuern und kommunalen Anteilen an Einkommensteuer speist. Entsprechend ist es aus finanzieller Sicht attraktiv, neue Gewerbe- und Wohnbauflächen auf dem eigenen Gebiet auszuweisen. Der interkommunale Wettbewerb, der durch diese Anreizstruktur entsteht, ist ein nicht zu vernachlässigender Treiber des Flächenverbrauchs. Interkommunale Kooperation zur Entwicklung einer regional verankerten Entwicklungsstrategie unter Anwendung eines Demografiechecks kann diesen Treiber des Flächenverbrauchs mindern. So können gemeinsame Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und damit verbunden der Wohnraumversorgung koordiniert werden. Im Ergebnis kann ein regionales Wohnraummanagement entstehen, um die Bestände besser und gezielter an die Dynamiken in der Bevölkerungs- und Haushaltsstruktur anzupassen.

Eng damit verbunden sind – gerade im regionalen Verbund – die Schaffung und Verknüpfung nachhaltiger Mobilitätsinfrastrukturen und die Entwicklung multimodaler Verkehrsangebote in einem integrierten Mobilitätssystem.

Eine Art Paradigmenwechsel in der Siedlungsentwicklung braucht es bezüglich des Vorrangs eines bedarfsgerechten Umbaus des Gebäudebestands vor der Neuentwicklung von Flächen. Auch wenn „Innen- vor Außenentwicklung“ als Prämisse viel verwendet wird, sieht es in der Realität oft noch anders aus.

Auf Quartiersebene bietet sich eine planerische Prozessbegleitung an. Über Konzeptvergaben und kommunale Bodenpolitik wie das Erbbaurecht können Kommunen zusätzlich auf eine ressourcen- und flächeneffiziente Entwicklung von Wohnraum einwirken. Bevorzugt sollten hierbei bereits baulich vorge nutzte Flächen sowie vorhandene Bausubstanz (neu) entwickelt werden.

Ressourcenschutz im Bau

Eine Reduktion des Neubaubedarfs und Verbesserung der Wiederverwertbarkeit von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen gemäß der Hierarchie zur Abfallminderung „reduce, reuse, recycle“ trägt wesentlich zum Ressourcenschutz bei. Hierzu gehört:

- ▶ der langfristige Erhalt der baulichen Grundstrukturen und der gespeicherten grauen Energien,
- ▶ Bauausführung in Leicht- oder Modulbauweisen,

- Förderung der Langlebigkeit und langfristige Nutzbarkeit durch eine hochwertige Architektur und Materialwahl, so dass Gebäude bei Bedarf umfunktioniert oder umgenutzt werden können, sich also an veränderte Anforderungen, z. B. Optionen für flexible Grundrisse, gut anpassen lassen.
- Verwendung von Recyclingbaustoffen, nachwachsenden und / oder regionalen Baustoffen, bspw. durch vertragsrechtliche Regelungen in städtebaulichen Verträgen, Kauf- und Pachtverträgen, durch kommunale Förderprogramme, Baustoffbörsen oder durch Informationsmaterialien.
- Vermeidung von geklebten Verbindungen bzw. Förderung von Konstruktionen mit reversiblen Verbindungen von Bauteilen und Materialien zur Verbesserung der sortenreinen Trennung z.B. durch vertragliche Regelungen (städtebauliche Verträge, Kauf- und Pachtverträge).

Umweltgerechte Siedlungsentwicklung

Besondere Handlungsoptionen bestehen für Kommunen im Hinblick auf die Neuaufteilung der Flächennutzungen bebauter öffentlicher und Freiflächen (Straßen, Plätze, Grünflächen, öffentliche Gebäude), da hier unmittelbarer Zugriff besteht. Diese Flächenkulisse kann durch die Anlage von grünen und blauen Infrastrukturen, zur Verbesserung der Umwelt- und Aufenthaltsqualitäten in verdichteten Stadtbereichen oder zur Unterstützung der Mobilitätswende genutzt werden.

Die erforderlichen Bau- und Erneuerungsprozesse technischer Infrastrukturen im öffentlichen Raum (bspw. Kanalsanierungen, Einbau und Erneuerung von Informations- und Kommunikationsnetzen) bieten Gestaltungsoptionen, die sich über die Erstellung und den Beschluss eines Gestaltungshandbuches für die öffentlichen Räume zur Begrünung und zur Materialverwendung (bspw. Wasserdurchlässigkeit der Konstruktion, Verwendung von Recyclingbaustoffen u. v. m.), den Konzessionsträgern zur Umsetzung bei der Wiederherstellung der Baustellenbereiche vertraglich aufgeben lassen.

Handlungsempfehlungen für die Bundes- und Landesebene

Kommunen verfügen lediglich über begrenzte Einflussmöglichkeiten (insbesondere Information und Beratung, teilweise auch Bereitstellung eigener oder Vermittlung von Fördermitteln des Bundes und der Länder), um Eigentümer*innen zu überzeugen, vertikale Nachverdichtung umzusetzen. Auf der regionalen Ebene ist es teilweise schwierig, die Nachbarkommunen zur Beteiligung an interkommunalen Wohnbau- und Gewerbeflächenkonzepten zu motivieren. Dies verdeutlicht den Unterstützungsbedarf von Seiten des Bundes und der Länder auf dem Wege der Raumordnung und Regionalplanung zur planerischen Weiterentwicklung einer nachhaltigen und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung. Zudem wurden inhaltliche Aspekte deutlich, wie eine Unterstützung von übergeordneter politischer Ebene der Länder und des Bundes aussehen könnte.

Eine Anpassung der Rahmenbedingungen sollte daher sowohl planerische Aspekte als auch Aspekte zu baulichen Standards umfassen:

- Die Weiterentwicklung der planungsrechtlichen Steuerungsmöglichkeiten, um Kommunen mehr Möglichkeiten einer flächenschonenden Entwicklung zu ermöglichen. Dies betrifft etwa die Möglichkeiten von Nutzungsmischungen, Verkehrs- und Stellplatzentwicklungen wie auch die Ansätze zur baulichen Innenentwicklung in Gebäuden und Quartieren (vertikale und horizontale Nachverdichtung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung grüner Dach-, Fassaden- und Freiflächen.

- ▶ Die Unterstützung zur Verbesserung der Datenlage zum Gebäudebestand und kleinräumlicher sozio-demografischer Entwicklung, um Leerstände, untergenutzte Wohnungen (Stichwort: Remanenzeffekt) und Gebäude identifizieren und gezielter adressieren zu können.
- ▶ (Weiter-)Entwicklung von Förderprogrammen zur Integration von Flächen- und Ressourcenaspekten in Sanierungs- und Stadtentwicklungsprogramme. Die Integration von Ressourcenaspekten wie z. B. die Aktivierung von Wohnungspotenzialen im Altbaubestand, die Formulierung von Nachhaltigkeitskriterien oder die Verfolgung der Vision einer „Stadt für Morgen“ könnte zukünftig vermehrt in den Förderprogrammen berücksichtigt werden und so die Kommunen unterstützen.
- ▶ Berücksichtigung von demografischen Entwicklungen bei Standortsteuerung für administrative Einrichtungen / Demografie-Check für arbeitsplatzintensive öffentliche und private Einrichtungen.
- ▶ Initiierung und Unterstützung interkommunaler Kooperationen
- ▶ Operationalisierung der flächenpolitischen Ziele, etwa durch strikte Mengenbegrenzungen im Rahmen der Raumordnung und/oder des Handels mit Flächenzertifikaten, wie es im „Planspiel Flächenhandel“ erprobt wurde.
- ▶ Weiterentwicklung der Musterbauordnung zur erleichterten nachhaltigen Verwendung von Recyclingbaustoffen, nachwachsenden und / oder regionalen Baustoffen und zum Ausschluss problematischer Baustoffe und Baukonstruktionen wie bspw. geklebten Verbindungen zwischen unterschiedlichen Baustoffen.

Summary

Introduction

In growing cities and regions, a major area of tension is emerging between two socio-spatial trends: on the one hand, they are subject to increased growth pressure. The dynamic commercial development, the enormous demographic pressure on the property and housing market, the need to provide functioning connecting axes, but also the need to preserve recreational areas are exacerbating the conflicts over the use of available land within the urban space, but also in external development. In addition to socially sustainable development, a major challenge is to mitigate the ongoing restrictions on the quality of the environment and quality of life caused by traffic, noise and air pollutants, by overused open and green spaces and by the overuse of natural resources such as soil, water, local climate, flora and fauna.

Key elements in solving this contradiction are increased internal development and the preparation and use of brownfield sites in order to limit and minimise the expansion of settlement areas and the associated traffic development. As an implementation level for reducing resource consumption, great importance is attached to urban neighbourhoods, where the current high consumption of energy and resources means that there is a correspondingly high potential for resource efficiency and the opportunity to develop and test resource-saving measures.

Case study selection

Potentially suitable case studies (n= 116) in cities and regions were initially identified on the basis of statistical data on population and land development. In telephone interviews, the municipalities identified as potentially suitable were asked about the specific challenges and their willingness to participate in the project as a case study. In addition, two state development plans and four regional plans were selected on the basis of a screening of all regional and state development plans, whereby in addition to the relevance of the content, an important selection criterion was the possibility of tracking vertical plan integration across the spatial levels down to the municipalities.

During the evaluation, it became clear that the data required for the originally planned calculation of resource scenarios at regional planning level was not available. This approach was therefore not pursued further. Instead, two in-depth local workshops were held with the representatives of each of the four cities willing to participate, in which (1) the basis for the scenarios for estimating the resource and land requirements of different urban development strategies was defined and agreed and (2) the results of the modelling were discussed.

Resource dimensions of urban growth: scenario analyses

In the workshops, locally specific resource scenarios³ were developed with the four case study cities. Four municipalities were identified as case study cities that are characterised by population growth and a corresponding need for additional living space:

Municipality A expects further population growth by 2030, which is why the urban planning office assumes that **around 3,000 new housing units** will need to be created over the next 10 years - not least for the growing number of students expected in Municipality A as part of the model region for the cultivation and use of renewable raw materials (NaWaRo). Municipality A continues to be characterised by the fact that there is a high demand for certain segments of the housing market, for example for young families with children, while there are vacancies in other

³ The property industry conditions during the project processing period (2017 - 2021) must be taken into account.

housing segments. At the same time, however, the ownership structure of inner-city areas means that the local authorities' hands are very much tied.

Municipality B, on the other hand, anticipates an additional **demand of 15,900 housing units** by 2030. Of these, 40% are to be created in social housing. A special feature of Municipality B is the status of the entire historic city centre as a UNESCO World Heritage Site, which massively restricts building interventions in this part of the city. At the same time, the city derives considerable economic potential from this very status. Maintaining and further developing the brand of Municipality B plays a major role in urban development.

The city administration of **Municipality C** expects an increase of **3,000 new housing units** by 2030. The large district town, which was created from four districts as part of the municipal reform in 1976, is still described as being characterised more by local interests than a common identity, which is evident in the designation of building land, for example. In line with the model of a compact city, development is being pursued along existing local rail transport routes.

Municipality D expects the population to increase by around 5,000 inhabitants by 2030 and would therefore like to build **2,600 additional housing units** by 2030. The city has also grown in terms of area as a result of incorporations in recent decades. Today, the city centre is surrounded by several more rural districts. In the centre of Municipality D, many plots of land are still undeveloped and represent considerable potential for densification. At the same time, the average age of the population in Municipality D is increasing, which means that there is an additional need for appropriate social infrastructure and adequate housing and mobility options.

In the first workshop, the four basic strategic approaches were discussed with the municipal participants and local potentials and challenges in the implementation of the strategic approaches were assessed and then the four strategic approaches were prioritised for two scenarios (baseline scenario and resource efficiency scenario):

1. Building "on greenfield sites": means the development of new building areas on previously undeveloped land and thus an expansion of the urban area. Single, semi-detached or multi-family houses can be built here. In addition, there is the accompanying infrastructure such as roads, paths and supply lines.
2. Horizontal redensification: means new construction within the existing urban area, i.e. closing gaps between buildings or redensification in existing blocks of buildings. This mainly involves apartment blocks, but detached or semi-detached houses can also be built. Additional infrastructure is not required here
3. vertical redensification: refers to the addition of storeys to existing buildings or roof extensions. For structural reasons, it is assumed that the building will be constructed using a low-resource construction method. The structural requirements must nevertheless be checked on a case-by-case basis. Additional infrastructure is not required.
4. Change of use and conversion: includes the conversion of existing non-residential buildings for residential purposes. Office buildings, storage buildings, commercial or craft businesses may be suitable for this purpose. Where possible, the building envelope is retained, but may be subject to energy-efficient refurbishment. Horizontal and vertical redensification can also play a role here. The strategy also includes the development of brownfield sites, such as former industrial, military or railway facilities

Building on this, the results of the two scenarios were presented in the second workshop. These were modelled according to the specifications agreed at the first workshop and the follow-up work to the first workshop.

Modelling approach

The modelling approach and the formulation of the scenarios were deliberately strongly adapted to the municipal circumstances and the resulting planning framework so that the results could be used as effectively as possible for planning in the municipalities.

For the modelling of the scenarios in this project, only one specific construction method was used in each scenario and for each building type with reference to data from actual residential buildings. Alternative construction methods within the two scenarios could not be taken into account. There is therefore no information available as to whether and how the modelling results of the two scenarios would change if other buildings with different construction methods and material compositions (e.g. lightweight construction or timber frame construction) had been used instead of the solid construction of the specific buildings used for the modelling here. Accordingly, the results of the modelling must be evaluated in the context of the data used and the assumptions made.

Discussion of the results

The results of the scenarios of the four case study municipalities are not directly comparable with each other due to the different input parameters. However, even if the need for additional living space, expressed in additional housing units, and the various strategic approaches differ in their emphasis in the four case studies, the modelling produces partly analogous results and conclusions in all four case studies.

Overall, the results of the modelling of the four case studies show that the resource efficiency scenario, with the assumptions on which these scenarios are based, performs better than the baseline scenario in terms of the absolute quantities of raw materials and per residential unit. The advantages of the resource efficiency scenario result less from a more resource-efficient construction method for the building envelope (in both scenarios, construction methods for new buildings are modelled that provide for a high proportion of concrete components), but rather from 1) the omission of underground garages (in multi-family houses - MFH) and basements (in single-family houses - EFH - and terraced houses - RH), 2) the smaller living space per residential unit and 3) a higher number of storeys for multi-family houses in the resource efficiency scenario.

Another factor influencing the material requirement per residential unit is the question of whether the creation of new living space is associated with additional transport infrastructure. In the building model, the material requirements for the new construction of residential buildings (i.e. for single-family homes, semi-detached houses or apartment blocks) in the "Horizontal densification" strategy are identical to new construction on greenfield sites. However, due to the need for transport infrastructure, the total raw material requirement for new residential units built on newly developed settlement areas increases significantly in some cases. In the case study municipality B, the material requirement per residential unit in single-family homes and low-rise buildings for the "horizontal densification" strategy (i.e. without additional transport infrastructure) is only around 61% of the comparable material requirement for the "greenfield" strategy. For MFHs, the cost of the additional transport infrastructure is spread over various residential units, so that the material requirement per residential unit within the "Horizontal redensification" strategy is only 6 % lower than for the "Greenfield" strategy. The results also show that mineral raw materials make up the largest proportion of the building materials used, which currently only consist of a very small proportion of recycled materials or contain recycled components in building construction. A comparison with the other environmental categories shows that the importance of metals increases when the upstream

production chains or the energy required for their manufacture and the associated greenhouse gas emissions are included in the analysis.

Summarised assessment

The results also show that material consumption depends on various assumptions made in the two scenarios. If a building previously used for other purposes is refurbished as a residential building, the attic is converted or a storey is added, new living space can be created in a very material-efficient manner. This makes the strategies of adding storeys and renovating conversion areas the preferred solution within the strategy mix of the two scenarios. In contrast, the "greenfield" strategy would be the most material-intensive form of creating new housing, as not only would completely new buildings have to be constructed here, but - as shown - the new construction would also be accompanied by additional transport infrastructure.

If new buildings are to be constructed, material efficiency can be increased if a basement or underground car park is dispensed with and parking facilities are created via neighbourhood car parks instead. However, it should be noted that basements are often used for building services and if the basement is omitted, the space required for this must be created above ground in addition to the living space, which in turn leads to additional space and material consumption for the larger building envelope.

The results of the modelling of the scenarios show that MFHs are more resource-efficient per residential unit than EFHs or RHs. On the one hand, the residential units in MFHs are smaller than in detached and terraced houses. Secondly, the material costs for individual components of the building envelope, such as the roof, are distributed across different residential units in the MFH. However, if the house types are compared per m² of living space, the results are not clear and are influenced in the case studies by the assumptions regarding the basement and underground car parks of the model houses.

Resource efficiency as a strategic concept and planning objective of urban development: analysing existing planning instruments for managing resource efficiency

A further step in the project is to analyse existing (planning) instruments to determine the extent to which they enable resource-efficient management of urban development or can be used for this purpose.

In order to implement the programmatic goals and strategies of sustainable, resource-efficient urban development, the city can use informal and formal planning instruments and tools to design planning solutions and approvals for the creation of housing at regional and municipal level. Their application can significantly influence the consumption of resources and materials associated with housing development during the realisation of planning and future use.

Spatial planning and regional planning

While spatial planning in particular provides the spatial framework for settlement and open space development, municipal urban land-use planning has a considerably greater influence on the specific consumption of resources through land use, the use of materials and the consumption of energy and water and the generation of waste in the course of building use through its presentation of the main features of planning in the land-use plan and the determination of the specific urban development order in the development plans.

The issue of resource consumption is reflected in the guiding principle of spatial planning of sustainable spatial development, which must harmonise the social and economic demands on space with its ecological functions (Section 1 (2) ROG). In the principles of spatial planning, this

guiding principle is concretised, along with many others, on the basis of requirements and planning models, e.g.

- Limiting the use of land in open spaces by reducing the first-time use of open spaces for settlement and transport purposes, in particular through quantified targets for reducing land use and by prioritising the exploitation of potential for the reuse of land, for densification and for other measures for the internal development of cities and municipalities and for the development of existing transport areas (Section 2 (2) No. 6 ROG),

The guiding concept and principle contain two basic ideas of spatial development: balanced and sustainable development. Both are based on the careful utilisation of existing resources (keywords include sustainability and responsibility for future generations).

For the preparation of spatial development plans and regional plans, the ROG presents two types of planning instruments, the objectives and the principles, which differ in their steering effect. While the objectives of spatial planning are generally recognised as having a high steering effect due to the obligation to observe them in Section 4 (1) ROG and the clauses of sectoral spatial planning legislation within the meaning of Section 4 (1) sentence 3 ROG, the planning principles are subject to consideration.

Municipal control instruments

Their administrative and legally binding implementation at municipal level takes place through preparatory, often informal planning instruments at a city-wide level in the representations of settlement area development in the land use plan and at a sub-regional level in the legally binding stipulations within the framework of development planning. Strategic environmental assessments and environmental impact assessments are integrated into these procedures.

Special urban development law, including the instruments of urban redevelopment and urban reorganisation measures, offers additional starting points for controlling the development of existing settlements and for implementing resource protection strategies, e.g. due to the preservation and renovation of existing buildings and the improvement of the energy efficiency of existing buildings.

Further regulatory options are offered by urban development contracts for the implementation of development plans, project-related development plans and other urban development measures under the BauGB as well as - if the city is the landowner - purchase agreements and leasehold contracts.

Some of these planning instruments have great potential for resource-conserving urban development and its implementation. However, there are also urban development processes that can hardly be controlled by planning (or are not controlled for various reasons). In particular, construction processes organised by the private sector in unplanned residential areas within the meaning of Section 34 of the German Building Code (BauGB) pose major challenges for local authorities if they attempt to control them through planning. Nevertheless, local authorities also have planning sovereignty for these processes in principle.

Last but not least, there are conflicting objectives between environmental requirements and resource-conserving settlement development that need to be addressed in planning. In the case studies, for example, a conflict of objectives between the redensification of the settlement structure and the adequate provision of green and open spaces for the population is frequently mentioned.

Conflict solutions are favoured if these are identified and named as early as possible in the planning process, as there is then a chance that they can also be taken into account in the planning design process.

Building Code

In line with the task of urban land-use planning to 'prepare and manage the structural and other use of land in the municipality in accordance with this code' (Section 1 (1) BauGB), the procedural and substantive regulatory options address the control of land use in particular. In Section 1 (5) of the Building Code, a series of planning guidelines are formulated as requirements for the planning process, which call on municipalities to deal with certain issues relating to the sparing use of resources that are directly or indirectly related to the type and intensity of land use:

- ▶ sustainable urban development, also with responsibility towards future generations
- ▶ socially responsible land use that serves the common good, taking into account the housing needs of the population
- ▶ Safeguarding a humane environment
- ▶ Protection and development of natural resources
- ▶ Promoting climate protection and climate adaptation, especially in urban development
- ▶ Prioritising internal development measures

These planning guidelines must be taken into account in the context of municipal urban land-use planning and are further specified by the catalogue of concerns in Section 1 (6) BauGB.

Against this background (and further requirements for process design), the BauGB places demands on the material preparation of urban land-use plans. Against the background of the extensive list of planning principles and the interests to be taken into account, resources are only one aspect among many.⁴ However, the environmental concerns are given special weight in the planning process due to the emphasis in Section 1a BauGB and the environmental report.

Building Utilisation Ordinance

The material design of the plan on the basis of Sections 5 and 9 BauGB is specified in the Building Utilisation Ordinance in accordance with Section 9a BauGB; it includes regulations on the representations and specifications in the urban land-use plans regarding the type of building use, the extent of building use and its calculation, the construction method as well as the buildable and non-buildable areas of land, the buildings and other facilities permitted in the building areas, as well as the permissibility of specifying heights in accordance with Section 9 (3) BauGB.

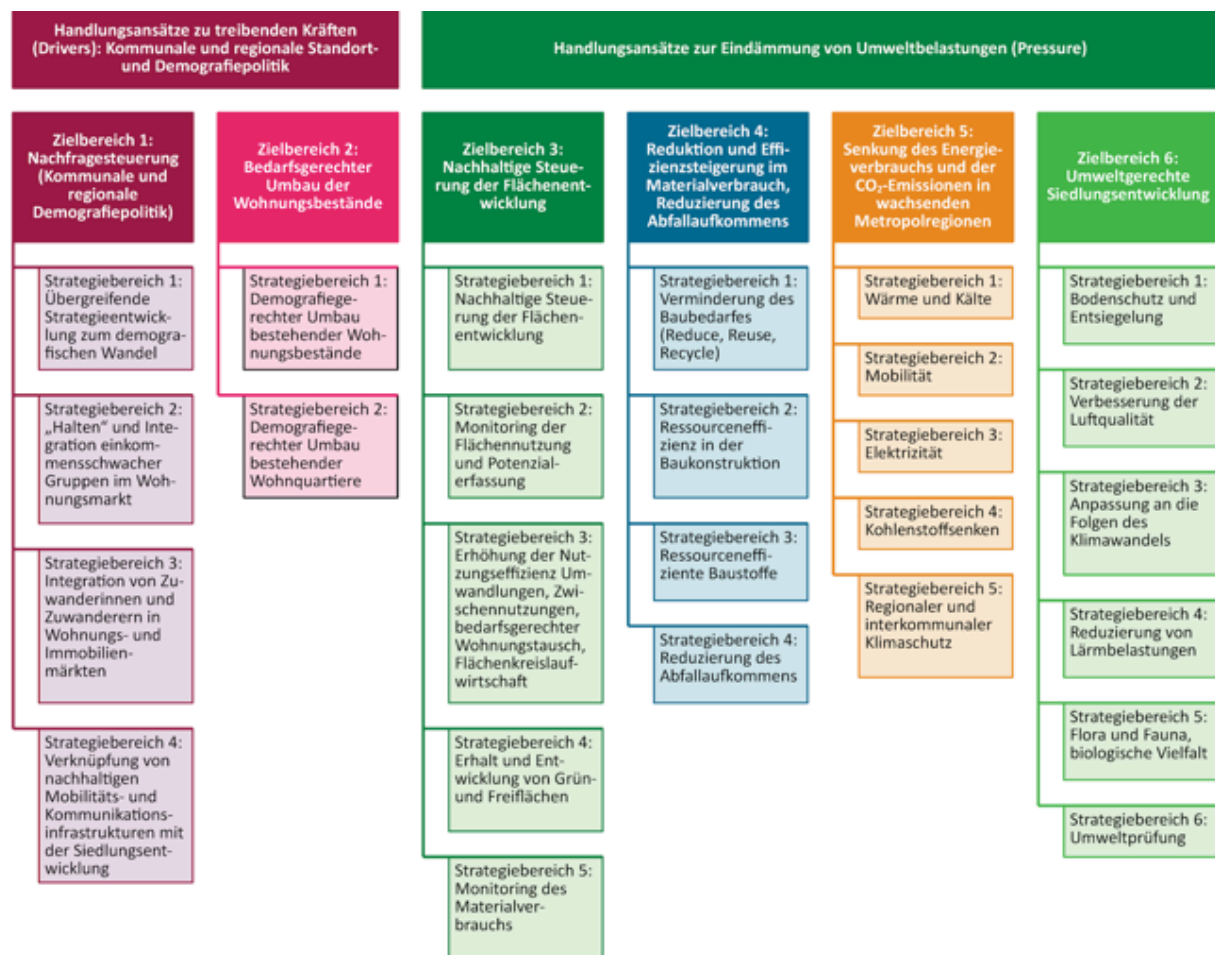
The Building Utilisation Ordinance defines orientation values for the extent of building use (Section 17 BauNVO). The maximum level of building use can be specified in the development plan (Section 16 (4) BauNVO).

⁴ In the research and development project 'Evaluation of the practical application of the new provisions of the 2011/2013 amendments to the BauGB to promote climate-friendly and space-saving settlement development through municipal urban land-use planning based on case studies' (FKZ 3716 15 101 0), substantive legal aspects with a focus on the integrated consideration of the fields of action of climate protection and climate adaptation are examined in depth:
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-der-praktischen-anwendung-der-neuen>

Action approaches, target and strategy areas for resource efficiency

From the analysis of trends and environmental impacts in connection with demographic change and resource consumption in growing urban regions, a number of target and strategy areas can be identified from the literature review, the case studies and the workshops held, as well as from existing planning practice, which at least partially open up the possibility of control for municipalities and regions. A distinction can be made between approaches for influencing the driving forces of demographic change and growth (drivers) on the one hand and approaches for influencing the environmental impacts of settlement growth (pressures) on the other. In terms of instruments, the existing building planning and building regulations offer a wealth of regulatory options with which these approaches, objectives and strategies can be practically implemented in specific planning projects.

Abbildung 2: Action approaches, target and strategy areas for resource-conserving, environmentally friendly urban development



Quelle: Eigene Abbildung (BKR Aachen, Wuppertal Institut)

The realisation of resource-conserving, environmentally friendly settlement development is based on two different approaches: The first approach addresses the driving forces of housing market development through the different dimensions of population development, i.e. whether and how the demand for housing can be influenced, which is determined by net in-migration on the one hand and the structural dynamics of population development (age structure, household development) on the other:

1. managing housing demand in a regional and supra-regional context
2. strategies, tools and instruments for the creation of demand-orientated housing offers in existing settlements

The second approach relates to how the demand for housing and other areas of utilisation can be satisfied in a sustainable and environmentally compatible manner, with particular consideration given to resource conservation:

3. sustainable management of settlement area development in an urban area
4. requirements, strategies, tools and instruments for resource-conserving urban development
5. requirements, strategies, tools and instruments for climate-friendly urban development
6. requirements, strategies, tools and instruments for environmentally friendly urban development

Conclusions and recommendations

While on the one hand it has been shown that there are already a number of possibilities at municipal level to implement resource and land-saving settlement development, the limits and difficulties of municipal action have also become clear. These are expressed, on the one hand, in existing laws and regulations at the higher political levels and, on the other hand, in the challenge of planning implementation at the municipal level. It became clear that smaller municipalities in particular often lack the personnel and financial resources and need support to meet the requirements for land- and resource-saving urban development.

Recommendations for action at municipal level

Land conservation

Municipalities are subject to a certain amount of growth pressure, as the municipal budget is fuelled not least by trade taxes and municipal shares of income tax. Accordingly, it is financially attractive to designate new commercial and residential development areas on their own territory. The inter-municipal competition created by this incentive structure is a driver of land consumption that should not be neglected. Inter-municipal co-operation to develop a regionally anchored development strategy using a demographic check can reduce this driver of land consumption. In this way, joint forecasts on population development and the associated housing supply can be coordinated. As a result, regional housing management can be created in order to better and more specifically adapt the stock to the dynamics of the population and household structure.

The creation and linking of sustainable mobility infrastructures and the development of multimodal transport services in an integrated mobility system are closely linked to this - especially in a regional network.

A kind of paradigm shift in urban development is needed with regard to prioritising the needs-based conversion of existing buildings over the development of new areas. Even though 'internal development before external development' is often used as a premise, the reality is often different.

Planning process support is available at neighbourhood level. Municipalities can also influence the resource- and space-efficient development of residential space through concept awards and municipal land policies such as heritable building rights. Preference should be given to (re)developing areas that have already been used for construction and existing buildings.

Resource conservation in construction

Reducing the need for new construction and improving the recyclability of buildings, components and building materials in accordance with the ‘reduce, reuse, recycle’ waste minimisation hierarchy makes a significant contribution to resource conservation. This includes

- ▶ the long-term preservation of basic building structures and stored grey energy,
- ▶ Construction using lightweight or modular construction methods,
- ▶ Promoting durability and long-term usability through high-quality architecture and choice of materials, so that buildings can be converted or repurposed if necessary, i.e. can be easily adapted to changing requirements, e.g. options for flexible floor plans.
- ▶ Use of recycled building materials, renewable and/or regional building materials, e.g. through contractual regulations in urban development contracts, purchase and lease agreements, municipal funding programmes, building material exchanges or information materials.
- ▶ Avoiding glued connections or promoting constructions with reversible connections of building components and materials to improve separation by type, e.g. through contractual regulations (urban development contracts, purchase and lease agreements).

Environmentally friendly settlement development

Municipalities have particular options for action with regard to the reallocation of land use of built-up public and open spaces (streets, squares, green spaces, public buildings), as there is more direct access here. These areas can be used to create green and blue infrastructures, to improve the quality of the environment and quality of stay in densely populated urban areas or to support the mobility transition.

The necessary construction and renewal processes of technical infrastructures in public spaces (e.g. sewer renovations, installation and renewal of information and communication networks) offer design options that can be contractually assigned to the concession holders for implementation during the restoration of the construction site areas through the creation and adoption of a design manual for the public spaces for greening and the use of materials (e.g. water permeability of the construction, use of recycled building materials, etc.).

Recommendations for action at federal and state level

Local authorities only have limited scope for influence (in particular information and advice, in some cases also the provision of their own federal and state funding or the arrangement of such funding) to persuade owners to implement vertical redensification. At the regional level, it is sometimes difficult to motivate neighbouring municipalities to participate in inter-municipal housing and commercial space concepts. This illustrates the need for support from the federal and state governments in terms of spatial and regional planning for the further planning development of sustainable and resource-conserving settlement development.

In addition, aspects of what support from the higher political level of the federal states and the federal government could look like became clear. .

An adaptation of the framework conditions should therefore include both planning aspects and aspects relating to construction standards:

- ▶ The further development of planning law control options in order to provide municipalities with more opportunities for land-saving development. This concerns, for example, the possibilities of mixed use, traffic and parking space developments as well as approaches to

structural internal development in buildings and neighbourhoods (vertical and horizontal redensification) while at the same time taking green roof, façade and open spaces into account.

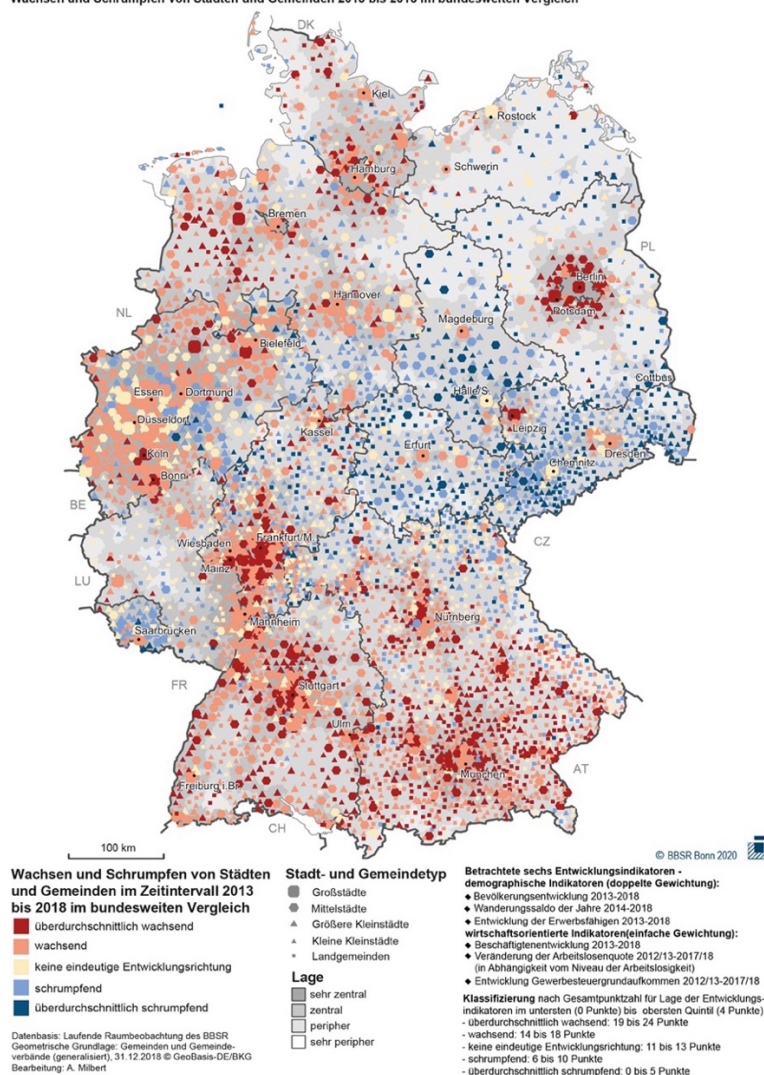
- ▶ Support for improving the data situation on the building stock and small-scale socio-demographic development in order to identify vacancies, underutilised flats (keyword: remnant effect) and buildings and to be able to address them in a more targeted manner.
- ▶ (Further) development of funding programmes to integrate land and resource aspects into redevelopment and urban development programmes. The integration of resource aspects such as the activation of housing potential in existing buildings, the formulation of sustainability criteria or the pursuit of the vision of a 'city for tomorrow' could be increasingly taken into account in future funding programmes and thus support local authorities.
- ▶ Consideration of demographic developments in location management for administrative facilities / demographic check for labour-intensive public and private facilities.
- ▶ Initiating and supporting inter-municipal cooperation
- ▶ Operationalisation of land policy objectives, for example through strict quantity limits within the framework of spatial planning and/or trading in land certificates, as tested in the 'land trading simulation game'
- ▶ Further development of the model building regulations to facilitate the sustainable use of recycled building materials, renewable and/or regional building materials and to exclude problematic building materials and constructions such as glued connections between different building materials.

1 Einleitung

Im Diskurs zur nachhaltigen Entwicklung liegt ein wichtiger Fokus auf den Städten. Zum einen lässt sich in einer globalen Perspektive ein starker Trend der Urbanisierung beobachten: Die Menschen ziehen aus sehr unterschiedlichen Gründen in die Städte⁵. In Deutschland ist dieser Trend weit fortgeschritten: Hier leben bereits heute über 75% der Bevölkerung in den Städten. Allerdings verläuft die Urbanisierung sehr ungleichmäßig: Während die Städte in einigen Regionen ein sehr starkes Bevölkerungswachstum verzeichnen, stehen Städte in anderen Regionen und kleinere peripher gelegene Ortschaften durch Schrumpfung stark unter Handlungsdruck.

Abbildung 3: Wachsen und Schrumpfen von Städten und Gemeinden im Zeitintervall 2010 bis 2015 im bundesweiten Vergleich

Wachsen und Schrumpfen von Städten und Gemeinden 2013 bis 2018 im bundesweiten Vergleich



Quelle: BBSR (2020).

⁵ Weltweit leben mehr Menschen in städtischen als in ländlichen Gebieten. 2014 lebten 54 Prozent der Weltbevölkerung in städtischen Gebieten. Im Jahr 1950 waren 30 Prozent der Weltbevölkerung städtisch, und bis 2050 werden voraussichtlich 66 Prozent der Weltbevölkerung in Städten leben. Der Urbanisierungsgrad ist in den verschiedenen Regionen sehr unterschiedlich. Zu den am stärksten verstädterten Regionen gehören Nordamerika (82 Prozent der Bevölkerung lebten 2014 in städtischen Gebieten), Lateinamerika und die Karibik (80 Prozent) und Europa (73 Prozent) (Eigene Übersetzung nach: UN DESA 2015)

So zeichnet sich gegenwärtig in wachsenden Städten und Regionen ein großer Widerspruch zwischen zwei sozial-räumlich wirksamen Trends ab: Auf der einen Seite unterliegen diese einem erhöhten Wachstumsdruck. Die dynamische gewerbliche Entwicklung, der enorme demografische Druck auf dem Immobilien- und Wohnungsmarkt, die Notwendigkeit der Bereitstellung funktionierender Verbindungsachsen, aber auch die Notwendigkeit des Erhalts von Erholungsräumen verschärfen im besonderen Maße die Nutzungskonflikte über noch verfügbare Flächen innerhalb des Stadtraums, aber auch in der Außenentwicklung. Neben einer sozial nachhaltigen Entwicklung besteht eine große Herausforderung darin, die fortschreitenden Einschränkungen der Umwelt- und Aufenthaltsqualität durch Verkehr, Lärm und Luftschadstoffe, durch übernutzte Frei- und Grünräume sowie durch die Überlastung der natürlichen Ressourcen von Boden, Wasser, Lokalklima, Flora und Fauna abzumildern.

Auf der anderen Seite hat sich in der Nachhaltigkeitsdebatte sowohl im (inter-)nationalen Maßstab als auch auf Landes- und kommunaler Ebene ein differenzierter Zielkanon für die nachhaltige Entwicklung entwickelt, der auch für die wachsenden Städte und Regionen ein wichtiger Referenzrahmen ist: Sustainable Development Goals (SDGs), UN Habitat, UN-Klimakonferenz COP 21 in Paris: In den letzten Jahren hat die internationale Diskussion um den Beitrag der Städte und Regionen in einer globalen Nachhaltigkeitsperspektive starke Impulse erfahren.

Hebt das Klimaregime seit Paris die Bedeutung nicht-staatlicher (auch kommunaler) Akteure und Ebenen in der Umsetzung internationaler Klimaschutzziele deutlich hervor, ist mit der New Urban Agenda im Rahmen des UN-Habitat Prozesses ein Dokument vorgelegt, das sich als Leitlinie und Referenz für die Erreichung der UN-Nachhaltigkeitsziele im urbanen und regionalen Kontext versteht. Sie bildet einen wesentlichen Baustein für die Umsetzung der UN-Sustainable Development Goals (SDGs), sowie der Beschlüsse der UN-Klimakonferenz COP 21 in Paris 2015. So sind mit dem Anspruch der New Urban Agenda gerade in wachsenden Ballungsräumen mit ihren potenziell negativen Umweltauswirkungen die zentralen Herausforderungen formuliert: kompakte Siedlungsentwicklung mit angemessenen Freiräumen, sparsamem Umgang mit Ressourcen, sozialem Ausgleich, nachhaltiger und zugänglicher Mobilität bei Entwicklung gesunder Lebensbedingungen.

1.1 Programmatistische Politiken und Strategien in Deutschland zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs

Eine Reihe von Programmen und Strategien greifen in Deutschland die Nachhaltigkeitsziele (SDGs) der Vereinten Nationen auf, unter anderem auch zur nachhaltigen Gestaltung der Stadtentwicklung (SDG 11). Ihre Umsetzung wird in Politiken, Gesetzgebung, Förderprogrammen und Forschungsvorhaben verfolgt.⁶

Die Bundesregierung verfolgt im Rahmen der **Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie** das Ziel, bis zum Jahr 2030 die Neuinanspruchnahme von Flächen für Siedlungen und Verkehr auf unter 30 Hektar pro Tag zu verringern.⁷ Bis spätestens 2050 fordern der Rat für Nachhaltige Entwicklung

⁶ Umweltbundesamt (2023a): [SDGs: Herausforderung für die Nachhaltigkeitspolitik | Umweltbundesamt](#). Zuletzt abgerufen 28.09.2023

⁷ Umweltbundesamt (2017): [Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr reduzieren | Umweltbundesamt](#). Zuletzt abgerufen 28.09.2023

(RNE), der Rat der Sachverständigen für Umweltfragen (SRU) sowie der Naturschutzbund Deutschland e.V. (NABU), die Inanspruchnahme neuer Flächen auf netto null zu reduzieren.⁸

Wesentliche Bausteine für die Verfolgung dieses Zieles sind eine verstärkte Innenentwicklung und die Aufbereitung und Nutzung von Brachflächen, um den Ausbau von Siedlungsflächen und die damit verbundene Verkehrserschließung zu begrenzen und zu minimieren (a. a. O.).

Ziel der nationalen Nachhaltigkeitsstrategie und deren Fortschrittsberichte ist es unter anderem, die Qualität der Flächenentwicklung zu verbessern. Dort heißt es zum Thema Stadtgrün, dass „die Verbesserung des Wohnumfelds in Innenstädten die Bereitschaft der Bevölkerung steigern kann, das Wohnen in der Stadt wieder als attraktive Alternative zum Haus im Grünen anzuerkennen“.

Dieses Ziel wird u. a. im Programm **Grün in der Stadt**⁹ verfolgt. Mit dem Programm werden vielfältige Ziele bspw. zur Erhöhung der Biodiversität (**Nationale Biodiversitätsstrategie** 2007), zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels (**Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel** DAS 2008 und dem Aktionsplan APA I 2011) oder auch allgemein die Verbesserung der Umwelt- und Aufenthaltsqualitäten in den Städten verfolgt, mit denen mögliche negative Folgen der verstärkten baulichen Innenentwicklung mit dem Aufbau grüner Infrastrukturen im Siedlungsbereich ausgeglichen und kompensiert werden sollen.

Auch die **Nationale Stadtentwicklungspolitik**, eine Gemeinschaftsinitiative von Bund, Ländern und Kommunen zur Etablierung einer integrierten Stadtentwicklung, betont im Handlungsfeld „Die Stadt von morgen bauen – Klimaschutz und globale Verantwortung“ den klimagerechten Stadtumbau und die Sicherung der natürlichen Grundlagen. Gesund, entspannt, mit Zugang zu Freiräumen zu leben und sich dennoch im Zentrum des öffentlichen Lebens zu befinden, gehört zu den zentralen städtischen Qualitäten.

Das Umweltbundesamt hat in der **Vision Stadt von Morgen** (2017) eine Strategie für eine urbane Entwicklung formuliert, die umweltschonend, mobil, lärmarm, grün und durchmischt ist. Wesentlicher Ansatzpunkt hierfür ist die Reduzierung der Kfz-Quote um etwa ein Drittel auf 150 Kfz je 1.000 Einwohner:innen. Auf diesem Wege würden Flächen für andere, produktive Nutzungen und für grüne Infrastrukturen frei und die bestehenden Umweltbelastungen durch Lärm, Luftschadstoffe und stadtklimatische Beeinträchtigungen aufgrund von Versiegelung reduziert.

In Deutschland werden mit der Verabschiedung des **Deutschen Ressourceneffizienzprogramms** (ProgRess) im Februar 2012 Ziele, Leitideen und Handlungsansätze zum Schutz der natürlichen Ressourcen verfolgt. Seitdem wird ProgRess regelmäßig fortgeschrieben.¹⁰ Übergreifendes Ziel des Deutschen Ressourceneffizienzprogramms ist es, die Entnahme und Nutzung natürlicher Ressourcen nachhaltiger zu gestalten und in Verantwortung für künftige Generationen dazu beizutragen, unsere natürlichen Lebensgrundlagen dauerhaft zu sichern. ProgRess basiert auf vier Leitideen:

1. Ökologische Notwendigkeiten mit ökonomischen Chancen, Innovationsorientierung und sozialer Verantwortung verbinden.

⁸ Umweltbundesamt (2022): Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten#flachenverbrauch-in-deutschland-und-strategien-zum-flaechensparen>. Zuletzt abgerufen 28.06.2022

⁹ Grün in der Stadt. <https://gruen-in-der-stadt.de/>. Zuletzt abgerufen 11.05.2022

¹⁰ Überblick zum Deutschen Ressourceneffizienzprogramm (ProgRess). <https://www.bmuv.de/themen/wasser-ressourcen-abfall/ressourceneffizienz/deutsches-ressourceneffizienzprogramm>. Zuletzt abgerufen 11.05.2022

2. Globale Verantwortung als zentrale Orientierung unserer nationalen Ressourcenpolitik sehen.
3. Wirtschafts- und Produktionsweisen in Deutschland schrittweise von Primärrohstoffen unabhängiger machen, die Kreislaufwirtschaft weiterentwickeln und ausbauen.
4. Nachhaltige Ressourcennutzung durch gesellschaftliche Orientierung auf qualitatives Wachstum langfristig sichern.

Als Umsetzungsebene zur Reduzierung des Ressourcenverbrauchs wird den städtischen Quartieren eine große Bedeutung beigemessen, in denen sich aufgrund des derzeitigen hohen Energie- und Ressourcenverbrauchs ein entsprechend hohes Ressourceneffizienzpotenzial und die Chance auf die Entwicklung und Erprobung von ressourcensparenden Maßnahmen ergeben. Dies wird in der BMBF-Fördermaßnahme **Ressourceneffiziente Stadtquartiere RES:Z** in zwölf inter- und transdisziplinären Vorhaben unter Beteiligung von über 20 Modellkommunen untersucht. In den geförderten Vorhaben werden umsetzungsorientierte Konzepte für Wasserwirtschaft, Flächennutzung und Stoffstrommanagement als Grundlage für eine nachhaltige Entwicklung von Stadtquartieren erforscht, entwickelt und erprobt werden.¹¹

Im Projekt **RESCUE** hat das Umweltbundesamt die wechselseitigen Abhängigkeiten und Rückkoppelungen zwischen Klimaschutz und Ressourcennutzung anhand von sechs Szenarien mit dem Ziel untersucht, wie Rohstoffinanspruchnahme und Treibhausgasemissionen in Deutschland in Zukunft deutlich gesenkt werden können (Günther et al. 2019).

Ausgangspunkt war die Überlegung, dass die Produktion von Gütern und der entsprechende Konsum die treibenden Kräfte für die Energie- und Rohstoffnutzung sind. Die Nutzung fossiler oder nuklearer Brennstoffe geht mit dem Abbau und Verbrauch der Rohstoffe, die aktuell einen großen Anteil des Rohstoffverbrauchs ausmachen, und damit mit negativen Umwelteffekte einher. In einem Energiesystem auf Basis erneuerbarer Energien dagegen, verbleibt der größte Teil der verwendeten Rohstoffe im anthropogenen Lager, also verbaut in Windenergie-, Photovoltaik- und anderen Anlagen. Als Primärenergieträger dienen erneuerbare Ressourcen wie Wind oder solare Strahlung, im laufenden Betrieb werden damit keine Rohstoffe verbraucht. Die Materialien für die Anlagen können in einer Kreislaufwirtschaft zum Teil weiter genutzt werden.

Die RESCUE-Studie zeigt, dass Treibhausgasneutralität in Deutschland bei gleichzeitiger Reduktion der Primärrohstoffinanspruchnahme durch ambitioniertes Handeln möglich ist. Es reicht dabei allerdings nicht aus, nur die technischen Möglichkeiten zur Treibhausgasminderung und Reduzierung des Rohstoffkonsums zu nutzen. Es bedarf vielmehr einer breiten Kombination an Strategien zur:

- Substitution: Ersetzen von treibhausgas- und ressourcenintensiven Techniken und Produkten durch treibhausgasneutrale bzw. treibhausgas- und ressourcenarme Alternativen.
- Vermeidung: Durch Effizienz, Suffizienz und zunehmende Kreislaufführung von Materialien reduzierter Verbrauch von Produkten und Aktivitäten, die zu geringen Treibhausgasemissionen und niedriger Primärrohstoffinanspruchnahme und Ressourcenbeanspruchung führen.
- Senken: Die Entnahme von bereits emittiertem CO₂ aus der Atmosphäre durch Kohlenstoffsinken, wie Wälder zur Treibhausgasminderung.

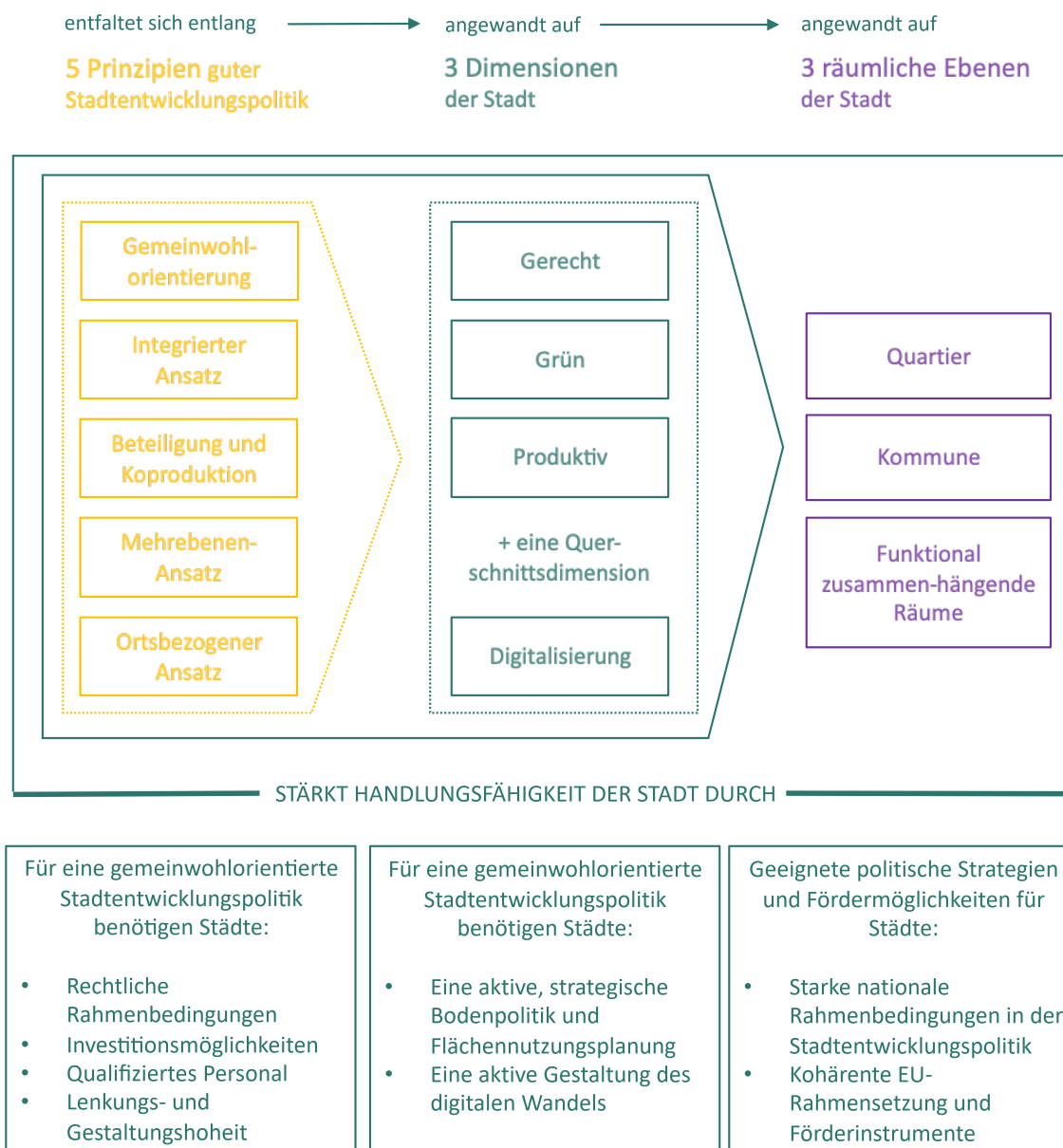
¹¹ Ressourceneffiziente Stadtquartiere RES:Z. <https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/?lang=de>. Zuletzt abgerufen 11.05.2022

Für einen erfolgreichen Klimaschutz müssen natürliche Senken stärker genutzt werden. Sie stellen jedoch keinen Ersatz für Substitution und Vermeidung dar. Schon heute besteht so die Möglichkeit einer nachhaltigen CO₂-Entnahme aus der Atmosphäre und der Möglichkeit, Synergien zu weiteren Herausforderungen in der Umweltpolitik, bspw. Biodiversitätsschutz, zu heben.

Durch drängende globale Herausforderungen, die sich direkt auf die lokale Ebene auswirken, wie bspw. Klimawandel, Verlust der Biodiversität, Ressourcenknappheit, Migration, demografischer Wandel, Pandemien oder rasante Veränderungen der Wirtschaft, können bestehende Disparitäten in unserer Gesellschaft verstärkt werden. Um die Chancen und Herausforderungen zu berücksichtigen, welche sich aus der Digitalisierung und ihrer Auswirkungen auf sämtliche Lebensbereiche ergeben, wurde die Leipzig-Charta von 2007 angepasst und die **Neue Leipzig Charta** 2020 von den für die Stadtentwicklung zuständigen Minister:innen der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union verabschiedet. Die Notwendigkeit einer nachhaltigen Transformation wird durch die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen, insbesondere mit dem Nachhaltigkeitsziel 11 „Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten“ (SDG 11), der im Zuge der Konferenz der Vereinten Nationen „Habitat III“ (2016) vorgelegten New Urban Agenda, dem Übereinkommen von Paris der 21. Vertragsstaatenkonferenz der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Green Deal der Europäischen Kommission unterstrichen.¹²

¹² Umweltbundesamt 2016: New Urban Agenda – Werkzeugkasten für moderne Städte. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/new-urban-agenda-werkzeugkasten-fuer-moderne>. (Zuletzt abgerufen 28.06.2022)
 Umweltbundesamt 2021: Übereinkommen von Paris. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris#ziele-des-uebereinkommens-von-paris-uvp>. BMUV: Strukturförderung <https://www.bmuv.de/themen/europa/strukturfoerderung> (Zuletzt abgerufen 28.06.2022)

Abbildung 4: Die Neue Leipzig-Charta auf einen Blick



Quelle: Schweizer 2021. S. 5

Die „Neue Leipzig-Charta: Die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl“ ist ein strategisches Leitdokument für eine nachhaltige und integrierte Stadtentwicklung in Europa. Sie stellt eine gemeinwohlorientierte Stadtentwicklungspolitik in den Vordergrund und macht gleichzeitig deutlich, dass Städte Unterstützung brauchen, um eine solche Politik auch umsetzen zu können: Alle Ebenen, Regionen oder Bundesländer, Nationalstaaten und die EU, müssen ihren Beitrag leisten, um die Handlungsfähigkeit der Kommunen zu gewährleisten und ihre Resilienz in Krisenzeiten zu stärken.

Die Neue Leipzig-Charta beruft sich auf die drei Dimensionen der Nachhaltigkeit und spricht sich für eine sozial gerechte, grüne und wirtschaftlich produktive Stadt aus. Für ihre Umsetzung durch die Kommunen formuliert sie fünf Schlüsselprinzipien. Räumlich nimmt sie Quartier, Gesamtstadt und die Stadtregion als Handlungsfelder in den Blick. (siehe Abbildung 4).

1.2 Demografische Entwicklung in Deutschland

Wichtige Ursachen der bestehenden Entwicklungsdynamik ist in den verschiedenen Dimensionen des demografischen Wandels mit dessen Auswirkungen auf sich verändernde Nutzungsansprüche an Stadträume- und das Wohnumfeld¹³ zu sehen. Diese sind in den Teilräumen Deutschlands sehr unterschiedlich ausgeprägt und führen zu einer zunehmend disparaten Entwicklung in den Städten und Gemeinden des Landes. Drei Dimensionen des demografischen Wandels sind vor diesem Hintergrund relevant (Statistisches Bundesamt 2023):

1. die Entwicklung von Geburtenzahlen, Lebenserwartung und Sterbefällen der in Deutschland lebenden Menschen,
2. die Nettozuwanderung als Saldo zwischen Zu- und Fortzügen, was im regionalen Fokus sowohl die Binnenmigration innerhalb Deutschlands wie auch Zu- und Fortzüge aus dem und ins Ausland betrifft, sowie
3. die sich daraus ergebende Bevölkerungszahl und ihre Altersstruktur. (Naegele 2010)

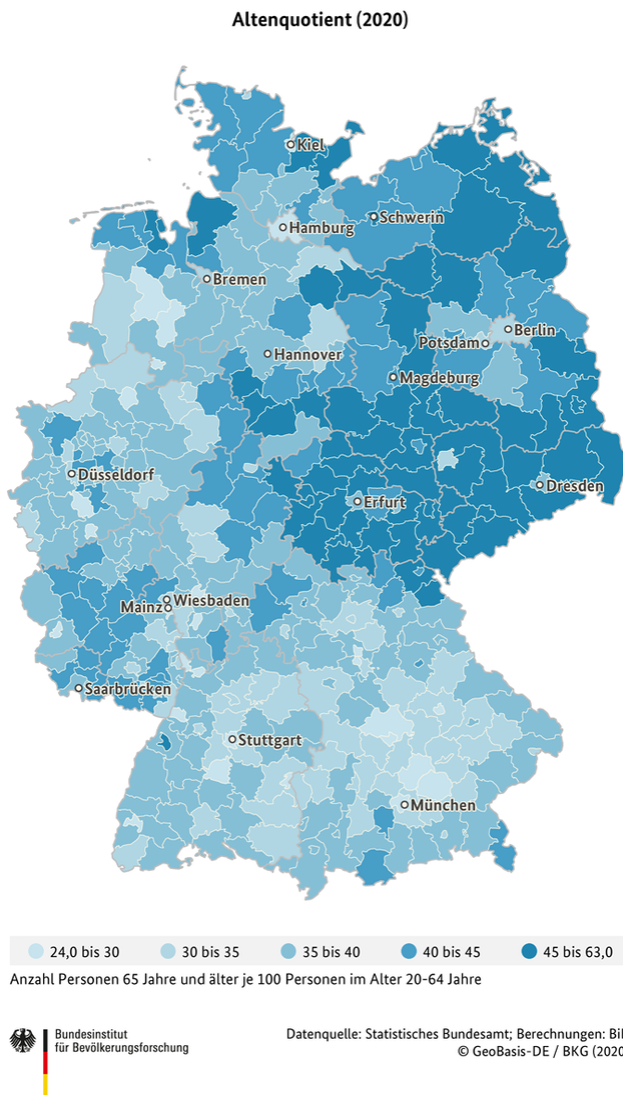
Die natürliche Bevölkerungsentwicklung, d. h. das Verhältnis von Geburten und Todesfällen der in Deutschland lebenden Menschen ist seit langem rückläufig, ist aber andererseits durch eine steigende Lebenserwartung geprägt. Strukturell führt diese Entwicklung zu einer tendenziell sinkenden Anzahl an Kindern, Jugendlichen und jungen Menschen und einer steigenden Anzahl an älteren und hochbetagten Menschen und damit zu einem hohen Anteil an älteren Menschen in der Bevölkerung (siehe Abbildung 5). In der Literatur wird dies als „dreifaches Altern“ bezeichnet im Sinne

- a) eines kollektiven und relativen Alterns,
- b) einer Zunahme der Hochaltrigkeit und
- c) einem Strukturwandel des Alters (a. a. O.).¹⁴

¹³ Frerichs et al. 2018: Umwelt- und Aufenthaltsqualität in urbanen Quartieren. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umwelt-aufenthaltsqualitaet-in-urbanen-quartieren>. (Zuletzt abgerufen 30.05.2019)

¹⁴ Ergänzende Literaturangaben hierzu sind: Naegele u. a. 2008; Heinze und Naegele 2010; Wiest, Nowossadeck und Tesch-Römer 2015; Die Bundesregierung 2016; BMFSJ 2017a

Abbildung 5: Altenquotient in Deutschland (Kreisebene, 2020)



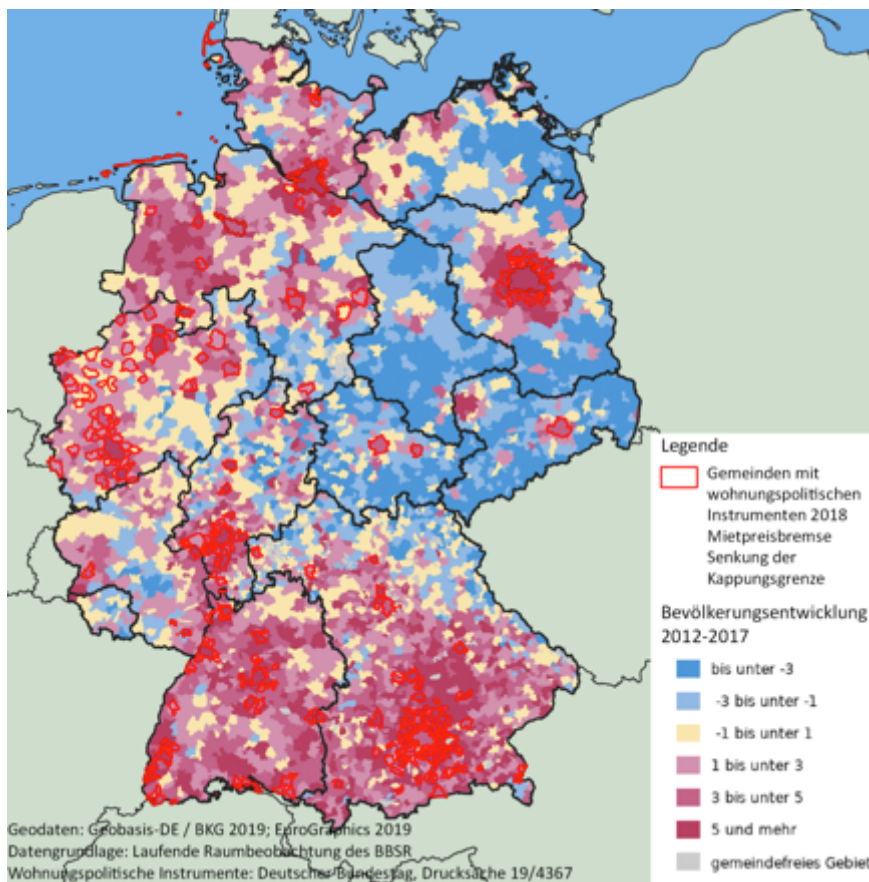
Quelle: Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung 2020. <https://www.bib.bund.de/DE/Fakten/Fakt/B67-Altenquotient-Kreise.html> (zuletzt abgerufen 12.10.2023)

In diesem Zusammenhang ist eine zunehmende Singularisierung, also eine erhöhte Anzahl an Ein-Personen-Haushalten und eine zunehmende soziale Segregation mit neuen sozialen Ungleichheiten in Regionen, Städten und Stadtteilen zu beobachten (Naeyele 2010).

Das Wanderungsverhalten der Menschen führt zudem zu einer Verlagerung großer Bevölkerungsanteile und zwar sowohl durch Binnenwanderung innerhalb Deutschlands als auch durch Wanderungen über die Bundesgrenze nach Deutschland hinein oder ins Ausland.¹⁵ Im Wesentlichen haben diese Bewegungen mit Ausnahme Berlins und der sächsischen Ballungskerne zu eher negativen Bevölkerungssalden in den östlichen Bundesländern geführt, aber auch zu einer stagnierenden und sinkenden Bevölkerungszahl in den peripheren und ländlichen Gebieten in Deutschland insgesamt sowie einer stark zunehmenden Zuwanderung zu den wirtschaftlich starken Ballungsräumen längs des Rheins und Süddeutschlands (Rhein-Ruhr, Rhein-Sieg, Rhein-Main, Rhein-Neckar, Oberrhein, München) (siehe Abbildung 6).

¹⁵ Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (o. J.): Zuwanderergruppen (1991-2020): <https://www.bib.bund.de/DE/Fakten/Fakt/M19-Zuwanderergruppen-ab-1991.html?nn=9992162>

Abbildung 6: Angespannte Wohnungsmärkte (Anwendung mietenpolitischer Instrumente) im Spiegel der Einwohnerentwicklung in den Kreisen und kreisfreien Städten Deutschlands 2012 bis 2017



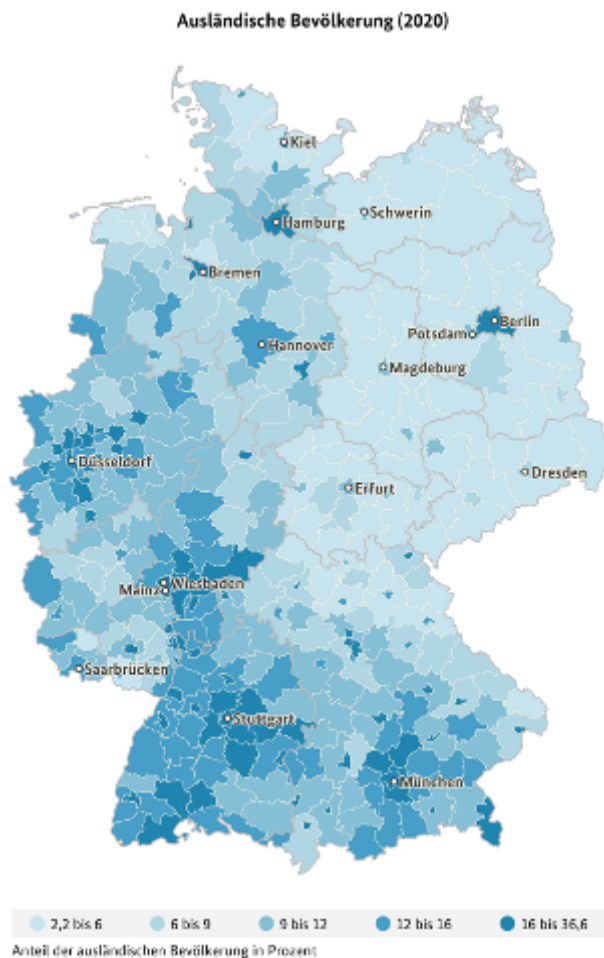
Quelle: Eigene Darstellung BKR Aachen auf Basis der in der Abbildung genannten Quellen.

Die Netto-Zuwanderung in Deutschland konnte in den frühen 2000er Jahren den Rückgang durch die natürliche Bevölkerungsentwicklung nicht ausgleichen, so dass die Bevölkerungszahl insgesamt rückläufig war. Mit dem Jahr 2012 änderte sich dieser Trend und die steigende Netto-Zuwanderung mit einem Höhepunkt in den Jahren 2015 und 2016 führte zu einer insgesamt wachsenden Bevölkerung (Statistisches Bundesamt 2020a). In den Jahren 2020 und 2021 stagnierte das Wachstum bei rund 83,2 Millionen Menschen¹⁶.

Für die kommunale Planung in wachsenden Metropolregionen besteht damit die Herausforderung, die aus dem Ausland zuziehenden Menschen und Familien in ohnehin angespannten Wohnungs- und Immobilienmärkten qualitativ voll unterzubringen und sozial zu integrieren (siehe Abbildung 7). Das Thema Migration in Städten und Regionen ist nur ein Aspekt der Gesamthematik der Wanderung (vgl. hierzu Fußnote 28: Erläuterungen zur Wanderungsstatistik) einer genuin sozialen Frage in überhitzten Nachfragemärkten: Wie gelingt es, im genannten Typus wachsender Ballungsräume qualitätsvolle Wohnungsbestände mit geringen oder moderaten Mietniveaus auch für einkommensschwache Gruppen zu erhalten? Und wie gelingt es, flexiblen, qualitätsvollen und bezahlbaren Wohnraum für temporäre Nutzungen von sozialen Gruppen bereitzustellen? Hilfreich kann hierbei die Durchführung eines „Demografiechecks“ sein (siehe Kapitel 6.1.1).

¹⁶ Statistisches Bundesamt 2022a: Pressemitteilung Nr.027 vom 20. Januar 2022.
https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/01/PD22_027_124.html (Zuletzt abgerufen 27.09.2023)

Abbildung 7: Anteil der ausländischen Bevölkerung an der Kreisbevölkerung 2020



Quelle: Datenquelle: Statistisches Bundesamt; Berechnungen: BiB © GeoBasis-DE / BKG (2020). Die Diagramme und Karten stehen unter einer Creative Commons Namensnennung - Keine Bearbeitung 4.0 International Lizenz.

In Bezug auf die Lebensbedingungen alter und hochbetagter Menschen zeigen sich deutliche regionale Unterschiede zwischen Kommunen. Lokale Rahmenbedingungen wie zum Beispiel das Wohnumfeld, soziale Strukturen sowie seniorengerechte Infrastrukturen beeinflussen das individuelle, gesunde Altern (Die Bundesregierung 2016; BMFSJ 2017a; BMFSJ 2017b). So sind Kommunen mit vielfältigen Aufgaben, Problemen und Konflikten konfrontiert, die soziale, wirtschaftliche, politische, ökologische und ökonomische Fragestellungen aufwerfen und zu deren Bewältigung sie kurzfristig gute und langfristig tragfähige Lösungen entwickeln müssen. Zu den Auswirkungen auf die Nutzung natürlicher Ressourcen und die Analyse entsprechender integrierter Handlungsansätze liegen in Politik, Planung und Forschung bisher nur wenige Arbeiten und Erfahrungen vor.

1.3 Demografischer Wandel und die Nutzung natürlicher Ressourcen

Um den Wanderungsbewegungen zu begegnen, liegt ein Schwerpunkt darin, durch Neubau den Wohnungsbedarf zu decken. Hierzu werden einerseits neue Siedlungsflächen in Randbereichen von Kommunen und in Umlandgemeinden von Ballungsräumen entwickelt und andererseits innerhalb der Städte durch Nachverdichtung, oft in der Form von Abbruch und verdichtetem Neubau, von Baulückenschließung oder Aufstockung, neuer Wohnraum geschaffen. Insgesamt

hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag das Ziel ausgegeben, pro Jahr 400.000 neue Wohneinheiten zu schaffen.¹⁷

Doch das Wachstum der Städte nach innen und außen beeinträchtigt zunehmend die Umwelt- und Aufenthaltsqualität durch Verkehr, Wärme, Lärm und Luftschadstoffe, durch übernutzte Frei- und Grünräume sowie durch die Überlastung der natürlichen Ressourcen von Boden, Wasser, Lokalklima, Flora und Fauna. Auch die Ressource Fläche selbst wird in manchen Regionen knapp und an ihrer Nutzung entzündeten sich zunehmend Konflikte hinsichtlich der Nutzungsoptionen/-konkurrenzen innerhalb der Stadtgesellschaften¹⁸.

Die sich daraus ergebenden sozial-ökologischen Problemlagen sind auf mehreren Ebenen angesiedelt:

1. Aus den skizzierten Dynamiken ergibt sich erstens eine **hohe Nachfrage auf dem Immobilien- und Wohnungsmarkt** sowie ein enormer Flächen- und Baudruck in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten, die durch hohe Mietniveaus und Immobilienpreise noch angeheizt wird.¹⁹ Grundstücke und Immobilien gewinnen in Regionen mit ohnehin bereits angespannten Wohnungsmärkten dabei eine weitere Bedeutung als Spekulationsobjekt. Zudem wachsen potenzielle Flächennutzungskonflikte zwischen einer Ausweisung von Flächen für Wohnraum, Gewerbe bzw. Erholungs- bzw. Grünflächen. Hinzu kommt der Faktor, dass potenzielle Bauflächen zumeist in privatem Eigentum sind und daher nur in Abstimmung mit den Eigentümerinnen und Eigentümern aktiviert werden können – in vielen Fällen gelingt dies allerdings bisher nicht. Neben den Nutzungsflächen sind auch Flächenansprüche für naturschutzrechtliche Ausgleichsflächen zu berücksichtigen. Hinzu treten die Flächennutzungsansprüche der Wirtschaft für Produktion und Distribution einerseits und die immissionsschutzrechtlich notwendigen Abstandsflächen zu empfindlichen Wohnnutzungen andererseits. Zunehmendes Wachstum und die Verflechtungen von Bevölkerung, Arbeitsplätzen, Versorgungsstrukturen und Erholungsangeboten steigern darüber hinaus den Verkehrsbedarf, der – soweit durch motorisierten Individualverkehr erbracht – selbst erhebliche Umweltwirkungen nach sich zieht und daher der Umgestaltung städtischer Räume bedarf.²⁰
2. Zweitens setzt der hohe Nachfragedruck nach Wohnbauland die in den letzten Jahrzehnten **erreichten Umweltqualitäten** bzw. eingeschränkten Handlungskapazitäten zur Verbesserung der Umweltqualitäten unter Druck: Flächenknappheit, Eingriffe in den Boden, komplexe wasserwirtschaftliche Fragestellungen, Einschränkungen in der Biodiversität, der Erhalt von Grünzügen, zunehmende stadträumliche Expansion auf dem Stadtgebiet bzw. in die Region hinein sind die entsprechenden Folgewirkungen. Diese wirken sich auf die allgemeine Lebensqualität in der Stadt (Verkehr, Lärm, Lufthygiene, Erholungsflächen etc.) bzw. auf die Kapazität einer Stadt aus, bspw. Klimafolgenanpassung systematisch zu betreiben²¹. Demgegenüber steht allerdings die gestiegene Energieeffizienz im Neubau und

¹⁷ Sozialdemokratische Partei Deutschlands (SPD); BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; Freie Demokratische Partei (FDP) (2021): Koalitionsvertrag.
<https://www.bundesregierung.de/breg-de/service/gesetzesvorhaben/koalitionsvertrag-2021-1990800> (Zuletzt abgerufen 11.05.2022).

¹⁸ Siehe hierzu bspw. Domhardt et al. 2021a

¹⁹ Ergänzende Quelle hierzu: BIHK 2018.

²⁰ Siehe hierzu bspw. Wolfgang Aichinger, Dr. Michael Frehn (2017): Straßen und Plätze neu denken. Umweltbundesamt
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/strassen-plaetze-neu-denken>

²¹ Frerichs et al. 2018: Umwelt- und Aufenthaltsqualität in kompakt-urbanen und nutzungsgemischten Stadtstrukturen. Bd. 06/18. Texte. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-01-29_texte_06-2018_stadtstrukturen.pdf Zuletzt abgerufen 02.11.2023.

tendenziell im Vergleich zum Umland im Durchschnitt eher geringere Wohnflächen pro Haushalt²².

3. Aus den skizzierten Dynamiken ergibt sich drittens ein **Bedarf nach veränderten Nutzungen bzw. Nutzungsformen in Gebäuden und Flächen** (privat und öffentlich). Demografischer Wandel erschöpft sich nicht nur im Zuzug zusätzlicher Bevölkerung aus anderen (Welt-)Regionen, sondern umfasst auch Prozesse des Alterns, der Veränderungen der Haushaltsgröße und zusammen mit dem sozialen Wandel auch (alters- und milieuspezifische) Veränderungen der individuellen Lebensführung. Dabei sind Wohnungsversorgung und Wohnflächenkonsum von verschiedenen sozioökonomischen Faktoren abhängig, wie bspw. Haushaltseinkommen, Bildungsstand, sozialer Klasse, Zugangschancen zum Wohnungsmarkt zur Miete oder im Eigentum u. a.²³ Darüber hinaus bestehen auch veränderte Ansprüche an das Wohnen, wie exemplarisch der Weiterentwicklungsbedarf von Einfamilienhaussiedlungen der 1950er bis 1970 verdeutlicht.²⁴
4. Neben den Wohn- und Nutzungsformen ergibt sich viertens ein Bedarf nach neuen Nutzungen und Nutzungsformen in und auf städtischen Flächen (privat und öffentlich), die die **Umweltfunktionen** betreffen. Stichworte sind hier die Wahrung bzw. Entwicklung der Biodiversität und die Wasserwirtschaft (bspw. Grundwasserschutz und Grundwasserbildung, Niederschlagswasser insbesondere bei extremen Starkregenereignissen, klimatische Ausgleichsfunktionen, Erholungsfunktionen etc.). Dies wird im Rahmen des Weißbuchs Stadtgrün mit dem Konzept der Doppelten Innenentwicklung sowie durch die Initiative „Grün in der Stadt“ des BBSR adressiert und mit dem Konzept der multifunktionalen Flächennutzung verfolgt.²⁵
5. Schließlich ist fünftens auf den Ressourcenverbrauch durch Bau, Instandhaltung, Betrieb, Rückbau und Entsorgung technischer Infrastrukturen zu verweisen, wofür (Bau-)Materialien, Energie oder Fläche benötigt werden. In dem UBA-Vorhaben „Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest“ wird der Ressourcenverbrauch aufgrund der technischen Infrastrukturen untersucht und die Ergebnisse werden detailliert dargestellt.

Deilmann et al. (2017, 9f.) fassen die kritischen Begleiterscheinungen des „urban sprawl“ folgendermaßen zusammen:

- a) Aus einer stadträumlichen Perspektive generiert dieser u. a. Infrastrukturfolgekosten und zunehmende Entfernungen zwischen Wohnen und Arbeitsplatz²⁶

²² Kenkmann et al. 2019: Flächensparend Wohnen,

²³ Sagner, Pekka 2021: Wer wohnt wie groß? IW-Kurzbericht, Nr. 11, Köln <https://www.iwkoeln.de/studien/pekka-sagner-wer-wohnt-wie-gross-500238.html>. Zuletzt abgerufen 09.08.2022.

²⁴ Blum, A., Deilmann, C., Robing, G., Gruhler, K., Krauß, N. & Martinsen, M. (2022): Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Nutzung von natürlichen Ressourcen. Dessau-Roßlau.

²⁵ BMUV: Was ist Doppelte Innenentwicklung? <https://www.bmuv.de/faq/was-ist-doppelte-innenentwicklung>. BBSR: Initiative Grün in der Stadt: <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/weitere/gruen-in-der-stadt/gruen-in-der-stadt-node.html?jsessionid=BA16F2D765E8689B8A09D02500C17FC8.live21303>. BMUB 2017: Weißbuch Stadtgrün. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadt-gruen.pdf?jsessionid=687B8226D196EEA1AF184312A384783E.1_cid364?blob=publicationFile&v=3 (Zuletzt abgerufen 30. Mai 2018).

²⁶ Agentur für Arbeit, Pendleratlas, <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Pendleratlas/Pendleratlas-Nav.html> Zuletzt abgerufen 25.09.2023.

- b) Aus einer Umweltperspektive ist er maßgeblich für einen zunehmenden Verlust von Freifläche, von Landschaft, von stadtklimatischen Ausgleichsflächen verantwortlich wie auch - auf gesamtheregionaler Ebene - für steigende Kosten von Energie- und Erschließungseffizienz,
- c) Aus wohnungswirtschaftlicher Perspektive löst er einen enormen Nachfragedruck in Metropolen bei gleichzeitiger Bodenknappheit aus.

Ausgehend von dieser Situation ist daher von entscheidender Bedeutung, inwiefern es gelingt, diese sich überlagernden Trends und Entwicklungen mit ihren jeweiligen Wirkungen in konsistente Zukunftsszenarien von Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten zu integrieren, um adäquate Handlungsstrategien sowohl auf Bundes-, Landes- und kommunaler/regionaler Ebene entwickeln zu können, die geeignet sind, das sozial-ökologische Dilemma zu adressieren.

Das Projekt nimmt daher wachsende Städte und Regionen in den Fokus und untersucht dabei deren Handlungsmöglichkeiten mit Blick auf die Wohnraumentwicklung im Kontext der Nutzung natürlicher Ressourcen, um Nachhaltigkeitspotenziale im Rahmen des kommunalen Wandels zu erschließen. Das konkrete Vorgehen wird im folgenden Kapitel beschrieben.

2 Methodisches Vorgehen

Die Durchführung dieses Vorhabens umfasste die folgenden methodischen Arbeitsschritte:

- ▶ Entwicklung von Analysekriterien auf Basis einer Literaturrecherche und Ableitung eines Indikatoren-Sets zur Erfassung von Potenzialen sowie Umweltbelastungen und entstehende Problemlagen (siehe Kapitel 2.1 und 3),
- ▶ Auswertung formeller Planunterlagen und informeller Konzepte zur Auswahl von Fallstudien (siehe Kapitel 2.2 und Anhang A)
- ▶ Ressourcendimension des Stadtwachstums: Entwicklung von Szenarioanalysen für die ausgewählten Fallstudien (siehe Kapitel 4),
- ▶ Entwicklung von Handlungsansätzen, Ziel- und Strategiebereiche der Ressourceneffizienz (siehe Kapitel 6 und Anhang B),
- ▶ Ableitung von Handlungsempfehlungen für die kommunale sowie Bundes- und Landesebene (siehe Kapitel 7).

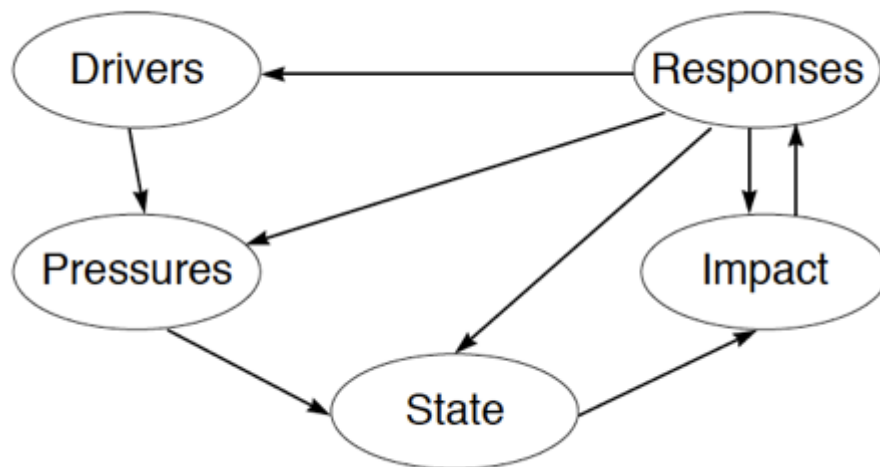
2.1 Entwicklung von Analysekriterien und Indikatoren für eine ressourcenschonende Stadtentwicklung

Für die Auswertung der komplexen Wechselwirkungen zwischen demografischem Wandel, Stadtentwicklung und der Nutzung natürlicher Ressourcen wurde ein modifizierter DPSIR-Analyserahmen verwendet (siehe Abbildung 8). Die Europäische Umweltagentur verwendete diesen als Instrument zur Durchführung und Strukturierung von Systemanalysen im Kontext von Umweltproblemen (Smeets und Weterings 1999). Eine Erfassung und Typisierung unterschiedlicher Schlüsselfaktoren (Indikatoren) diente insbesondere der European Environmental Agency (EEA) zur Messung von Entwicklungen zur Nachhaltigkeit.²⁷ Folgende Typen von Indikatoren wurden unterschieden:

- ▶ treibende Kräfte (D – Drivers)
- ▶ Umweltbelastungen (P – Pressures)
- ▶ Zustände (S – State)
- ▶ Wirkungen (I – Impact)
- ▶ Reaktionen (R – Responses)

²⁷ European Environmental Agency: DPSIR. <https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/dpsir> (Zuletzt abgerufen 30.05.2018)

Abbildung 8: Das DPSIR Framework zur Systemanalyse von Umweltproblemen



Quelle: Smeets und Weterings (1999)

Dieser Analyserahmen wird im Rahmen des Projekts modifiziert genutzt, um konkrete Handlungsansätze zur Reduzierung von Ressourcennutzung und von Umweltwirkungen in wachsenden Städten und Regionen zu identifizieren. Das Projekt beginnt mit einer umfassenden Recherche des Zusammenhangs zwischen den treibenden Kräften und den Umweltbelastungen und Auswertungen von ex-post bzw. ex-ante Evaluationen politisch-planerischer Interventionen. Eine wichtige Grundlage dieser Literaturrecherche bilden die Ergebnisse aus bisher abgeschlossenen Projekten im Kontext des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) (bspw. „Kommunen innovativ“), des Bundesministeriums für Umwelt, Bau, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMUB) bzw. des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (bspw. Experimenteller Wohnungs- und Städtebau (ExWost), „Stadtentwicklung und Wohnen“) und einer Reihe von bereits abgeschlossenen bzw. laufenden REFOPLAN-Vorhaben.

Ausgehend von den Treibern (**Drivers**) zeigen sich zwei überlagernde Triebkräfte als Problemverursacher, die als zentrale Dynamiken des demografischen Wandels gesehen werden und sich in unterschiedlicher Weise auf die Entwicklung von ressourcenschonenden Siedlungsstrukturen in Regionen mit angespannten Wohnungsmärkten auswirken:

- Dynamik 1: Demografischer Wandel in Städten und Regionen durch Zuzug (Binnenwanderung/Wanderungen über die Bundesgrenze)²⁸
- Dynamik 2: Demografischer Wandel innerhalb der bestehenden Wohnbevölkerung
- In Folge von Dynamik 1 und 2: Veränderung der Haushaltsstrukturen und damit der Nachfragesituation nach Wohnungen

Die sich daraus ergebenden potenziellen Umweltbelastungen und Problemlagen (**Pressures**) sind sowohl ökologischer wie auch sozialer und ökonomischer Art:

- Druck auf Umweltqualitäten und eingeschränkte Handlungskapazitäten zu deren Verbesserung: Eingriffe in den Boden auf bislang unbebauten Grundstücken gehen einher mit komplexen wasserwirtschaftlichen Fragestellungen und Einschränkungen in der

²⁸ Statistisches Bundesamt 2023b: Demografischer Wandel – Großstadtregionen im Wandel.
<https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/inhalt.html#652034> (Zuletzt abgerufen 27.09.2023)

Biodiversität, eine zunehmende stadträumliche Expansion im Außenbereich steht dem Erhalt von Grünzügen entgegen. Die Realisierung von Nachverdichtungsmaßnahmen im Innenbereich von (größeren) Städten ist als herausfordernd und komplex einzuschätzen: Im Spannungsfeld zwischen der Schaffung von Wohnraum und dem Erhalt von Umweltqualitäten in kompakten, nutzungsgemischten Stadtstrukturen gilt es mögliche Konfliktlagen planerisch zu bewältigen. Hierfür ist beispielhaft die planerische Notwendigkeit einer Kommune zu nennen bspw. die Klimafolgenanpassung systematisch in dem skizzierten Spannungsfeld voran zu treiben.

- Druck auf den Grundstücks-/Boden-, Immobilien- und Wohnungsmarkt²⁹: Der enorme Flächen- und Baudruck in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten ist durch eine erhöhte Nachfrage an knappe Baulandreserven gekennzeichnet. Dies führt zu steigenden Grundstücks-/Bodenpreisen und spiegelt sich in der Folge verstärkt in hohen Mietniveaus und Immobilienpreisen. Immobilien gewinnen in Regionen mit ohnehin bereits angespannten Wohnungsmärkten dabei eine weitere Bedeutung als Spekulationsobjekt: Die hohe Nachfrage und die Unsicherheit der Kapitalmärkte führen darüber hinaus zu Renditeerwartungen bei Investoren durch hochpreisige Vermietung bzw. späteren Verkauf. Zudem sind viele potenzielle Bauflächen in privatem Eigentum und können daher nur in Kooperation mit den Eigentümerinnen und Eigentümern weiter bebaut werden, bspw. auch aufgrund der möglichen Renditeerwartung von Eigentümer:innen³⁰.

Der Status-Quo (**State**) und die Wirkungen (**Impact**) unterscheiden sich in Stadtregionen mit angespannten Wohnungsmärkten und führen zu entsprechenden Reaktionen (**Responses**), wie im Folgenden an der Auswahl der Fallbeispiele und den Umweltwirkungen deutlich wird.

2.2 Auswertung formeller Planunterlagen und informeller Konzepte zur Fallstudienauswahl und -bearbeitung

Das Vorhaben fokussiert auf Städte und Regionen mit angespannten Wohnungsmärkten, die sich aufgrund eines überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstums einerseits und eingeschränkten Möglichkeiten zur schnellen Bedarfsdeckung andererseits auszeichnen. Dabei handelt es sich insbesondere um größere Mittelstädte und Großstädte in Regionen mit einem überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstum zwischen 2017 und 2021; auch kleinere Gemeinden im Umkreis um diese Städte sind häufig betroffen.

Potenziell geeignete Fallstudien (n= 116) in Städten und Regionen wurden zunächst auf Basis der statistischen Angaben zu Bevölkerungs- und Flächenentwicklung identifiziert (siehe Anhang A.1). In telefonischen Interviews wurden bei den als potenziell geeignet identifizierten Kommunen die spezifischen Herausforderungen und die Bereitschaft, als Fallstudie an dem Projekt mitzuwirken, abgefragt. Ergänzend wurden zwei Landesentwicklungspläne und vier Regionalpläne auf der Basis eines Screenings aller Regional- und Landesentwicklungspläne ausgewählt, wobei neben der inhaltlichen Relevanz ein wichtiges Auswahlkriterium in der Möglichkeit bestand, die vertikale Planintegration über die räumlichen Ebenen bis in die Kommunen zu verfolgen.

²⁹ Blum, A., Deilmann, C., Robing, G., Gruhler, K., Krauß, N. & Martinsen, M. (2022): Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Nutzung von natürlichen Ressourcen. Dessau-Roßlau.

³⁰ Domhardt et al. 2021b, S. 9, 11

Insgesamt war angeboten, ein Portfolio von 16 Planwerken vertieft zu untersuchen und für dieses Vorhaben auszuwerten³¹. Tatsächlich umgesetzt wurde die Auswertung einer demgegenüber vergrößerten Anzahl an kommunalen Bauleitplänen und verringerten Anzahl an Regional- und Landesplanungen, teilweise in tabellarischer Auswertung der Festlegungen (siehe Anhang A):

- acht Raumordnungspläne (sechs Landesentwicklungspläne, zwei Regionalpläne),
- zwei Flächennutzungspläne,
- 41 Bebauungspläne bzw. teilräumliche Planungsvorhaben.

Im Rahmen der Auswertung wurde deutlich, dass die erforderlichen Daten für die ursprünglich vorgesehene Berechnung von Ressourcen-Szenarien auf der Ebene der Regionalplanung nicht verfügbar sind (s. hierzu auch Ergänzung in Anhang B). Dieser Ansatz wurde daher nicht weiterverfolgt. Stattdessen wurden mit den Vertreter:innen der vier mitwirkungsbereiten Städte je zwei lokalspezifisch vertiefte Workshops durchgeführt, in denen (1) die Grundlagen für die Szenarien zur Abschätzung der Ressourcen- und Flächenbedarfe unterschiedlicher Stadtentwicklungsstrategien definiert und abgestimmt sowie (2) die Ergebnisse der Modellierung diskutiert wurden. Zum Abschluss wurden für die Kommunen Handlungsempfehlungen entwickelt. Darauf basierend erfolgte die Entwicklung von Empfehlungen für die Bundes- und Landesebene.

³¹ Angebotenes Portfolio gemäß Ausschreibung des Vorhabens: sechs Raumordnungspläne (zwei Landesentwicklungspläne, vier Regionalpläne), vier Flächennutzungspläne, sechs Bebauungspläne bzw. teilräumliche Planungsvorhaben.

3 Ausgewählte Ressourcen und nutzungsbedingte ökologische Problemlagen

Es gibt vielfältige Umweltbelastungen und Problemlagen, die mit dem Bauen verbunden sind. Dazu gehören Flächenverbrauch, der Verbrauch von Materialien und Energie, Einflüsse auf das lokale Klima und andere. Aufgrund der im Rahmen des Projekts untersuchten Schwerpunkte werden Umwelteffekte anhand folgender Ressourcen skizziert:

- ▶ Ressource Fläche,
- ▶ Ressource Materialien,
- ▶ Ressource Energie.

3.1 Ressource Fläche

Das Ausmaß und die Qualität der Nutzung von Flächen sind von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängig. Dazu gehören biophysikalische Faktoren (bspw. (Stadt-)Klima, Topographie, Böden, Grundwasserbildung und Oberflächenabfluss, etc.), der kulturelle und historische Kontext, Bodenpreise, politische Entscheidungen, aber auch demografische und ökonomische Dynamiken (European Environment Agency 2015, 37). Unterschiedliche Nutzungsansprüche können dabei in Konkurrenz zueinanderstehen, wobei der Siedlungsnutzung aufgrund ihrer Intensität, ihres Umfangs und ihrer Entwicklungsdynamik sowie der damit verbundenen Auswirkungen eine besondere Rolle zukommt.

3.1.1 Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsflächen

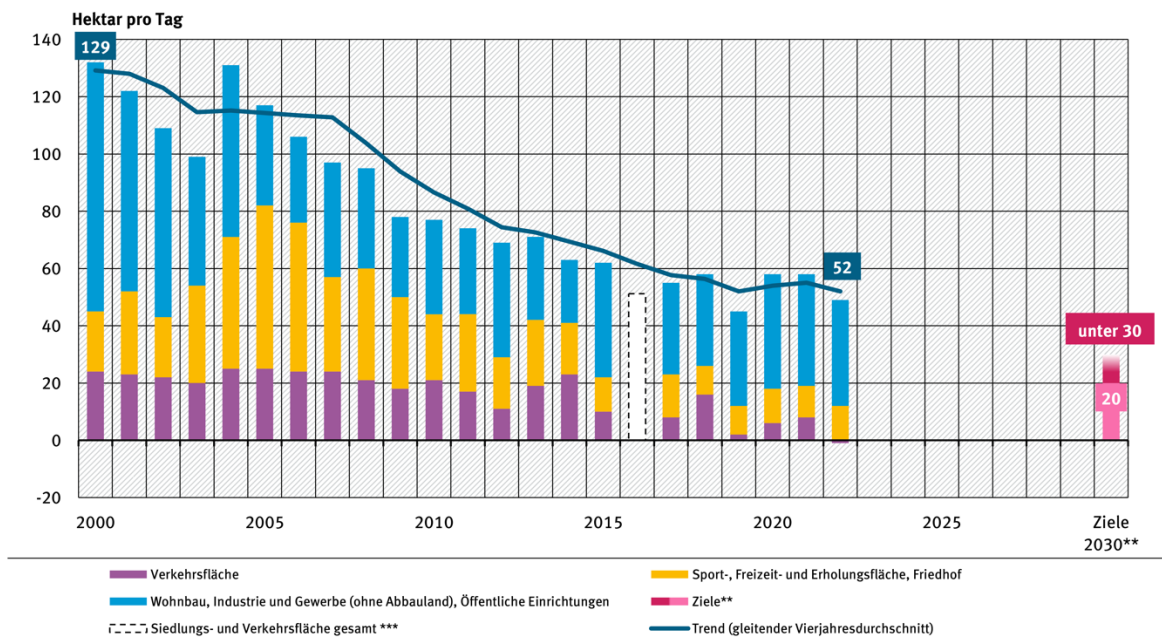
Siedlungs- und Verkehrsfläche ist allerdings nicht gleichzusetzen mit versiegelter Fläche. Zur Siedlungs- und Verkehrsfläche zählen die Nutzungsarten Gebäude- und Freifläche, Betriebsfläche ohne Abbauland, Verkehrsfläche, Erholungsfläche und Friedhöfe. Siedlungs- und Verkehrsfläche stellt dabei nicht nur auf die versiegelte Fläche ab, sondern erfasst auch unbebaute und nicht versiegelte Flächen wie Gärten, Hofflächen und Verkehrsbegleitgrün sowie Freiflächen wie Parks und Grünanlagen, Kleingärten, Gartenland innerhalb von Ortslagen, Sport- und Freizeitanlagen, Campingplätze sowie Friedhöfe (Die Bundesregierung 2016, 159).

Nach Berechnungen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen (UGR) der Länder wird der Versiegelungsanteil der Siedlungs- und Verkehrsfläche 2015 im Länderdurchschnitt auf gut 45 % geschätzt (Statistische Ämter der Länder 2017; Die Bundesregierung 2016, 159).

In Deutschland wurden im Jahr 2018 täglich rund 54 Hektar Freiflächen in Siedlungs- und Verkehrsfläche umgewandelt (UBA 2022). Abbildung 9 zeigt, dass der Zuwachs an Siedlungs- und Verkehrsfläche in den letzten Jahren zwar tendenziell rückläufig ist, jedoch nach wie vor auf einem hohen Niveau liegt. Im Kontext der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie besteht das Ziel, die Inanspruchnahme zusätzlicher Flächen bis 2030 auf unter 30 Hektar pro Tag zu begrenzen und bis 2050 eine Flächenkreislaufwirtschaft einzuführen.

Abbildung 9: Entwicklung der Siedlungs- und Verkehrsfläche in Deutschland im Hinblick auf die Ziele der Nachhaltigkeitsstrategie Deutschlands

Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche*



* Die Flächenerhebung beruht auf der Auswertung der Liegenschaftskataster der Länder. Aufgrund von Umstellungsarbeiten in den Katastern (Umschlüsselung der Nutzungsarten im Zuge der Digitalisierung) ist die Darstellung der Flächenzunahme ab 2004 verzerrt.

** Ziele 2030: "30 minus x" Hektar pro Tag: "Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, Neuauflage 2016"; 20 Hektar pro Tag: "Integriertes Umweltprogramm 2030"

*** Ab 2016 entfällt aufgrund der Umstellung von automatisierten Liegenschaftskataster-Informationssystem (ALKIS) die Unterscheidung zwischen "Gebäude- und Freifläche" sowie "Betriebsfläche ohne Abbauland". Dadurch ist derzeit der Zeitvergleich beeinträchtigt und die Berechnung von Veränderungen wird erschwert. Die nach der Umstellung ermittelte Siedlungs- und Verkehrsfläche enthält weitgehend dieselben Nutzungsarten wie zuvor. Weitere Informationen unter www.bmu.de/WS2220#c10929.

Quelle: Werte aus Statistisches Bundesamt 2024, Anstieg der Siedlungs- und Verkehrsfläche (gleitender Vierjahresdurchschnitt) und Anstieg der Unterarten der Siedlungs- und Verkehrsfläche

Quelle: Umweltbundesamt (2022) auf Basis Statistisches Bundesamt (2022).

3.1.2 Flächennutzungskonkurrenzen

Die Ausdehnung der Siedlungs- und Verkehrsflächen bedeutet in einem dicht besiedelten Land wie Deutschland den Verlust von Landwirtschafts-, Wald- und Grünflächen und dem damit verbundenen Nutzen für die Menschen (bspw. Nahrungsmittelproduktion, Holzwirtschaft, Ressourcengewinnung). Mit diesen Flächenverlusten geht der Verlust von Naturfunktionen einher, bspw. für den Wasserhaushalt (oberirdische Gewässer, Grundwasser), Boden, Flora und Fauna (bspw. Natur- und Artenschutz, Biodiversität), lokales Stadtklima sowie Entlastungsfunktionen für den Siedlungsraum und die darin lebenden Menschen (bspw. Kalt- und Frischluftproduktion und -bahnen, Niederschlagswasserrückhalt und Minderung von Hochwassergefahren).

Je größer und je weiter die Siedlungsflächen ins Umland ausufern, desto weiter werden überdies die Wege zwischen Wohnort, Arbeitsstätte und den Orten der Freizeitgestaltung. Damit steigen auch die Belastungen durch Lärm und Luftschadstoffe in den Siedlungsbereichen aufgrund des steigenden motorisierten Individualverkehrs³² und Naherholungsmöglichkeiten im unmittelbaren Umfeld gehen zunehmend verloren. Zudem verändert die Suburbanisierung das Erscheinungsbild der Städte, Gemeinden und Landschaften – mit Rückwirkungen sowohl auf deren (touristische) Attraktivität, als auch auf die Identifikation der Bewohnerinnen und Bewohner mit ihrem Wohnort (Bock und Deutsches Institut für Urbanistik 2011, 7).

Fläche ist damit eine knappe Ressource, die es zu schützen und nachhaltig zu nutzen gilt (BBSR 2009). Insbesondere in wachsenden Großstädten und Ballungsräumen zeigt sich diese

³² Siehe hierzu bspw. Preuß et al. 2020, Schubert et al. 2021, Degreif et al. 2022

Knappheit in sich verschärfenden Flächennutzungskonkurrenzen auch im Umland, die es planerisch zu bewältigen gilt. Neben dem Bedarf an Wohnbauflächen gibt es überdies parallel einen hohen Bedarf an Flächen zur Ansiedlung von Gewerbe und Industrie.

In den Städten und ihrem Umland konkurrieren also unterschiedliche Nutzungsarten um die verfügbare Fläche: Neben der Wohnbebauung und Verkehrsinfrastruktur sind dies vor allem Gewerbe und Industrie, Grün- und Freiflächen, Flächen zum Ausbau Erneuerbarer-Energie-Anlagen sowie naturschutzrechtliche Ausgleichsflächen und fachplanerische Schutz- und Abstandsflächen. Laut Kötter et al. hat Boden „drei fundamentale und nicht substituierbare“ Funktionen: Er ist als natürliche Ressource im Ökosystem unverzichtbar, dient als Fläche unterschiedlichen städtebaulichen Funktionen und ist als Standort Produktionsfaktor und knappes Wirtschaftsgut. „Soll nun die Flächeninanspruchnahme“, so führen Kötter et al. weiter aus „trotz offensichtlich anhaltend hohem Bedarf an Flächen für städtebauliche Nutzungen reduziert werden, so stellt sich zwangsläufig die Frage nach der städtebaulich tragbaren, sozial verträglichen und ökologisch vertretbaren Dichte für bestehende und für künftige Bauflächen“ (Kötter et al. 2009, 63).

3.2 Ressource Material

Neben der Neuinanspruchnahme von Fläche bedeuten Neubau von Gebäuden und Infrastrukturen auch den Verbrauch von Materialressourcen, wobei beide in enger Verbindung stehen: Es wird davon ausgegangen, dass „Flächennutzung (...) eine zentrale Stellschraube (ist), um den Verbrauch von Baustoffen in Infrastruktureinrichtungen zu beeinflussen“ (Werland 2014, 12).

Laut der Europäischen Kommission (2014) sind etwa die Hälfte aller Energie- und Materialflüsse und ein Drittel des Wasserverbrauchs in Europa durch die Errichtung, Nutzung und Bewirtschaftung von Gebäuden und baulichen Anlagen verursacht. Grundsätzlich gilt: „Jede Ausweitung von Siedlungsfläche zeitigt nicht nur Rohstoffverbrauch durch neue Gebäude, sondern neue Siedlungsflächen benötigen in erheblichem Umfang Erschließungsinfrastrukturen“ (Wunder, Hirschnitz-Garbers und Kaphengst 2014, 9). In Deutschland ist die wichtigste Nutzung von mineralischen Baustoffen die Konstruktion neuer Gebäude (52 Millionen Tonnen in 2008), die Konstruktion neuer Infrastrukturen für neue Siedlungen (32 Millionen Tonnen in 2008) und die Instandhaltung von Infrastrukturen (rund 80 Millionen Tonnen) (Penn-Bressel 2014, 74). Die zugrundeliegende Auswertung lässt für Großstädte und Ballungsräume den Schluss zu, dass die Neuerschließung von Siedlungsflächen grundsätzlich mehr mineralische Baumaterialien benötigt, als ein entsprechendes Niveau an Innen- und Bestandsentwicklung. Aber auch über das Gebot der Innenentwicklung hinaus gibt es bereits mehrere Instrumente und Ansätze, um die Materialintensität der Siedlungs- und Verkehrsflächenentwicklung zu mindern.

Für wachsende Städte und Metropolregionen bedeutet der demografische Wandel einen steigenden Bedarf an Wohnraum und Versorgungsinfrastrukturen, der – wie bereits diskutiert – entweder über eine Neuinanspruchnahme von Siedlungs- und Verkehrsflächen, über eine Nachverdichtung im Bestand oder über eine Veränderung der Nutzungsformen des Bestands gedeckt werden muss. Welche dieser Entwicklungsstrategien gewählt wird, hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf den Verbrauch von Materialien. Studienergebnisse ermitteln eine tendenziell höhere Ressourcenintensität von Neuerschließungen gegenüber der Entwicklung im Bestand (vgl. u. a. Wunder, Hirschnitz-Garbers und Kaphengst 2014):

- So kann Schiller bspw. zeigen, dass der Materialaufwand für die Einrichtung und Errichtung von Infrastrukturen mit der immer weiteren Ausdehnung von Siedlungsfläche ansteigt und negativ mit der Kompaktheit der Stadtstrukturen korreliert. Sprich: kompakte Stadtstrukturen wirken sich positiv auf einen reduzierten Materialaufwand aus (Schiller 2007).
- Für das Jahr 2008 hat Penn-Bressel (2014, 69 ff.) das Volumen an mineralischen Rohstoffen, die in Deutschland entnommen wurden, mit dem Volumen an neuen Gebäuden, den Investitionen in die Infrastruktur und einer Schätzung des Materialaufwands für die Instandhaltung von Gebäuden und Infrastrukturen gegengerechnet. Ziel war es, sich der tatsächlichen Nutzung dieser Rohstoffe in Deutschland anzunähern. Basierend auf ihren Berechnungen kommt sie zu dem Schluss, dass die Neuerschließung und Bebauung von Siedlungs- und Verkehrsfläche einen Großteil dieser entnommenen mineralischen Rohstoffe verbraucht hat.
- Die Materialintensität von Gebäuden unterscheidet sich darüber hinaus maßgeblich nach Gebäudetyp. Lehmann & Stanetzky (1999) zeigen auf, dass die direkte Materialintensität pro Quadratmeter Wohnfläche sich zwischen freistehenden Einfamilienhäusern (2,2 Tonnen Materialgewicht pro Quadratmeter), Reihenhäusern (1,5 Tonnen) und Mehrfamilienhäusern (1,2 Tonnen) maßgeblich unterscheidet. Bezieht man die indirekten Stoffströme ein, spannt sich die Differenz zwischen Ein- und Mehrfamilienhäusern noch deutlicher auf.

Vor diesem Hintergrund kann die flächensparende Stadtentwicklung, der Vorrang der Doppelten Innenentwicklung, als eine notwendige Bedingung für eine material- und ressourceneffiziente Stadtentwicklung betrachtet werden.

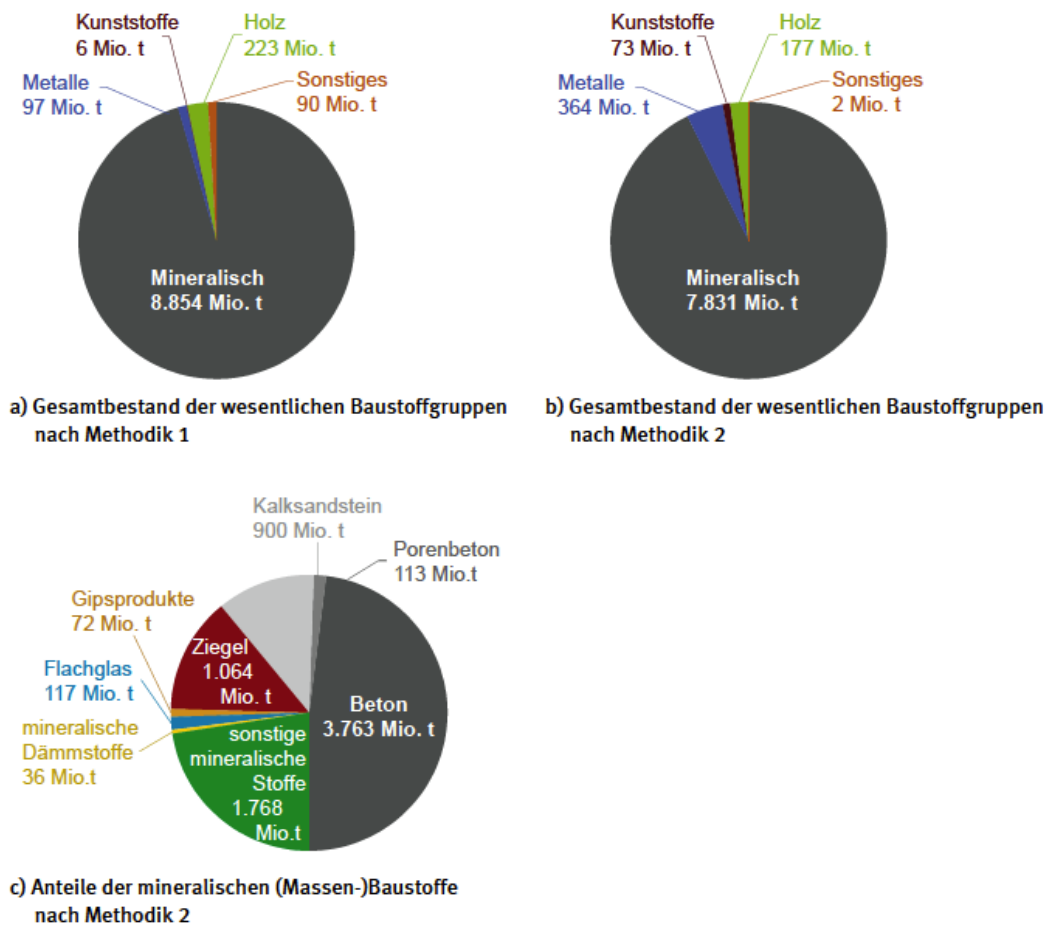
Um dem Anspruch einer ressourceneffizienten Stadtentwicklung gerecht zu werden, gilt es allerdings auch die Materialdimension der Stadtentwicklung für sich zu betrachten: In den letzten Jahrzehnten wurde zunehmend deutlich, dass der Baubereich als Sektor „für einen beträchtlichen Teil der anthropogenen Stoffströme verantwortlich ist“ (Lehmann und Stanetzky 1999, 16). 574,4 Millionen Tonnen mineralische Rohstoffe wurden 2015 allein in Deutschland abgebaut und verwendet – eine erheblich größere Menge als die Rohstoffentnahme (bspw. Kohle) zur Energiegewinnung (Statistisches Bundesamt o.J.).

Vor allem aber lassen sich bereits verbaute Materialien in der Bausubstanz als Sekundärressource betrachten. Im Kontext der Debatte um den *urban metabolism*³³ wird seit längerem die Sekundärverwendung von Rohstoffen unter dem Schlagwort *urban mining*³⁴ diskutiert. Denn nach Schätzung der Bundesregierung waren 2008 im deutschen Wohnbestand bereits 10,5 Milliarden Tonnen mineralische Baustoffe verbaut. Für das Jahr 2010 wurde im Rahmen eines Forschungsprojekts ermittelt, dass im deutschen Wohngebäudebestand 8.447 bis 9.269 Millionen Tonnen mineralische Baustoffe, im Nicht-Wohngebäudebestand schätzungsweise weitere 6.560 Millionen Tonnen verbaut wurden (Schiller u. a. 2015, 114ff.). Sowohl im Wohngebäude-, als auch im Nicht-Wohngebäudebestand sind dies vor allem Beton, Ziegel und Kalksandstein (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11).

³³ Urban Metabolism verfolgt das Ziel, die Zu- und Abflüsse sowie die Anhäufung von Ressourcen (wie Materialien und Energie) in einer Stadt zu quantifizieren.

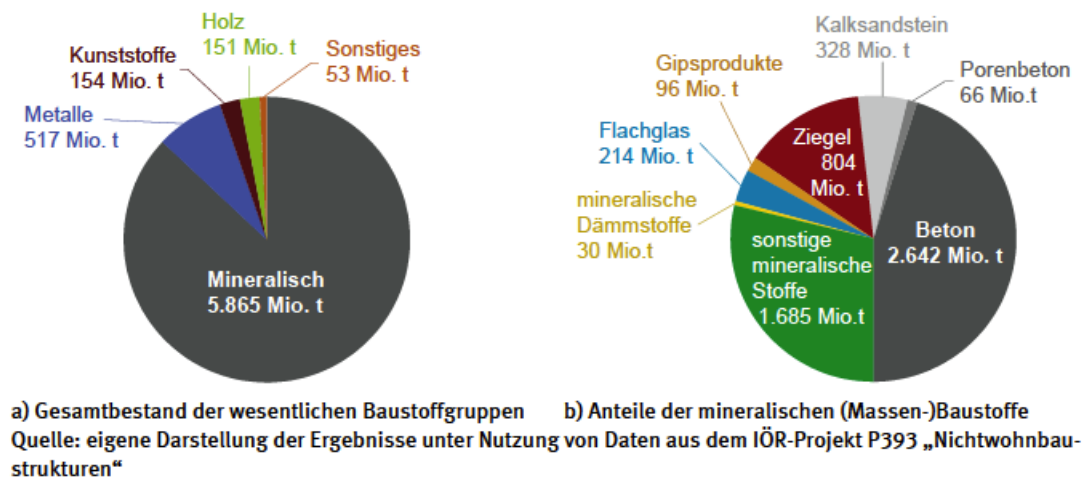
³⁴ Reutter et al. (2012, 163) definieren urban mining „als strategische[n] und operative[n] Ansatz zur Gewinnung von Rohstoffen aus sekundären Quellen, der systematisch die Potenziale in verschiedenen Lagerstätten (Hoch- und Tiefbau, Deponien) erfasst und bewertet sowie diese unter Berücksichtigung verschiedener Randbedingungen (Gesetzgebung, Erschließungskosten, Nachfrage, Technikeinsatz) zur rohstofflichen Versorgung der Volkswirtschaft erschließt“.

Abbildung 10: Baustoffverteilung im Wohngebäudebestand (in Mio t)



Quelle: Schiller et al. (2015)

Abbildung 11: Baustoffverteilung im Nichtwohngebäudebestand



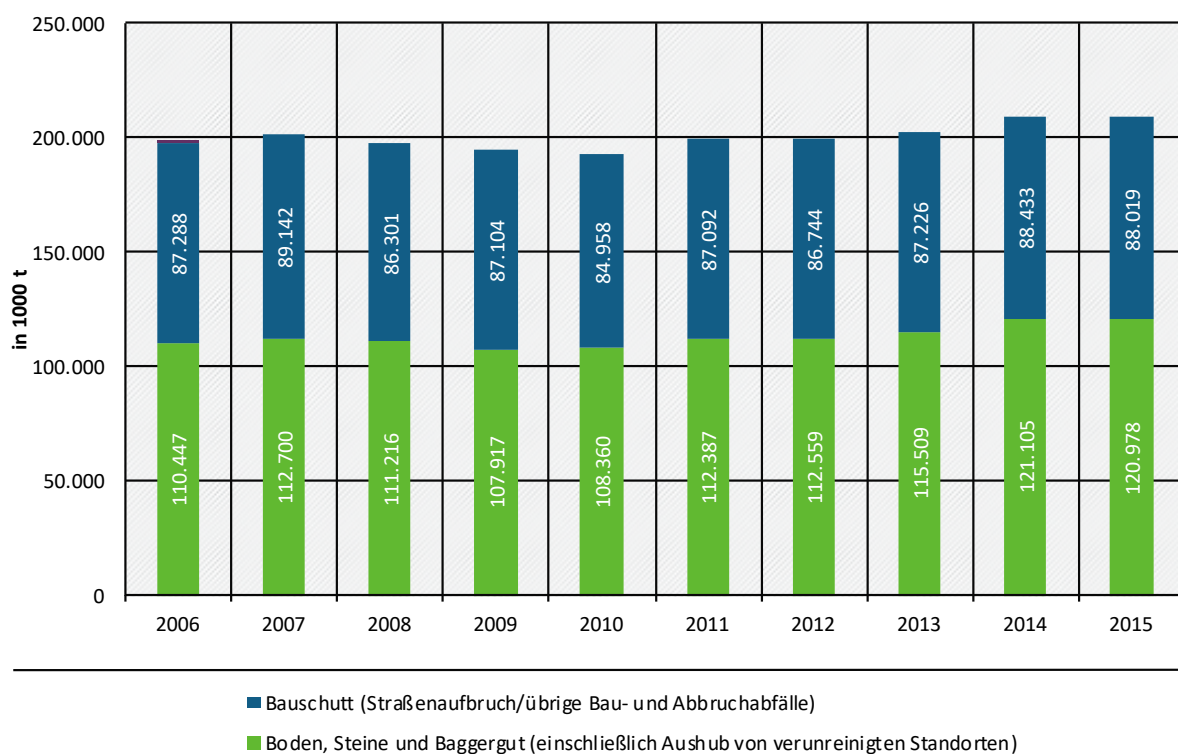
Quelle: Schiller et al. (2015)

Auch der Bestand an Gebäuden und Infrastrukturen ist einem stetigen Wandel unterworfen. Instandhaltungsmaßnahmen, Erweiterungsmaßnahmen und Abrissmaßnahmen in Vorbereitung für einen Neubau verursachen jährlich eine große Menge an Baustoffabfällen (siehe auch

Abbildung 12). Im Jahr 2016 wurden laut Statistischem Bundesamt (2017c) 19.207 Gebäude und Gebäudeteile mit einer absoluten Nutzungs- und Wohnfläche von 10.414 km² abgerissen. Betrachtet man die Zahlen, dann handelte es sich in vielen Fällen um den Abriss von Gebäuden, die zwischen 1949 und 1986 errichtet wurden, und durch neue (Wohn-)Gebäude ersetzt werden sollten. Die Wiederverwertungsmöglichkeiten dieser Bau- und Abbruchabfälle hängen zu einem großen Teil von dem Verunreinigungsgrad und Weiterverarbeitungsgrad der Materialien ab. Nach Berechnungen von Schiller et al. (Schiller et al. 2015, 57) waren 2010 noch 85% der mineralischen Baustoffe, die im Gebäudebau verwendet wurden, Primärmaterial. Wiederverwertete Bau- und Abbruchabfälle flossen dagegen zu 90% in Infrastrukturen, wie etwa die Verfüllung im Bergbau oder im Straßenbau, ein.

Abbildung 12: Aufkommen von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland 2006 - 2015

Aufkommen von Bau- und Abbruchabfällen in Deutschland 2006 - 2015



Quelle: Eigene Darstellung (BKR Aachen, Wuppertal Institut) auf Datengrundlage vom Statistischen Bundesamt (2017b).

3.3 Ressource Energie

Mit der flächenmäßigen Expansion von Metropolregionen geht in verschiedener Hinsicht auch der Verbrauch der Ressource Energie einher. Energiebedarfe und -verbräuche hängen vor allem von folgenden Faktoren ab

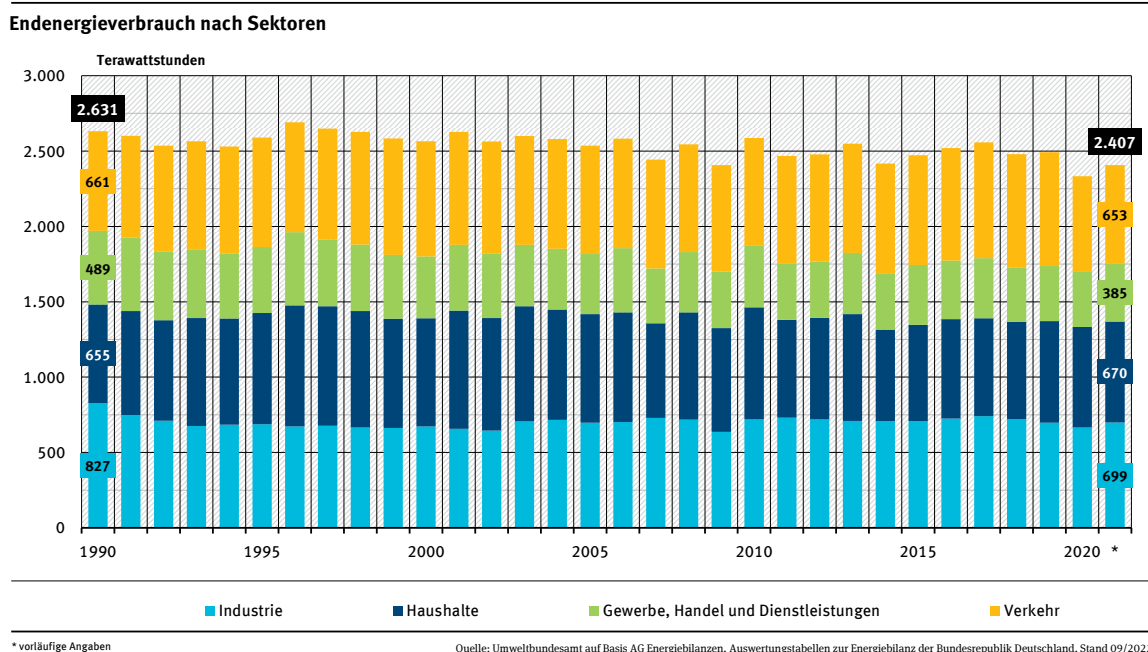
- ▶ siedlungs- und infrastrukturelle Bedingungen
- ▶ quartiersbezogene Bedingungen
- ▶ gebäudespezifische Bedingungen
- ▶ verhaltens- und milieuspezifische Bedingungen

3.3.1 Siedlungs- und infrastrukturelle Bedingungen des Energieverbrauchs

Betrachtet man die Entwicklung des Energieverbrauchs deutschlandweit (siehe Abbildung 13) so ergibt sich die folgende sektorale Verteilung:

Die Industrie ist mit fast 700 TWh in 2021 der energieintensivste Sektor Deutschlands. Dicht aufeinander folgen danach die Privathaushalte mit 670 TWh und der Verkehr mit 653 TWh. Der Anteil von Gewerbe, Handel und Dienstleistungen am Gesamtenergieverbrauch ist mit 385 TWh dagegen deutlich geringer. Insgesamt zeigt der Zeitverlauf, dass der Verbrauch eher auf hohem Niveau stagniert als dass sich eine deutliche Minderung abzeichnet.

Abbildung 13: Entwicklung des Endenergieverbrauchs in Deutschland nach Sektoren zwischen 1990 und 2021



Quelle: UBA (2023b) auf Basis AG Energiebilanz (2022).

3.3.2 Quartiersspezifische Bedingungen des Energieverbrauchs

Neben siedlungs- und infrastrukturellen Bedingungen beeinflussen auch städtebauliche und quartiersspezifische Parameter wie Gebäudeanordnung, -ausrichtung, -höhen und -abstände den Energiebedarf einzelner Gebäude bzw. eines gesamten Quartiers. Diese Einflussgrößen wirken sich zum einen auf die Besonnung/Verschattung von Gebäuden und Freiflächen aus und zum anderen auf die Frischluftzirkulation und damit auf die Luftqualität im Quartier. Während es bei der Luftqualität und der Besonnung/Verschattung von Freiflächen eher um Aspekte der Wohnumfeldqualität geht, hat die Besonnung/Verschattung von Gebäuden direkte Auswirkungen auf den Energiebedarf der jeweiligen Gebäude für Heizen und Kühlen sowie für künstliche Belichtung:

So verursacht eine hohe bauliche Dichte, insbesondere wenn sie mit hohen Gebäuden und eher schmalen Straßen einhergeht, möglicherweise eine zu große Verschattung, so dass die Möglichkeiten der Ausnutzung von Tageslicht sowie der winterlichen solaren Wärmegewinne verringert werden. Der optimale Grad an Verschattung ist allerdings stark klimaabhängig, da es bspw. in heißen Klimazonen stärker darauf ankommt, die Überhitzung des Gebäudeinneren zu

verhindern, um so den Energiebedarf für Kühlung zu minimieren – wofür dann eine Verschattung durch benachbarte Gebäude wiederum von Vorteil ist.

Zu berücksichtigen ist dabei auch, dass die Handlungsfelder Klimaschutz und Klimaanpassung Synergien aufweisen können (z. B. bei der Gebäudedämmung oder der verstärkten Einführung erneuerbarer und dezentraler Energien). Im Zuge von Planungen sind aber auch potentielle Nutzungskonflikte z.B. in der Gestaltung von Flächen (kompakte Stadt vs. aufgelockerte, begrünte Stadt; Dachflächen für solare Nutzung und/oder Begrünung etc.) zu beachten. So bedürfen Mitigationsstrategien auch der Integration von Anpassungsmaßnahmen zur Entwicklung eines ressourceneffizienten und nachhaltigen Klimaschutzes (Ahlhelm et al. 2012, 24).

In diesem Kontext kann bspw. eine Vorgehensweise wie bei der solaren Stadtplanung hilfreich sein. Im Rahmen dieses komplexen Prozesses wird ein Gleichgewicht zwischen klimatischen, topografischen und städtebaulichen Randbedingungen sowie dem Minimieren potenzieller Wärmeverluste und dem Maximieren potenzieller Wärmegewinne angestrebt. Darüber hinaus sind städtebauliche, architektonische und wirtschaftliche Belange zu berücksichtigen (Ahlhelm et al. 2012, 49, ff.).

Die Diskussion um energetische Quartierstypen hat maßgeblich dazu beigetragen, nicht nur siedlungsstrukturelle- oder gebäudespezifische Energiebedarfe zu adressieren, sondern auch zusammenhängende Ensembles von Gebäuden zusammen mit ihren Versorgungsinfrastrukturen ins Blickfeld der raumstrukturellen Forschung zu nehmen. Das Ziel einer frühen durch das BMVBS/BBSR (Genske et al. 2009) beauftragten Studie bestand bspw. darin, den langfristigen Energiebedarf energetisch sanierter Wohn- und Nichtwohngebäude nach verschiedenen Stadtraumtypen zu untergliedern und u.a. auf dieser Basis Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien in Stadträumen zu ermitteln (siehe Tabelle 1).³⁵

Tabelle 1: Langfristiger Energiebedarf energetisch sanierter Wohn- und Nichtwohngebäude nach Stadtraumtyp

Stadtraumtyp	Nr.	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]	Warmwasserbedarf [kWh/m²a]	Strombedarf [kWh/m²a]
Altstadt	I	130	17	20
Innerstädtische Baublöcke der Gründer- und Vorkriegszeit	II	50	17	20
Wiederaufbau-Ensembles der 50er- Jahre	III	70	17	20
Dörfliche und kleinteilige Strukturen	IV	60-1	17	20
Werks- und Genossenschaftssiedlungen der Gründer- und Vorkriegszeit	V	50	17	20

³⁵ Eine erweiterte Siedlungstypologie findet sich bei Blesl (2002, 10 und 135ff.)

Stadtraumtyp	Nr.	Heizwärmebedarf [kWh/m²a]	Warmwasserbedarf [kWh/m²a]	Strombedarf [kWh/m²a]
Siedlungen des Sozialen Wohnungsbaus der 50er-Jahre	VI	50	17	20
Hochhaussiedlungen der 70er-Jahre & Plattenbausiedlungen in den neuen Bundesländern	VII	40	17	20
Geschosswohnungsbau seit den 60er-Jahren	VIII	45	17	20
Einfamilienhausgebiete	IX	50	17	20
Gewerbe- und Industriegebiete ²	X	50	5	20
Zweckbau-Komplexe und öffentliche Einrichtungen ²	XI	70	5	20
¹ Schätzung; ² ohne Industriestrom				

Quelle: Genske et al. (2009, 8)

Eine Anwendung des Konzepts der Stadtraumtypen auf ein kommunales Klimaschutzkonzept wurde im Rahmen der Entwicklung des „Klimaschutzorientierten Energiekonzepts für den Gebäudesektor in Norderstedt“ (Lindner und Schmidt 2009) vorgenommen. Darin wird der Siedlungsraum der Stadt nach unterschiedlichen Strukturtypen gegliedert und diese jeweils mit spezifischen Kennwerten gekoppelt (bspw. bauliche Dichte, Energiebedarf etc.). Jede bebaute Flächeneinheit wird dabei auf der Ebene von Baublöcken einem baulichen Strukturtyp unter der Prämisse zugeordnet, dass Teilflächen des Siedlungsraumes meist durch eine weitgehend homogene Baustruktur gekennzeichnet sind. Das Konzept unterscheidet dabei auf der Verbrauchsseite zwischen

- Einfamilienhäusern
- Geschosswohnungsbaugebieten (mit mehr als 2 WE/Gebäude)
- Mischgenutzten Gebieten (bspw. Wohnen und Gewerbe)
- Gewerbegebieten und
- Gebieten mit öffentlicher Infrastruktur

Auf der Basis einer Teilflächentypisierung wurden im Rahmen des Energiekonzeptes insgesamt 21 Stadtraumtypen entwickelt, die unterschiedlichen Altersklassen der jeweiligen Teilräume in unterschiedlichen energetischen Niveaus berücksichtigten (siehe auch Hegger u. a. 2012). Für diese Stadtraumtypen wurden im Rahmen des Konzepts jeweils konsistente Maßnahmenpakete entwickelt. Zum Beispiel liegt der Fokus der Maßnahmen und Instrumente in den

Stadtraumtypen 1, 5 und 9 (Einfamilienhäuser in verschiedenen Baualtersklassen, siehe Tabelle 1) deutlicher in der energetischen Ertüchtigung der Gebäudehülle, die u. a. über direkte Ansprache, Beratung oder Förderung erzielt werden soll. In Quartieren mit überwiegendem Geschosswohnungsbau liegt der Schwerpunkt der Maßnahmen hingegen deutlicher auf der Modernisierung der Energieversorgung und dem Ausbau der Fernwärme.

Eine weitere systematische Arbeit hierzu wurde von INWIS (Neitzel und Bleja 2017) publiziert: Über die verfügbare Gebäude- und Energieinfrastruktur hinaus nahm das Institut am Beispiel von über 2.000 Wohnquartieren im Ruhrgebiet auch sozio-demografische und sozio-ökonomische Daten zur Hand, um zu einer angemessenen Abgrenzung von Quartieren und zur Identifizierung quartiersspezifischer Energieeffizienzpotenziale zu gelangen.

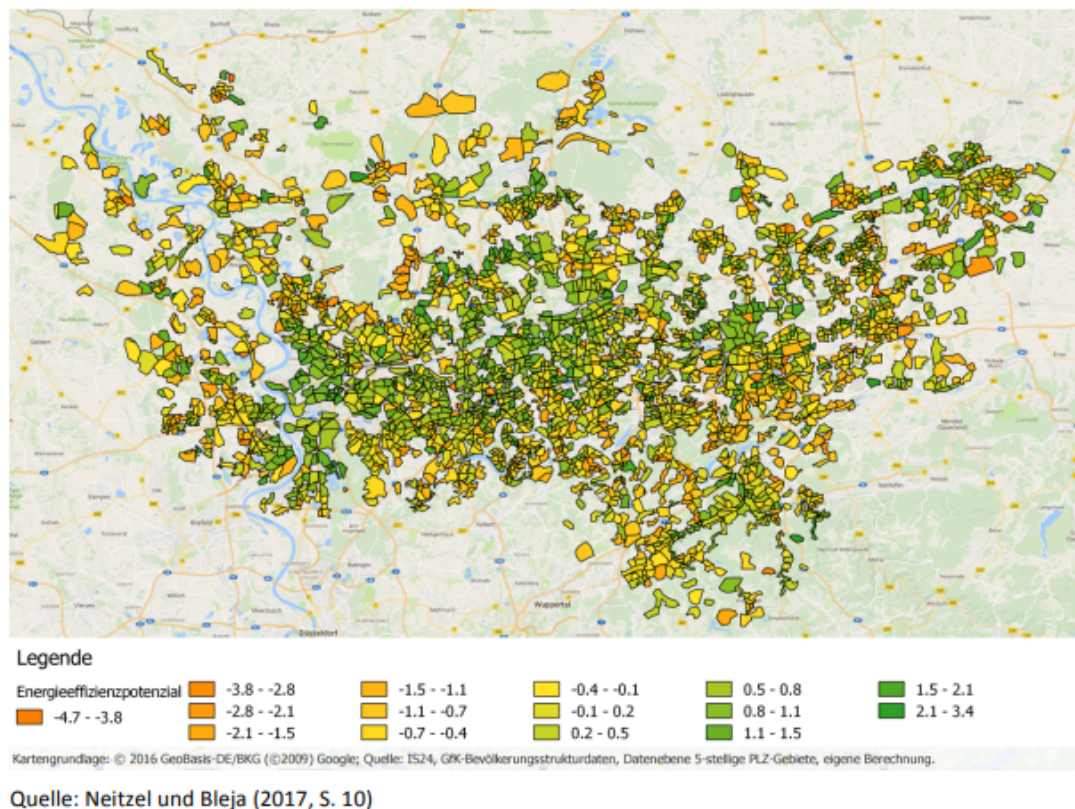
Nach den folgenden Komponenten wurden Quartiere beschrieben und typisiert:

1. Energetische Kennzahlen zur Ermittlung eines technischen Potenzials (u. a. Baustruktur, Modernisierungszustand und Energieverbrauch bzw. -bedarfe)
2. Marktdaten: Je nach Marktverfassung besteht ein günstiges oder weniger günstiges Investitionsklima. Bestehen in schrumpfenden Märkten keine günstigen Zukunftsperspektiven, so unterbleiben Investitionen generell, besonders auch solche in höhere Energieeffizienz. Maßnahmenumfänge bleiben ggf. auf das Niveau beschränkt, das durch die Energieeinsparung gegenfinanziert werden kann.
3. Nutzerinnen und Nutzer: Je nach Nutzerstruktur gibt es günstige Voraussetzungen zur Umsetzung von energieeffizienzsteigernden Maßnahmen, bspw. weil finanziell gut gestellte kaufkräftige Gruppen in einem Quartier leben oder solche, die aufgrund ihrer Einstellung solchen Maßnahmen gegenüber eher aufgeschlossen sind.
4. Energieversorgung: Hohes Potenzial ist bei (älteren) Gas- und Ölheizungsanlagen zu vermuten, während das Vorhandensein eines Fernwärmeversorgungsnetzes zwar unter Klimaschutzgesichtspunkten grundsätzlich positiv zu beurteilen ist, aber bestimmte Lösungen (Nahwärmeversorgung, auch unter Nutzung vorhandener Wärmequellen aus nahegelegener Gewerbe oder Geothermie) dadurch eingeschränkt oder gar ausgeschlossen werden.

Aus der Kombination von Energieeffizienzpotenzial und ergänzenden Potenzialfaktoren sind in einer ersten Näherung 54 unterschiedliche energetische Quartierstypen für das Ruhrgebiet entstanden, in denen sich bestimmte Maßnahmen (bspw. geringinvestive) eher anbieten als andere (bspw. kostenintensivere Maßnahmen an der Gebäudehülle).

Ein hohes Energieeffizienzpotenzial korrespondiert mit hohen Energieverbrauchs-/Energiebedarfskennwerten, einem wenig modernisierten Gebäude- und Wohnungsbestand sowie einem Gebäudebestand, der überwiegend vor 1978 bzw. vor allem in den 1950er/1960er- sowie in den 1930er-Jahren errichtet worden ist. Solche Quartiere können überwiegend in der zentralen Ost-West-Achse des Ruhrgebiets (grün eingefärbte Quartiere in Abbildung 14).

Abbildung 14: Energieeffizienzpotenziale in Ruhrgebietsquartieren



3.3.3 Gebäudespezifische Bedingungen des Energieverbrauchs

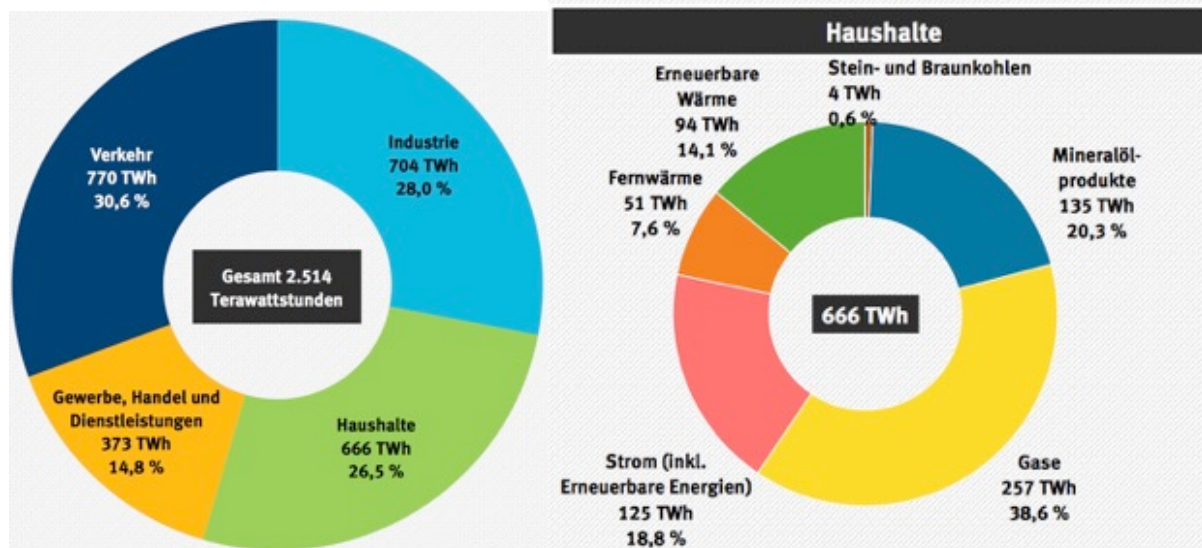
Für die Energieeffizienz von Gebäuden selbst ist ein zentraler Faktor ihre bauliche Kompaktheit, ausgedrückt durch das Verhältnis der Gebäudeoberfläche zum Gebäudevolumen (sog. A/V-Verhältnis): je kleiner die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen, desto geringer sind (bei gleicher Dämmqualität) die Transmissionswärmeverluste pro m² Nutzfläche. Am vorteilhaftesten sind drei- bis fünfgeschossige Mehrfamilienhäuser (MFH) mit Gebäudelängen zwischen 30 und 50 Metern und einer Tiefe von 12-14 Metern (Deilmann, Lehmann und Mathey 2017, 143 f.). Der Gebäudetyp hat daher einen großen Einfluss auf den Energieverbrauch, wobei freistehende Einfamilienhäuser (EFH) generell am schlechtesten abschneiden: So verbraucht ein durchschnittlicher EFH-Haushalt ungefähr doppelt so viel Energie wie ein durchschnittlicher MFH-Haushalt (Kopatz 2013).

Des weiteren sollte, wenn es um den Energiebedarf auf der Ebene des einzelnen Gebäudes geht, neben der Energieeffizienz des Gebäudes und seiner Technik auch der Energieverbrauch während der Bauphase und bei der Produktion der Baumaterialien im Rahmen einer Lebenszyklusanalyse betrachtet werden. So sind bspw. gerade die mit am häufigsten eingesetzten Baumaterialien Stahl und Beton beide sehr energie- und ressourcenintensiv in der Herstellung.

In Deutschland existieren zurzeit 42 Millionen Wohnungen in mehr als 18 Millionen Gebäuden: Ca. 50% dieser Wohnungen befinden sich in Mehrfamilienhäusern, 60% der Wohnfläche befindet sich in Ein- und Zweifamilien- sowie Reihenhäusern (Statistisches Bundesamt 2018a). Und: ca. drei Viertel der Gebäude wurden vor 1979 und damit vor der Verabschiedung der ersten Wärmeschutzverordnung gebaut. Gegenwärtig fallen knapp 30 % des Energieverbrauchs in Deutschland in privaten Haushalten an, wovon der Bereitstellung der Raumwärme knapp drei Viertel zukommen, inklusive der Warmwasserversorgung sogar 86 %. Der Stromverbrauch

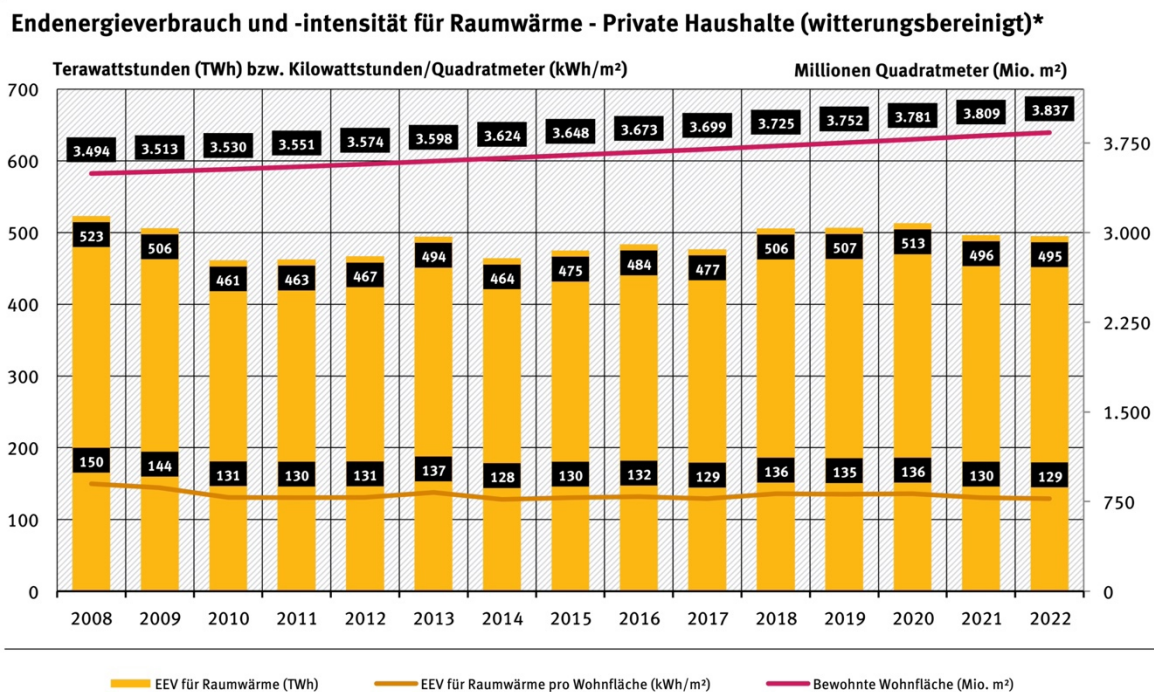
macht mit knapp 10% (Beleuchtung, Informationstechnologien, Mechanische Energie sowie sonstige Prozesskälte) einen weiteren wichtigen Bestandteil des Energieverbrauchs aus.

Abbildung 15: Gesamtverbrauch, der Energieverbrauch und Endenergieverbrauch im Sektor Haushalt nach Energieträgern (in 2016)



Quelle: Umweltbundesamt (2021) auf Datengrundlage der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen (Stand: 2020)

Abbildung 16: Endenergieverbrauch und -intensität für Raumwärme – Private Haushalte (witterungsbereinigt)



* Witterungsberichtigung der AGE nach DIW mit Gradtagszahlen nach DWD für 1990-2022

Quelle: Eigene Darstellung Umweltbundesamt auf Basis AGE, Projekt Temperaturberichtigung (Stand 03/2024); Statistisches Bundesamt, Umweltökonomische Gesamtrechnung (Stand 09/2023)

Quelle: Umweltbundesamt (2020b) auf Basis Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen, Projekt Temperaturberichtigung, Stand 05/2020; Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Energiedaten, Stand 03/2020

Aus einer rein baulichen Perspektive zeigt bspw. die deutsche Gebäudetypologie des Instituts für Wohnen und Umwelt (Loga et al. 2012) die Spannweite möglicher Energiebedarfe abhängig von Gebäudetyp und Baualtersklasse auf. Dabei reicht das Spektrum des notwendigen Endenergiebedarfes von fast 290 KWh/m² und Jahr für unsanierte Einfamilienhäuser aus der Periode 1949-57 bis hin zu Passivhausstandards von 15 KWh/m² und weniger im Neubaubereich. Das Clustern von Gebäudetypen in sogenannten Stadtraum- bzw. Siedlungstypen erweitert dabei die Perspektive von der energetischen Qualität von Einzelgebäuden auf die Ebene der Energiebedarfe und Effizienzpotenziale in Quartieren.

3.3.4 Verhaltens- und milieuspezifische Bedingungen des Energieverbrauchs

Bisher sind nur wenige Arbeiten verfügbar, die den Zusammenhang von sozialem Wandel und Energieverbräuchen analytisch zu erfassen versuchen. Kronenberg und Engel (2008) haben zum Beispiel den Einfluss von Haushaltseinkommen auf energiebezogene Haushaltsausgaben in Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern untersucht. Für beide Bundesländer gilt, dass ältere Bevölkerungsgruppen im Durchschnitt ein höheres Haushaltseinkommen sowie höheren Ausgaben für Energie aufweisen (siehe auch Gill und Schubert 2012). Moll et al. (2005) bestätigen diese Ergebnisse in ihren Untersuchungen für die Niederlande und Großbritannien: In Großbritannien verbraucht das oberste Quintil der Haushaltseinkommensklassen ca. 4,5-mal mehr Energie als das unterste.

Deutsch und Timpe (2013) haben eine Vielzahl von Studien hinsichtlich des Einflusses der Alterung auf den Energieverbrauch von Haushalten untersucht. Die Studien zeigen in der Regel eine positive Korrelation zwischen den energiebedingten Ausgaben bzw. dem Energieverbrauch von Haushalten und dem Alter. Während der Effekt des Alter(n)s nur selten explizit extrahiert werden kann, ist es vielmehr das Zusammenspiel aus den Faktoren Haushaltsgröße, Haushaltseinkommen, Wohnsituation und Nutzungsverhalten von Bewohnerinnen und Bewohnern, das zu einer Zunahme des Energieverbrauchs im Alter führt. Verkürzt gesagt weisen ältere Menschen häufig Rahmenbedingungen und Bedürfnisse auf, die einen erhöhten Energiekonsum im Bereich Wohnen begünstigen. Ein Teil der älteren Menschen verfügt über ein vergleichsweise hohes Haushaltseinkommen, lebt in kleineren Haushaltsgrößen bei vergleichsweise großem Wohnflächenbedarf und verbringt viel Zeit in der eigenen Wohnung, die häufig überdurchschnittlich stark beheizt wird (Rehdanz 2007).

Schließlich wirkt sich die fortschreitende Verkleinerung von Haushaltsgrößen auch auf den spezifischen Energieverbrauch in Haushalten aus: Gill und Schubert (2012) zeigen in ihrer empirischen Analyse, dass der spezifische Energieverbrauch von Einpersonenhaushalten nahezu doppelt so hoch ist wie in einem Dreipersonenhaushalt und ca. ein Drittel über Zweipersonenhaushalten.

Auf diesen Aspekt des Remanenzeffekts, d.h. den Verbleib alternder Haushalte in (zu) großen Familienwohnungen nach Auszug der Kinder, weisen auch Blum et. al. (2022) hin.

4 Ressourcendimensionen des Stadtwachstums: Szenarioanalysen

Die Einflüsse unterschiedlicher Stadtentwicklungsstrategien auf die Ressourcen Fläche, Material und Energie waren Gegenstand der Szenarioanalysen, die für die vier kommunalen Fallbeispiele entwickelt wurden. Dabei wurden die Rahmenbedingungen der Szenarien in einer Workshop-Reihe mit kommunalen Vertreter:innen der vier Fallstudienstädte festgelegt und deren Ergebnisse sowie die abgeleiteten Handlungsempfehlungen in einer zweiten Workshop-Reihe diskutiert.

Es konnten vier Kommunen als Fallstudienstädte gewonnen werden, die geprägt sind durch Bevölkerungszuwachs und einem entsprechenden Bedarf an zusätzlichem Wohnraum:

Kommune A rechnet bis 2030 mit einem weiteren Bevölkerungswachstum, weshalb das Stadtplanungsamt davon ausgeht, dass in den nächsten 10 Jahren **rund 3.000 Wohneinheiten neu geschaffen** werden müssen – nicht zuletzt für die wachsende Zahl Studierender, die in Kommune A als Teil der Modellregion für den Anbau und die Nutzung von nachwachsenden Rohstoffen (NaWaRo) erwartet wird. Kommune A ist weiterhin davon geprägt, dass es einerseits hohe Nachfrage nach bestimmten Segmenten des Wohnungsmarktes gibt, bspw. für junge Familien mit Kindern und auf der anderen Seite in anderen Wohnungssegmenten Leerstand existiert. Gleichzeitig sind den Kommunen aber durch die Eigentümerstruktur bei den innerstädtischen Flächen stark die Hände gebunden.

Kommune B wiederum rechnet bis 2030 sogar mit einem zusätzlichen **Bedarf von 15.900 Wohneinheiten**. Davon sollen 40% im sozialen Wohnungsbau geschaffen werden. Ein besonderes Merkmal der Kommune B ist der Status der gesamten Altstadt als UNESCO Weltkulturerbe, was bauliche Eingriffe in diesem Teil der Stadt massiv einschränkt. Gleichzeitig zieht die Stadt aus eben diesem Status ein erhebliches, wirtschaftliches Potenzial. Die Marke der Kommune B beizubehalten und weiterzuentwickeln spielt eine große Rolle bei der Stadtentwicklung.

Die Stadtverwaltung von **Kommune C** rechnet für die Zukunft bis 2030 mit einem Anstieg von **3.000 neuen Wohneinheiten**. Die im Rahmen der Gemeindereform 1976 aus vier Ortsteilen entstandene Große Kreisstadt wird als bis heute mehr von den lokalen Interessen als einer gemeinsamen Identität geprägt beschrieben, was sich etwa bei der Baulandausweisung zeigt. Im Sinne des Leitbildes einer kompakten Stadt, wird die Entwicklung entlang bestehender Trassen des Schienenpersonennahverkehrs (SPNV) verfolgt.

Kommune D rechnet bis 2030 mit einem Anstieg der Bevölkerung von ca. 5000 Einwohnern und möchte daher **2.600 zusätzliche Wohneinheiten bis 2030** erstellen. Durch Eingemeindungen in den letzten Jahrzehnten ist die Stadt auch in der Fläche gewachsen. Die Kernstadt ist heute von mehreren eher ländlich geprägten Ortsteilen umgeben. In der Kernstadt von Kommune D sind bis heute viele Grundstücke unbebaut und stellen ein erhebliches Verdichtungspotenzial dar. Gleichzeitig steigt der Altersdurchschnitt der Bevölkerung in Kommune D, wodurch zusätzlicher Bedarf nach entsprechenden sozialen Infrastrukturen und nach adäquatem Wohnraum- und Mobilitätsangebot besteht.

4.1 Durchführung lokalspezifischer Workshops in den Fallstudienstädten

In einer Workshop-Reihe wurden mit den vier Fallstudienstädten lokalspezifische Ressourcen-Szenarien³⁶ erarbeitet, wie dieser erwartete Wohnraumbedarf gedeckt werden kann. Maßgabe war, dass dies möglichst ressourceneffizient erfolgen soll, aber gleichzeitig die lokalen Herausforderungen aufgreift und berücksichtigt. Mit jeder Fallbeispielstadt wurden zwei Workshops durchgeführt. Dabei wurden zunächst die Annahmen für vier verschiedene Strategieansätze vorgestellt, nach denen die Wohneinheiten geschaffen werden können:

1. Bauen „auf der grünen Wiese“: bedeutet die Entwicklung neuer Baugebiete auf bisher nicht erschlossenen Flächen und damit eine Ausweitung des Stadtgebiets. Hier können Ein-, Zwei oder auch Mehrfamilienhäuser entstehen. Hinzu kommt die begleitende Infrastruktur wie Straßen, Wege und Versorgungsleitungen.
2. Horizontale Nachverdichtung: bedeutet Neubau innerhalb des bestehenden Stadtgebiets, also die Schließung von Baulücken oder Nachverdichtung in bestehenden Gebäudeblöcken. Hier werden überwiegend Mehrfamilienhäuser gesehen, es können aber auch Ein- oder Zweifamilienhäuser entstehen. Eine zusätzliche Infrastruktur wird hierbei nicht benötigt
3. Vertikale Nachverdichtung: meint eine Aufstockung bestehender Gebäude oder Dachausbauten. Die Ausführung wird aus statischen Gründen in einer ressourcenleichten Bauweise angenommen. Die statische Voraussetzung muss dennoch im Einzelfall geprüft werden. Eine zusätzliche Infrastruktur wird nicht benötigt.
4. Umnutzung und Konversion: umfasst die Umnutzung bestehender Nicht-Wohngebäude zu Wohnzwecken. Hierfür können etwa Bürogebäude, Speichergebäude, Gewerbe- oder Handwerksbetriebe geeignet sein. Nach Möglichkeit bleibt die Gebäudehülle erhalten, die aber ggf. einer energetischen Sanierung unterzogen wird. Horizontale und vertikale Nachverdichtung können hier ebenfalls eine Rolle spielen. Die Strategie umfasst zudem die Entwicklung von Brachflächen, etwa ehemaligen Industrie-, Militär- oder Bahnanlagen

Im ersten Workshop wurden mit den kommunalen Teilnehmenden die vier grundsätzlichen Strategieansätze diskutiert und lokale Potenziale und Herausforderungen bei der Umsetzung der Strategieansätze abgeschätzt und anschließend für zwei Szenarien (Baseline-Szenario und Ressourceneffizienz-Szenario) eine Gewichtung der vier Strategieansätze vorgenommen.

Im zweiten Workshop wurde darauf aufbauend die Ergebnisse der beiden Szenarien präsentiert. Diese wurden jeweils unter den Maßgaben, die beim ersten Workshop und den Nachbereitungen der ersten Workshops abgestimmt wurden, modelliert.

In Abbildung 17a-d sind die vier Strategieansätze im Überblick zusammenfassend dargestellt. Die Abbildungen zeigen die Poster, die zur Veranschaulichung der Strategien im ersten Workshop als Diskussionsgrundlage verwendet wurden. Unter „Bauen auf der grünen Wiese“ wird eine weitere Ausweitung der Wohn- und Verkehrsflächen vor allem in den Randbereichen der Kommunen, die „Horizontale Nachverdichtung“ ist vor allem die Nutzung von innerstädtischen Leerflächen. Unter „Vertikale Nachverdichtung“ wird der Dachausbau und Aufstockung von Wohngebäuden verstanden und der vierter Strategieansatz „Umnutzung und Konversion“ beschreibt die Umnutzung von Gebäuden, die zuvor anderweitig genutzt wurden, wie z.B. ehemalige Kasernen oder stillgelegte Industriegebäude, aber auch die Ertüchtigung von sonst nicht mehr nutzbaren Wohngebäuden mittels Sanierung und Umbau. Im ersten Workshop wurden von den kommunalen Teilnehmenden diese vier Strategieansätze diskutiert. Anschließend haben die Teilnehmenden mittels Punktvergabe eine Gewichtung der Bedeutung der vier Strategieansätze bei der Schaffung des Wohnraumbedarfes bis 2030 in zwei Szenarien

³⁶ Hierbei sind die immobilienwirtschaftlichen Rahmenbedingungen während des Zeitraums der Projektbearbeitung (2017 – 2021) zu berücksichtigen.

vorgenommen. Das Baseline-Szenario schreibt die lokale Entwicklung der letzten Jahre fort, während das Nachhaltigkeitsszenario ambitioniertere Ziele bei den Themen Ressourceneffizienz und Flächenverbrauch verfolgt. Dabei wurde auch von den Teilnehmenden festgelegt, mit welcher Gebäudeform (Einfamilienhaus, Mehrfamilienhaus oder Reihenhaushaus) die jeweiligen Strategieansätzen umgesetzt werden sollen.

Abbildung 17a-d: Darstellung der vier Strategieansätze

DemRes II - Strategieansätze für kommunale Szenarien – Ressourcenimplikationen Strategie 1: "Grüne Wiese"  Was verstehen wir darunter • Flächenmäßige Erweiterung des Stadtgebietes • Neue Wohngebiete mit entsprechender zusätzlicher sozialer und technischer Infrastrukturen am Stadtrand • Sowohl als Ein- und Zweifamilienhäuser wie auch Mehrgeschossbebauung • Wenn als Ein- und Zweifamilienhäuser, tendenziell große Wohn- und Grundstücksflächen als bei innerstädtischen Nachverdichtung Ressourcenimplikationen (Material, Fläche, Energie) • Tendenziell hoher Materialverbrauch, insbesondere durch Ein- und Zweifamilienhäuser • Hoher Flächenbedarf durch größere Gebäude in offener Bauweise und zusätzlicher Verkehrsinfrastruktur • Schlechtere Energieeffizienz, vor allem durch höhere Anteile an Ein- und Zweifamilienhäusern • Steigerung des Energieverbrauchs durch Individualverkehr Weitere Umwelteffekte • Längere Wege, hoher Verkehrsaufwand • Verlust an Naturräumen und damit an lokaler Biodiversität • Beeinträchtigung wichtiger Bodenfunktionen • Relevante Bodenfunktionen sind Regenwasserrückhalt, Filterfunktion, Standort für Bepflanzung, Grundwasserneubildung	DemRes II - Strategieansätze für kommunale Szenarien – Ressourcenimplikationen Strategie 2: Horizontale Nachverdichtung  Was verstehen wir darunter • Neubau in bestehenden Siedlungsstrukturen • Schließung von Baulücken, aber auch Nachverdichtung z.B. durch Bebauung innerhalb eines Gebäudekarree • Überwiegend in Mehrgeschossbauweise, aber auch als Ein- und Zweifamilienhäuser • Keine zusätzliche Verkehrsinfrastruktur notwendig Ressourcenimplikationen (Material, Fläche, Energie) • Tendenziell hoher Materialverbrauch durch Neubau, insbesondere bei Ein- und Zweifamilienhäuser • Mittlerer Flächenbedarf durch Neubau • Hohe Potenziale für ressourcenschonende leitungsgebundene Energieversorgung (z.B. Fernwärme) Weitere Umwelteffekte • Erhalt von Lebens- und Erholungsräumen im Außenbereich • Aber ggf. Zielkonflikte zwischen Innenentwicklung und der innerstädtischen Fähigkeit zur Klimaanpassung • Hitzeinseln/Frischluftschneisen • Beeinträchtigung von Bodenfunktionen durch Bebauung
DemRes II - Strategieansätze für kommunale Szenarien – Ressourcenimplikationen Strategie 3: Vertikale Nachverdichtung  Was verstehen wir darunter • Aufstockung von bestehenden Wohngebäuden • Dachausbau • Beide Ausbauversionen häufig in ressourcenleichter Bauweise • Keine zusätzliche Verkehrsinfrastruktur notwendig • Bedarf einer bautechnischen und statischen Eignungsprüfung, auch unter Denkmalgesichtspunkten Ressourcenimplikationen (Material, Fläche, Energie) • Niedriger Materialverbrauch im Vergleich komplettem Neubau • Häufig Holzbauweise o.ä. zum Einsatz: nachwachsende Rohstoffe • Kein zusätzlicher Flächenbedarf • Hohe Potenziale für ressourcenschonende leitungsgebundene Energieversorgung (z.B. Fernwärme) Weitere Umwelteffekte • Erhalt von Lebens- und Erholungsräumen im Außenbereich • Weitere Umwelteffekte auch Kombination mit weiteren Maßnahmen zum Klimaschutz (solare Wärme, Photovoltaik) und Klimaanpassung (Dachbegrünung) möglich • Tendenziell geringe negative Klimafolgen	DemRes II - Strategieansätze für kommunale Szenarien – Ressourcenimplikationen Strategie 4: Umnutzung und Konversion  Was verstehen wir darunter • Umwandlung von Nichtwohngebäude in Wohnimmobilien (Bürogebäude, Speicher, Gewerbebauten und Handwerksbetrieben) • Konversion von ehemaligen Post-, Bahn-, Militär- und Gewerbeflächen • Wenn möglich bleibt die Gebäudehülle erhalten, ggf. energetische Sanierung • Zusätzlich in Kombination mit vertikaler und horizontaler Verdichtung • Flexibilisierung von Wohnstrukturen für spätere Anpassung an Bedürfnisse Ressourcenimplikationen (Material, Fläche, Energie) • Niedriger Materialverbrauch bei Welternutzung der Gebäudehülle • Bei Neubau auf Brachflächen oder Ersatzneubau: siehe horizontale Verdichtung • Bei Nutzung bestehender Gebäude: Kein zusätzlicher Flächenbedarf • Infrastrukturen in der Regel vorhanden • Energetische Sanierung verbessert Energieeffizienz Weitere Umwelteffekte • Bei Umwandlung von Brachflächen ähnliche Wirkung wie bei horizontaler Verdichtung • Tendenziell geringere Klimafolgen als bei horizontaler Nachverdichtung und „Grüne Wiese“

Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Für den zweiten Workshop wurden die vier Strategieansätze in beiden Szenarien konkret in ihrer Umsetzungsoptionen lokalspezifisch angepasst (bspw. Anzahl der Etagen pro Gebäudetyp und Wohneinheiten pro Etage (bei Mehrfamilienhäusern), Tiefgarage („ja/nein“), zusätzliche Verkehrsinfrastruktur notwendig (bspw. kommunalspezifische Vorgaben zur Straßenbreite, d. h. Straßen einschließlich Flächen für den ruhenden Verkehr und Fußwege, etc.).

Zugleich konnten die Kommunen ihre Gewichtung der Strategieansätze, auch mit dem Wissen der konkreten Modellannahmen noch einmal überprüfen und anpassen. Dementsprechend unterscheiden sich die vier kommunalen Fallstudien nicht nur hinsichtlich der Gewichtung der vier Strategieansätze, sondern auch in der konkreten Ausgestaltung dieser Strategieansätze. Zudem wurde auf weitere Lokalspezifika eingegangen: Kommune B sieht für ihre interne Planung einen Planungshorizont bis 2040 vor. Entsprechend wurde für sie eine Modellierung bis 2030 und eine weitere Modellierung für den Zeitraum 2030 bis 2040 vorgenommen. Für Kommune A erfolgte neben den beiden Szenarien „Baseline“ und „Ressourceneffizienz“ noch die Entwicklung eines dritten Szenarios. Letzteres ist noch ambitionierter gestaltet und sieht bspw. zunächst unabhängig vom wirklichen Potenzial eine höhere Gewichtung des Strategieansatzes der Vertikalen Nachverdichtung vor. Auch hinsichtlich der Ausgestaltung und Berücksichtigung der Infrastruktur und deren konkrete Modellierung gab es Unterschiede zwischen den Kommunen (siehe 4.2 unten).

Der Modellierungsansatz und die Formulierung der Szenarien wurden bewusst stark an die kommunalen Gegebenheiten und den daraus resultierenden planerischen Rahmen angepasst, so dass die Ergebnisse für die Planungen in den Kommunen möglichst gut nutzbar wurden. Das hat jedoch zur Folge, dass die Ergebnisse der Szenarien der vier Fallstudienkommunen wegen der unterschiedlichen Eingabeparameter nicht direkt miteinander vergleichbar sind. Daher werden die Ergebnisse der Modellierung in Kapitel 4.3 jeweils immer nur anhand einer Kommune dargestellt und nicht im Vergleich zwischen den Fallstudien.

4.2 Berechnung der Materialbilanzen der kommunalen Szenarien

4.2.1 Datengrundlage

Die konkrete zukünftige Umsetzung der zusätzlichen Wohneinheiten (Grundriss, Dachformen, Anzahl Wohneinheiten pro MFH etc.) für jede Kommune bis 2030 ist derzeit noch unbekannt. Um dennoch den zukünftigen Materialbedarf der verschiedenen Szenarien basierend auf den vier Strategien berechnen zu können, wurde ein Modell entwickelt, in dem generische Modellhäuser, die den Anforderungen der Strategien entsprechen, verwendet wurden. Dafür wurden für die Modellierung der Szenarien jeweils verschiedene Gebäude- und Umbautypologien erarbeitet: In den Strategien „Grüne Wiese“ und „Horizontalen Nachverdichtung“ in Form von Neubauten von Einfamilienhäusern (EFH), Reihenhäusern (RH) und Mehrfamilienhäusern (MFH); für die Strategie „Vertikale Nachverdichtung“ wurde der Dachausbau für EFH, MFH und RH sowie die Aufstockung von MFH modelliert und für „Konversion und Umnutzung“ wurde unterstellt, dass die Gebäudehülle von Bestandsgebäuden erhalten bleibt, aber ein Umbau und eine Sanierung erfolgt.

Über eine umfangreiche Literaturrecherche wurde nach detaillierten Bauplänen und Materialdaten für die Entwicklung einer modellhaften Typologie für die folgenden Gebäudetypen gesucht: Einfamilienhaus, Reihenhaus, Mehrfamilienhaus und Aufstockung. Als Nebenbedingung sollten die Gebäude den jeweiligen energetischen Standards entsprechen, die

in den beiden Szenarien vorgesehen waren (Passivhausstandard im Ressourceneffizienz-Szenario, Effizienzhausstandard 55 im Baseline-Szenario)³⁷. Anhand dieser Daten konnte verglichen werden, welche Materialien in welcher Menge pro 1m² eines Bauteils pro Gebäudetyp, Strategieansatz und Szenario benötigt wird.

Aufgrund des hohen Detailgrades der notwendigen Daten (konkreten Materialkennzahlen für einzelnen Bauteile der Gebäude) war die Anzahl der nutzbaren Literaturquellen letztlich sehr begrenzt. Für das Ressourceneffizienz-Szenario hätte sich zum Beispiel der Neubau von Gebäuden in Holzbauweise oder Holz-Hybridbauweise angeboten. Allerdings lagen diese zum Zeitpunkt der Bearbeitung dieses Arbeitspaketes noch nicht in der notwendigen Detailtiefe und für alle Gebäudetypen vor. Da verschiedene Datenquellen für die Berechnungen der unterschiedlichen Gebäude in den Szenarien und Strategien verwendet werden, unterscheidet sich letztlich auch die Detailtiefe der Berechnungen. Daher werden bei der Darstellung der Ergebnisse in den späteren Abschnitten vor allem aggregierte Daten der Materialgruppen (mineralische Baustoffe, Metalle, Kunststoffe etc.) präsentiert, um so eine bessere Übersichtlichkeit und Vergleichbarkeit zwischen den Szenarien zu ermöglichen.

Im Modell wurden jeweils Umrechnungsfaktoren berechnet, die das Verhältnis der Bauteilfläche zur Wohnfläche darstellen, um anhand dieser Faktoren die Wohnflächen der Modellhäuser anpassen und so die verschiedenen Häuser normieren zu können und eine Vergleichbarkeit zu ermöglichen. Betrachtet wurden hauptsächlich die Bauteile der Außenhülle der Gebäude: der Bodenfläche, Dachfläche, Außenwänden und den Fenstern/Außentüren. Zusätzlich wurden Abschätzungen zu den Innenwandflächen, Innentüren, Balkonen, Terrassen und Treppen vorgenommen und mit in die Massenbilanz einbezogen. Zusätzlich zu den Massenbilanzen des Gebäudes wurden verschiedene Aspekte der Haustechnik separat erfasst und in die Gesamt-Massenbilanz integriert. Weiterhin wurde für den Strategieansatz „Bauen auf der grünen Wiese“ die Erschließung neuer Straßen- und Wegeinfrastruktur (d. h. Straßen einschließlich Flächen für den ruhenden Verkehr und Fußwege) mit in die Berechnungen mit einbezogen.

Die Materialdaten für die Gebäude im Neubau des **Baseline-Szenarios** wurden aus der Dissertation „Lebenszyklusbasierte Analyse der ökologischen Eigenschaften von Niedrigenergiewohngebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudetechnik“ (Weißberger, 2016) entnommen. In der Dissertation vergleicht Weißberger jeweils ein Einfamilien- und ein Mehrfamilienhaus (siehe Abbildung 18 und Abbildung 19) in verschiedenen Bauweisen und Energiestandards, wobei er die Dicke der Dämmung von dem zu erfüllenden U-Wert³⁸ des angestrebten Energiestandards abhängig macht. Die Arbeit von Weißberger (2016) verfügt über eine hohe Detailtiefe der Daten, die im Gegensatz zu vielen wissenschaftlichen Artikeln ausgiebig in der Dissertation dokumentiert sind. In wissenschaftlichen Artikeln, die ähnliche Fragestellungen untersuchen, ist dagegen häufig die Materialbilanz nur unvollständig vorhanden und daher die Berechnungen nicht komplett nachvollziehbar. Zudem sind die vorgesehenen energetischen Standards des Baseline-Szenarios auch in den gerechneten Varianten in Weißberger (2016) enthalten, so dass keine Anpassung der Daten erfolgen muss. Herr Weißberger hat weiterhin wichtigen Daten und

³⁷ Die Wahl des Effizienzhausstandard für das Baseline-Szenario geht – mit Blick auf den Zeitraum der Modellierung bis 2030 – über die gesetzlichen Bestimmungen des Gebäude-Energiegesetzes (GEG) hinaus, die ab November 2020 galten. Es wurde während der Projektbearbeitung somit explizit angenommen, dass die energetischen Bestimmungen für Neubauten bis 2030 noch weiter verschärft werden. Diese Verschärfung findet mit der beschlossenen Änderung des GEG zum 01.01.2023 auch statt, bei der für Neubauten dann nur noch 55% des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes zu lässig ist. Damit wird der Effizienzhausstandard 55 schon in 2023 zum Mindeststandard, der auch in den Modellierungen für die vier Fallbeispielstädte unterstellt wurde.

³⁸ Der U-Wert, auch Wärmedurchgangskoeffizient, gibt den Wärmestrom durch ein Bauteil an in der Einheit W/(m²K) an. Die Einheit beschreibt die hindurchströmende Energie pro Quadratmeter in Kelvin. Mit dem U-Wert lassen sich somit die Dämmeigenschaften unterschiedlicher Bauteile darstellen.

Materialkennziffern, die nicht in der Dissertation dokumentiert waren auf Nachfrage aus seinen eigenen Unterlagen herausgesucht und zur Verfügung gestellt.

Allerdings sind in Weißenberger (2016) keine Variante von Reihenhäusern enthalten, sondern lediglich Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser. Um die Daten möglichst konsistent zu belassen, wurden daher die Daten des Einfamilienhauses aus Weißenberger (2016) verwendet und für das Modell eines Reihenhauses angepasst. Dafür wurden aus den Daten für das Einfamilienhaus neue Typologien für ein End- und ein Mittelhaus abgeleitet, das an einer (Endhaus) bzw. zwei Seitenwänden (Mittelhaus) mit dünnerer Wandstärke und ohne WDVS (Wärmedämmverbundsystem) modelliert wurde.

Abbildung 18: Beispiel Einfamilienhaus Baseline-Szenario



Quelle: Weißenberger, M. (2016). Lebenszyklusbasierte Analyse der ökologischen Eigenschaften von Niedrigstenergiewohngebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudetechnik. Technische Universität München.

Abbildung 19: Beispiel Mehrfamilienhaus Baseline-Szenario



Quelle: Weißenberger, M. (2016). Lebenszyklusbasierte Analyse der ökologischen Eigenschaften von Niedrigstenergiewohngebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudetechnik. Technische Universität München.

Für die Entwicklung der generischen Typologie für den Neubau im Ressourceneffizienz-Szenario wurden als Grundlage Daten von verschiedenen Passivhäusern aus dem Projekt CEPHEUS als Beispielhäuser^{39 40 41 42} verwendet. Im CEPHEUS-Projekt wurden verschiedene Bauvorhaben mit Passivhausstandard wissenschaftlich begleitet, wodurch sie gut miteinander vergleichbar sind. Zudem existiert eine ausführliche Dokumentation über die Materialart und -mengen pro Bauteil der Gebäudehülle⁴³ und des Innenausbau. Die Häuser des CEPHEUS-Projektes wurden in Österreich, der Schweiz, Deutschland, Frankreich und Schweden verwirklicht. Obwohl das CEPHEUS-Projekt schon zur Jahrtausendwende stattfand, eignen sich die Daten immer noch sehr gut für die Modellierung zukünftiger Gebäude, da sich die baulichen und energetischen Standards der Passivhäuser im Gegensatz zum KfW-Standard über die Jahre nicht verändert haben. Von den verschiedenen CEPHEUS-Gebäuden wurde für die Modellierung der Ressourceneffizienz-Szenarios zwei Einfamilienhäuser (siehe Abbildung 20 und Abbildung 21), ein Mehrfamilienhaus (siehe Abbildung 23) und ein Reihenhaus (siehe Abbildung 22) ausgewählt.

Das EFH in Dornbirn-Knie (Österreich) hat mit seiner kubischen Grundform und den auffälligen Fenstern eine ausgefallene Bauweise, wurde aber vor allem mit herkömmlichen Baumaterialien

³⁹ Krapmeier, H., & Müller, E. (2001b). Einfamilienhaus Horn (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cephesus_detail_horn.pdf?m=1469659103

⁴⁰ Krapmeier, H., & Müller, E. (2001a). Einfamilienhaus Dornbirn - Knie (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cephesus_detail_dornbirn.pdf?m=1469659379&

⁴¹ Feist, W., Peper, S., & von Oesen, M. (2001). Klimaneutrale Passivhaus-Reihenhausssiedlung Hannover-Kronsberg (CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). PASSIVHAUS INSTITUT.

⁴² Krapmeier, H., & Müller, E. (2001c). Wohnanlage Hallein (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cephesus_detail_hallein.pdf?m=1469659327&

⁴³ Unter Gebäudehülle werden alle Bestandteile eines Gebäudes verstanden, die das Gebäude nach außen abschließen, also Dach, Außenwände, Fenster und Außentüren sowie die Bodenplatte bzw. das Fundament

(bspw. Beton) errichtet. Beim zweiten EFH, welches in Horn (Österreich) errichtet wurde, sind Teile der Gebäudehülle in Holzbauweise umgesetzt worden.

Für das Reihenhaus, welches in Abbildung 22 zu sehen ist, war zu berücksichtigen, dass sich das End- und das Mittelhaus in der Dicke und Zusammensetzung der Außenwände unterscheiden.

Für Mehrfamilienhäuser existierten in der CEPHEUS-Datenbank keine Beispielgebäude in vergleichbarer Bauweise mit hohem Anteil an Holzbauweise wie für das EFH in Horn. Daher wurde nur das MFH betrachtet, das in Abbildung 23 zu sehen ist. Die betrachteten Häuser des Einfamilien- und Mehrfamilienhauses wurden in Österreich gebaut, die Reihenhäuser in Deutschland.

Abbildung 20: Beispiel Einfamilienhaus mit Standard Materialien Ressourceneffizienz-Szenario



Quelle: Krapmeier, H., & Müller, E. (2001a). Einfamilienhaus Dornbirn - Knie (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.

Abbildung 21: **Beispiel Einfamilienhaus mit nachhaltigen Materialien Ressourceneffizienz-Szenario**



Quelle: Krapmeier, H., & Müller, E. (2001b). Einfamilienhaus Horn (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cepheus_detail_horn.pdf?m=1469659103

Abbildung 22: **Beispiel Reihenhaus Ressourceneffizienz-Szenario**



Quelle: Feist, W., Peper, S., & von Oesen, M. (2001). Klimaneutrale Passivhaus-Reihenhaussiedlung Hannover-Kronsberg (CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). PASSIVHAUS INSTITUT.

Abbildung 23: Beispiel Mehrfamilienhaus Ressourceneffizienz-Szenario



Quelle: Krapmeier, H., & Müller, E. (2001c). Wohnanlage Hallein (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg.
https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cephesus_detail_hallein.pdf?m=1469659327&

Neben dem Neubau von Gebäuden, welche in den Berechnungen der Strategieansätzen „Grüne Wiese“, „Horizontale Nachverdichtung“ und teilweise „Konversion“ zum Einsatz gekommen sind, sind auch Daten für die Aufstockung, Umbau und Sanierung zugrunde zu legen, auf deren Basis die Strategien „Vertikale Nachverdichtung“ und „Konversion“ berechnet werden können.

Für die „Vertikale Nachverdichtung“ werden zwei Möglichkeiten bilanziert: Zum einen die Aufstockung eines Stockwerkes auf ein Flachdach eines MFH und zum anderen der Ausbau des Satteldaches von EFH, RH und MFH, um dadurch zusätzlichen Wohnraum zu schaffen. Für die Schaffung neuen Wohnraums durch Dachausbau wurde angenommen, dass grundsätzlich die Gebäudehülle unverändert bleibt, allerdings eine verbesserte Dämmung, sowie neue Fußböden, Fenster und Innenwände verbaut werden. Diese Materialmengen wurden in der Modellierung des Dachausbaus berücksichtigt.

Für die Aufstockung von MFH wurde für die Modellrechnung auf den Daten des Projektes „Nachverdichtung und Sanierung Heerstraße Frankfurt am Main“ zurückgegriffen, das von der TSB Ingenieurgesellschaft mbH im Auftrag einer privaten Bau- und Vermietungsgesellschaft geplant wurde, die dem Projekt zusätzliche Daten zur Verfügung gestellt hat. Die Aufstockung ist in Abbildung 24 zu sehen.

Abbildung 24: Beispiel Aufstockung Baseline-Szenario



Quelle: Tichelmann, Simon, & Barillas. (o. J.). *Nachverdichtung und Sanierung—Aufstockung dreier Wohngebäude Errichtung zweier Neubauten Heerstraße 190-212, Frankfurt am Main* [Projektheft]. TSB Ingenieurgesellschaft mbH. http://www.tsb-ing.de/img/projekte/Heerstrasse/Heerstrasse_Projektheft.pdf

Die Unterscheidung zwischen Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario kann bei der Aufstockung des MFH nicht anhand der verschiedenen Energiestandards vorgenommen werden, da in der Modellierung das Bestandshaus als unverändert angenommen wird und keine Informationen zur energetischen Güte des Bestandsgebäudes vorliegen. Um den Passivhausstandard des Ressourceneffizienz-Szenarios erreichen zu können, müsste das gesamte Gebäude und seine Haustechnik verändert werden. Dies wurde in DemRess II jedoch nicht modelliert, da nur der Materialbedarf, der mit der Schaffung von zusätzlichen Wohneinheiten verbunden ist, ermittelt wurde. Der Bedarf an Materialien und Rohstoffen durch die Sanierung von Bestandsgebäuden die heute schon als Wohngebäude genutzt werden lag jedoch außerhalb des Modellrahmens des Projektes. Um dennoch eine Unterscheidung der Strategie „Vertikale Aufstockung“ von MFH in den beiden Szenarien vornehmen zu können, wurde die Aufstockung von MFH im Baseline-Szenario als eine Stahl-Leichtbauweise mit Mineralfaserdämmung modelliert. Beim Ressourceneffizienz-Szenario wurde hingegen eine Holz-Leichtbauweise mit einer Holzweichfaserdämmung gewählt. Die Dämmstärken wurden jeweils angepasst, damit beiden Dämmvarianten denselben U-Wert aufweisen.

Für den Umbau von Gebäuden bzw. Nutzung von Konversionsflächen wurde die Annahmen getroffen, dass für 50% der Gebäude die Gebäudehülle des Bestandsgebäudes erhalten werden kann und lediglich eine energetische Sanierung und Modernisierung (bspw. Haustechnik) erfolgt und bei den restlichen 50% der Gebäude ein Abriss und Neubau vorgenommen wird.

Für die Strategie „Konversion und Umbau“ mussten Annahmen getroffen werden, in welchem Umfang eine Weiternutzung der Bestandsgebäude oder der Erhalt zumindest der Kernelementen der Gebäudehülle möglich ist. Hierzu lagen für die zukünftige Nutzung von Konversionsflächen keine Informationen vor. Zumal Wohngebäude auch auf Konversionsflächen errichtet werden, wo zuvor keine Gebäude standen, die grundsätzlich als Wohngebäude weitergenutzt werden können (bspw. ehemalige Gleisanlagen). Die Rückmeldungen der Fallbeispielkommunen deuten darauf hin, dass es für Kommunen oft einfacher ist, Bestandsgebäude und Infrastrukturen abzureißen und neu zu bauen.

Daher wurde die pauschalisierende Annahme getroffen, dass 50% der Wohneinheiten, die auf Konversionsflächen entstehen, als Neubauten umgesetzt werden und die alten Bestandsgebäude abgerissen werden. Dafür wurden die Daten des Neubaus des entsprechenden Gebäudetyps (EFH, RH oder MFH) verwendet, die auch bei den Strategien „Grüne Wiese“ und „Horizontale

Nachverdichtung“ zum Einsatz kommen. Für die anderen 50% der Wohneinheiten, die auf Konversionsflächen entstehen, wurde angenommen, dass die bestehenden Bestandsgebäude entkernt werden und anschließend mit neuer Dämmung und neuen Fenster energetisch saniert werden, sowie im Innenausbau mit neuen Fußböden und Haustechnik und teilweise auch neuen Innenwänden modernisierte Wohnungszuschnitte und Ausstattung umgesetzt werden.

Da viele hier betrachtete MFH-Bestandsgebäude nur sehr aufwendig auf Passivhausstandard saniert werden können, wird im Ressourceneffizienz-Szenario die Sanierung ebenfalls als Effizienzhaus 55-Standard hinterlegt. Wie bei der Aufstockung findet die Unterscheidung der zwei Szenarien mithilfe des Materialaufwands statt. Im Ressourceneffizienz-Szenario wird als Dämmmaterial Holzweichfaser benutzt. Aufgrund einer geringeren Dämmungs-Leistung pro cm Dämmschicht-Dicke muss allerdings bei vielen Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen eine höhere Einbaustärke verwendet werden als im Vergleich zu den herkömmlichen Dämmmaterialien wie Mineralwolle oder Wärme-Dämm-Verbund-Systemen (WDVS) (siehe Tabelle 2), die im Baseline-Szenario eingesetzt werden, um den zugrunde gelegten Energiestandard einhalten zu können.

Im Mittelpunkt dieses Projektes standen nur die Nachhaltigkeitsaspekte Material- und Flächenverbrauch. Es wäre aber grundsätzlich möglich, weitere Nachhaltigkeitsaspekte bei der Beantwortung der Frage, welche alternativen Baustoffe man verwenden sollte, miteinzubeziehen. Die mit der Herstellung verbundenen Treibhausgasemissionen oder die Rezyklierbarkeit wären bspw. denkbare weitere Aspekte, die in eine Bewertung von Materialalternativen einfließen könnten. Diese waren jedoch nicht Teil dieses Projektes.

Für die generischen Gebäude-Typologien der jeweiligen Strategien „Neubau“, „Aufstockung“ und „Sanierung“, wurde jeder Bestandteil der Gebäudehülle, und teilweise des Innenausbaus, einzeln hinsichtlich ihrer Schichtdicke, der Masse pro m² und im Ergebnis als Masse pro Fläche des Bauteils, die sich aus den Annahmen des Gebäudes ergibt, abgebildet. In Tabelle 2 wird dies beispielhaft für die Bodenplatte eines neugebauten zweistöckigen Einfamilienhauses (EFH) im Baseline-Szenario (siehe Abbildung 20) dargestellt.

Tabelle 2: Aufbau Bodenplatte EFH, Baseline-Szenario, bezogen auf eine Bodenfläche von 75,4 m²

Schichtbezeichnung	Material	Schichtstärke (cm)	Masse pro m ² Bodenplatte (kg/m ²)	Masse (kg) pro Bodenplatte
Belag	Bodenbelag (Mischung Parkett, Fliesen und Laminat)		12,91	973,37
Belagsgrundlage	Fliesenkleber	0,80	3,2	241,28
Estrich	Zementestrich	6,50	130	9.802,00
Randdämmstreifen	PE-Schaum	0,80	0,06	4,52
Folie	PE-Folie	0,20	1,96	147,78
Trittschalldämmung	Mineralwolle	3,50	2,8	211,12
Fußboden- Dämmung	Mineralwolle	8,30	6,64	500,66
Bitumenbahn	Bitumen	0,40	4,2	316,68
Stahlbeton	C25/30	25,00	576	43.430,40
Bewehrungsstahl	Baustahl		39	2.940,60
Folie	PE-Folie	0,40	3,92	295,57
Magerbeton	C8/10	5,00	118	8.897,20

Die Massenbilanz der eigentlichen Gebäude wird durch den Materialaufwand für die benötigte Infrastruktur und der Haustechnik erweitert. Für die Haustechnik wurden die Daten aus der Dissertation von Weißenberger (2016) genutzt, da nicht nur die Gebäude, sondern auch die Haustechnik verschiedener Niedrigenergiegebäude miteinander verglichen werden. Somit ist in der Dissertation eine Auswahl an unterschiedlichen Haustechniken in gleicher Detailtiefe vorhanden, die für beide Szenarien eingesetzt werden kann.

Hinsichtlich der Infrastruktur wurden zusätzlich Straßen einschließlich der Flächen für den ruhenden Verkehr und Fußwege mitbetrachtet, die im Strategieansatz „Grüne Wiese“ neu erstellt werden müssen. Dabei wurden aus den technischen Regelwerken RStO (Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaues von Verkehrsflächen) die Schichtdicke der Straßen und Wege mit den ZTV (Zusätzliche Vertragsbedingungen und Richtlinien der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen) für die Einbaugewichte die Materialmengen pro m² unterschiedlicher Straßen und Wege berechnet. In der Abstimmung mit den Kommunalvertreter:innen in der Kommune A, Kommune C und Kommune B wurde jedoch deutlich, dass neu anzulegende Straßen und Fußwege auch in den Szenarien, die den Strategieansätzen „Konversion“ (alle drei Fallstudien) und „Horizontale Nachverdichtung“ (nur Kommune A) zugeordnet werden, betrachtet werden sollten. In den Workshops mit den Kommunalvertreter:innen aus Kommune D gab es keine solche Rückmeldungen. Hier wurde, wie ursprünglich vorgesehen, der Infrastrukturbedarf nur bei der Strategie „Grüne Wiese“

modelliert. Zusätzlich gab es spezifische Anpassungsbedarfe der Kommunen, bspw. wurde für das Ressourceneffizienz-Szenario eine geringere Breite der Straßen und Fußwege sowie der Anzahl der Parkstreifen für den ruhenden Verkehr unterstellt als im Baseline-Szenario.

Die Materialdaten für die Schichtung von Straßen und Wegen wurden dem UBA-Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Kartierung des anthropogenen Lagers I (FKZ 371593316) entnommen. Zusätzlich zu den Straßen und Parkplätzen am Straßenrand wurden in den Szenarien statt Tiefgaragen teilweise Quartiersparkhäuser⁴⁴ modelliert. Bei den Quartiersparkhäusern wurde eine modulare Bauweise zugrunde gelegt.

Das Modell zur Berechnung der jeweiligen kommunalen Szenarien ist so aufgebaut, dass sowohl die jeweiligen Zielgrößen der in den Fallstudienkommunen geplanten Wohneinheiten bis 2030 (Kommune A: 3.000 Wohneinheiten, Kommune B: 15.900 Wohneinheiten, Kommune C: 3.000 Wohneinheiten, Kommune D: 2.600 Wohneinheiten), die Gewichtung der Strategieansätze und auch die Mehrheit der Annahmen innerhalb der Strategieansätze frei skalierbar sind und sich so die Abschätzung der Materialbedarfe entsprechend anpassen, wenn diese Faktoren verändert werden. Damit ist es möglich, spezifische kommunale Szenarien zu rechnen, obwohl die hinterlegten Gebäudekennwerte für alle vier Kommunen in den jeweiligen Szenarien (Baseline, Ressourceneffizienz) identisch sind. Die Unterschiede der Ergebnisse zwischen den vier Fallbeispielkommunen ergeben sich aus den unterschiedlichen Gewichtungen der Strategieansätze und Unterschieden hinsichtlich der veränderbaren Annahmen.

In Tabelle 3 sind die Annahmen für die verschiedenen Szenarien aufgelistet. Die Annahmen, die nicht veränderbar sind (kursiv gedruckt), da sie den Modellkern ausmachen, sind die Energieeffizienzklassen der Häuser in den Szenarien. Außerdem wurde vorausgesetzt, dass bei der vertikalen Nachverdichtung bei Einfamilien- und Reihenhäusern ein Ausbau des Daches stattfindet und bei dem Mehrfamilienhaus um ein Stockwerk erweitert wird. Die anderen Annahmen waren veränderbar und konnten von den Kommunen in einem iterativen Prozess angepasst werden.

Tabelle 2 zeigt in komprimierter Form die verschiedenen Annahmen der Szenarien in den vier verschiedenen Fallbeispielkommunen. In den runden Klammern sind die ursprünglichen Annahmen abgebildet, die als Impulse für den zweiten Workshop mit den Kommunen dienten. In den eckigen Klammern ist die Spannbreite der Annahmen der verschiedenen Kommunen dargestellt, die sich aus dem Anpassungsprozess, basierend auf den Ergebnissen des zweiten Workshops, ergaben.

Die detaillierten Annahmen für jeden der vier Beispiel-Kommunen zu den jeweiligen Szenarien der Kommunen sind im Anhang enthalten.

Tabelle 3: Annahmen der Szenarien (kursiv gedruckt = unveränderliche Annahmen/nicht frei skalierbar) für die vier Fallbeispiele

	Baseline-Szenario	Ressourceneffizienz-Szenario
Energieeffizienzkategorie	<i>Alle Gebäude im KfW55-Standard</i>	<i>Alle Gebäude im Passivhaus-Standard</i>

⁴⁴ Hierzu wurden Daten für modulare Quartiersparkhäuser verwendet. Jedes Modul bietet Platz für zwei Parkplätze und hat die Maße 16 m x 2,50 m. Die Anzahl der Module ergibt sich aus der Größe des modellierten Gebäudes und des unterstellten Stellplatzschlüssels.

	Baseline-Szenario	Ressourceneffizienz-Szenario
Spannbreite der geplanten Wohneinheiten bis 2030 in den Fallstudienkommunen	[2.600-10.000]	
Gewichtung Strategieansätze	GW:[15 %-35 %] HN:[25 %-45 %] VN:[5 %-15 %] K:[25 %-35 %]	GW:[10 %-50 %] HN:[10 %-45 %] VN:[15 %-30 %] K:[10 %-20 %]
Anteil Gebäudetypen Grüne Wiese	EFH:[0 %-40 %] RH:[10 %-40 %] MFH:[40 %-80 %]	EFH:[0 %-30 %] RH:[10 %-40 %] MFH:[40 %-90 %]
Anteil Gebäudetypen Horizontale Nachverdichtung	EFH:[10 %-55 %] RH:[5 %-40 %] MFH:[40 %-80 %]	EFH:[0 %-20 %] RH:[10 %-30 %] MFH:[60 %-90 %]
Anteil Gebäudetypen Vertikale Nachverdichtung	EFH:[0 %-70 %] RH:[0 %] MFH:[30 %-100 %]	EFH:[10 %-70 %] RH:[0 %-10 %] MFH:[30 %-90 %]
Anteil Gebäudetypen Konversion/Umnutzung	EFH:[0 %-10 %] RH:[0 %-20 %] MFH:[70 %-90 %]	EFH:[0 %-10 %] RH:[0 %-20 %] MFH:[70 %-100 %]
Anzahl und Größe der Wohnungen pro Etage MFH	3 Wohnungen (108 m ² , 75 m ² , 46 m ²) [3-4 Wohnungen (108 m ² , 75 m ² , 46 m ²) - (108 m ² , 2x75 m ² , 46 m ²)]	3 Wohnung (108 m ² , 75 m ² , 46 m ²) [3-6 Wohnungen (108 m ² , 75 m ² , 46 m ²) - (2x108 m ² , 2x75 m ² , 2x46 m ²)]
Anzahl Etagen und Wohneinheiten (WE) Geschossbauweise	Im städtischen Außenbereich (z.B. Grüne Wiese) 3 Etagen (9 WE) [2-4 Etagen (6-16 WE)]	Im städtischen Außenbereich (z.B. Grüne Wiese) 5 Etagen (15 WE) [3-5 Etagen (9-30 WE)]

	Baseline-Szenario	Ressourceneffizienz-Szenario
	Im städtische Innenbereich (z.B. Horizontale Nachverdichtung) 4 Etagen (12 WE pro Gebäude) [3-5 Etagen (9-20 WE)]	Im städtischen Außenbereich (z.B. Grüne Wiese) 5 Etagen (15 WE) [4-5 Etagen (12-30 WE)]
Keller	<i>In alle drei Gebäudetypen</i>	<i>Nur bei Geschossbauweise [Nur bei Geschossbauweise - Bei RH/MFH und EFH 50%]</i>
Vertikale Nachverdichtung EFH/RH	<i>Ausbau Dachgeschoss, aus EFH/RH wird ein Zweifamilienhaus (Einliegerwohnung)</i>	<i>Ausbau Dachgeschoss, aus EFH/RH wird ein Zweifamilienhaus (Einliegerwohnung)</i>
Vertikale Nachverdichtung MFH	<i>Aufstockung um ein Stockwerk, auf Flachdach</i>	<i>Aufstockung um ein Stockwerk, auf Flachdach</i>
Wohnfläche Neubau EFH	130 m ² [130 m ² -150 m ²]	110 m ² [110 m ² -130 m ²]
Wohnfläche Neubau Reihenhaushaus	130 m ² [130 m ²]	110 m ² [110 m ²]
Grundstückfläche EFH	400 m ² [400 m ² - 460 m ²]	300 m ² [300-345 m ²]
Grundstückfläche RH	300 m ² [300 m ² - 300 m ²]	200 m ² [200-200 m ²]
Grundstücksfläche MFH	847 m ² [847 m ² – 1125 m ²]	458 m ² [458 m ² - 917 m ²]
Park- und Stellplätze	Wohnstraßen mit Parkstreifen	Autofreie Quartiere, d.h. lediglich Quartiers-Parkplätze, aber keine Tiefgaragen oder Parkmöglichkeiten an der Straße vor dem Haus. Lediglich Straßen für Rettungsfahrzeuge, Taxen etc. und zum Ausladen der Einkäufe [Autofreie Quartiere] EFH/RH 50% auf Grundstück, 50% Quartiersparkhaus; MFH 70% Tiefgarage 30% Quartiersparkhaus bzw. 50% breitere Straßen]
Tiefgarage	Bei MFH	Keine Tiefgarage [Keine Tiefgarage - 70% Tiefgarage bei MFH]

	Baseline-Szenario	Ressourceneffizienz-Szenario
Quartierparkhaus	Bei Sanierung für Strategien „Vertikale Nachverdichtung“ und „Konversion“	gebietsweite Quartierparkhäuser [Quartierparkhäuser - 50% Quartierparkhäuser]
Straßenbreite	5,5 m [5,5 m - 8 m]	3,5 m [3,5 m - 7,5 m]
Fußwegbreite	4 m [2 m - 5 m]	4 m [1,5 m - 5 m]

EFH=Einfamilienhaus; RH=Reihenhaus; MFH=Mehrfamilienhaus; GW=Grüne Wiese; HN=Horizontale Nachverdichtung, VN=Vertikale Nachverdichtung, K=Konversion/Umnutzung

Wie in Tabelle 3 zu sehen, gibt es verschiedene Stellschrauben, die die Szenario-Ergebnisse beeinflussen. Im Rahmen der Workshops (siehe Kapitel 4.1) konnten die Kommunalvertreter:innen der Fallstudienstädte unterschiedlich gewichtete Annahmen festlegen. So konnten u. a. entsprechend der lokalen Bedarfe die Gebäudecharakteristika beeinflusst werden, bspw. die Größe der Wohnfläche eines EFH und/oder Reihenhauses. Für Mehrfamilienhäuser konnten bspw. die Anzahl und Größe der Wohnungen und Anzahl der Etagen variiert werden. In der Diskussion mit den Kommunalvertreter:innen waren hier durchaus unterschiedliche Präferenzen zu erkennen, wie verdichtet die Bauweise in verschiedenen Szenarien sein soll. Auch gab es in den vier Fallstudien Unterschiede, ob es Keller und Tiefgaragen geben sollte. Von einigen Kommunen wurde von der Erfahrung berichtet, dass von den Bürger:innen eine Unterkellerung erwartet bzw. gefordert würde und deshalb selbst im Ressourceneffizienz-Szenario einbezogen werden sollte. Ähnliches gilt auch für Parkplätze: autofreie Quartiere waren für die meisten Kommunen nicht vorstellbar, sodass zumindest anteilig Tiefgaragen und für den ruhenden Verkehr entsprechend breite Straßen auch im Ressourceneffizienz-Szenario im lokalen Kontext als plausibel betrachtet wurden und weniger die Nutzung von Quartierparkhäusern. Außerdem ist in Tabelle 3 zu sehen, dass die jeweilige kommunale Gewichtung zwischen den Strategien und den Haustypen stark auseinander gehen. All diese veränderbaren Annahmen haben am Ende einen Einfluss auf die Ergebnisse, wie viel Material benötigt wird, um die gewünschte Anzahl an lokalspezifischen Wohneinheiten bis 2030 errichten zu können.

4.2.2 Weitere Ressourcenaspekte zur Entwicklung der kommunalen Szenarien

Schwerpunkt der Szenarien-Modellierungen bilden die Berechnungen der Materialbilanzen für die bis 2030 zu errichtenden Wohneinheiten in den vier beteiligten Kommunen. Zusätzlich wurden ebenfalls der Material Footprint als Rohmaterialeinsatz (Raw Material Input (RMI)), der CO₂-Fussabdruck (Carbon Footprint) und der kumulierte Energieaufwand (KEA) der verbauten Materialien berechnet. Diese drei Indikatoren erfassen jeweils den Rohmaterialeinsatz (RMI), die CO₂-Emissionen (Carbon Footprint) und den kumulierten Energieaufwand (KEA) entlang der kompletten Wertschöpfungskette der in den Szenarien ermittelten Materialbedarfe. Dazu

werden die detaillierten Massenbilanzen der modellierten Szenarien mit entsprechenden Koeffizienten der drei Indikatoren je Tonnen Material der drei Indikatoren verknüpft.

Um die ökologischen Wirkungen der einzelnen Materialien vergleichen zu können, sollten einheitliche Datensätze mit identischen Allokationsregeln verwendet werden. Daher wurden, wenn möglich, diese Koeffizienten aus den Produktionsprozessen der Ecoinvent-Datenbank (Version: ecoinvent 3.3) abgeleitet. Wenn eine Materialkategorie in Ecoinvent nicht enthalten war, wurde versucht diese Daten aus der Datenbank Ökobaudat zu generieren. Allerdings enthält diese Datenbank keine Werte für den RMI. Daher wurde bei den Materialien, für die der KEA und Carbon Footprint aus Ökobaudat entnommen wurde beim RMI nur das Eigengewicht gewertet. Der Material Footprint (RMI) und der Carbon Footprint zeigen an, welche Rohstoffe und Treibhausgas-Emissionen zur Herstellung der verbauten Materialien entlang der Wertschöpfungskette angefallen sind. Weiterhin sind auch die ökologischen Effekte für die Transporte enthalten. Die Prozessenergie und damit die mit der Errichtung der Gebäude selbst verbundenen Emissionen wurden jedoch nicht mit bewertet, sind aber überschlägig im Gesamtergebnis deutlich weniger relevant als die THG-Emissionen und die Graue Energie der Baumaterialien selbst. Die Auflistung der Datensätze ist im Anhang zu finden.

Neben Rohstoffen und Energie wird als dritte Ressourcendimension der Flächenverbrauch zur Errichtung von Wohngebäuden/-einheiten inklusive der notwendigen Verkehrsflächen in den Fallstudienkommunen abgeschätzt. Dazu wird für EFH und RH die gesamte Grundstücksfläche zuzüglich der Flächen für Straßenanbindung als Flächenverbrauch gewertet. Für die Geschossbauweise, sowohl in der Strategie „Grüne Wiese“ als auch in der Strategie „Horizontalen Nachverdichtung“ werden Baugebiete mit einer bestimmten Anzahl an Mehrfamilienhäusern definiert und über die Kennwerte der baulichen Nutzung wie der Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ) wiederum in Grundstücksflächen umgerechnet. Die Angaben zur Dimension der GRZ und GFZ wurden mit den Kommunen diskutiert und abgestimmt.

4.3 Ergebnisse der kommunalen Szenarien

Wie in Kapitel 4.2.1 dargestellt, spiegeln die Ergebnisse der kommunalen Szenarien die jeweils angepassten Annahmen der Stellschrauben des Modells für die einzelnen Kommunen und der Anzahl der jeweils bis 2030 zu schaffenden Wohneinheiten wider. Da die Anforderungen und lokalen Gegebenheiten der Kommunen sehr unterschiedlich sein können, ist ein Vergleich der Szenario-Ergebnisse zwischen den Kommunen nicht zielführend. Die Ergebnisse sind also nicht als Benchmark zu verstehen, dass eine Kommune ihren Wohnraumbedarf bis 2030 ressourceneffizienter bereitstellen möchte als die anderen Fallbespielkommunen. Vielmehr verdeutlichen die Ergebnisse, dass die vier Kommunen bei der Frage, welche Strategieansätze und welche Stellschrauben in der Umsetzung dieser Strategien zu welchen Ressourcenbedarfen führen, jeweils Lokalspezifika relevant sind. Gleichwohl zeigen die Ergebnisse hinsichtlich Flächen- und Materialintensität vergleichbare Effekte was die Unterschiede der vier Strategieansätze angeht.

Hierfür wurde entlang der gerechneten Szenarien der benötigte Materialbedarf für die Errichtung der Wohngebäude betrachtet, der notwendig ist, um den festgelegten Zielwert der zu errichtenden Wohneinheiten bis 2030 zu erfüllen. Davon abgeleitet wurde der RMI, der KEA und der Carbon Footprint berechnet. Zudem wurde der Flächenverbrauch abgeschätzt. Im Baseline- sowie im Ressourceneffizienz-Szenario wurden die Kategorien „Gebäude“, „Infrastruktur“ und „Haustechnik“ einzeln gerechnet und anschließend addiert. Es wurden sowohl die absoluten Zahlen für die Summe der bis 2030 geplanten Wohneinheiten je Szenario gerechnet als auch die verschiedenen Umweltindikatoren je Wohneinheit ausgewiesen, um die verschiedenen

Szenarien, die Gewichtung der jeweiligen Strategien und damit die Verteilung der verschiedenen Häusertypen und Bauweisen hinsichtlich ihrer Umweltrelevanz zu untersuchen und innerhalb des lokalspezifischen Rahmens vergleichen zu können.

Alle vier Fallbeispiele unterscheiden sich in ihren grundsätzlichen Ergebnissen bezüglich der Ressourcen- und Flächeneffekte der vier verschiedenen Strategieansätze nicht sehr voneinander. Unterschiede ergeben sich also aus den konkreten Annahmen für die jeweiligen Szenarien und der Gewichtung der vier Strategieansätze. Darum werden die jeweiligen Ergebnis-Dimensionen der Analysen an jeweils einem Fallbeispiel erläutert. Die Ergebnisse der anderen drei Fallbeispiele finden sich in tabellarischer Form im Anhang:

- ▶ Abschnitt 4.3.1 zeigt die Ergebnisse der verschiedenen Strategieansätze je Szenario normiert auf eine Wohneinheit am Beispiel der Fallstudie der Kommune B,
- ▶ Abschnitt 4.3.2 erläutert die Ergebnisse in absoluten Mengen am Beispiel der Fallstudie der Kommune C,
- ▶ Abschnitt 4.3.3 zeigt wiederum die Ergebnisse für die Haustechnik am Beispiel der Kommune D,
- ▶ Im Abschnitt 4.3.4. werden am Beispiel der Fallstudie der Kommune A die kumulierten Rohstoffbedarfe für Gebäude, Haustechnik und Infrastrukturen und in ihrer jeweiligen Bedeutung dargestellt,
- ▶ Im Abschnitt 4.3.5 werden die Ergebnisse der Umweltbewertung der Materialbedarfe anhand der Indikatoren Carbon Footprint, KEA und RMI am Fallbeispiel der Kommune A,
- ▶ Und schließlich wird der Aspekt der Neuinanspruchnahme von Flächen im Abschnitt 4.3.6 am Fallbeispiel der der Kommune C dargestellt.

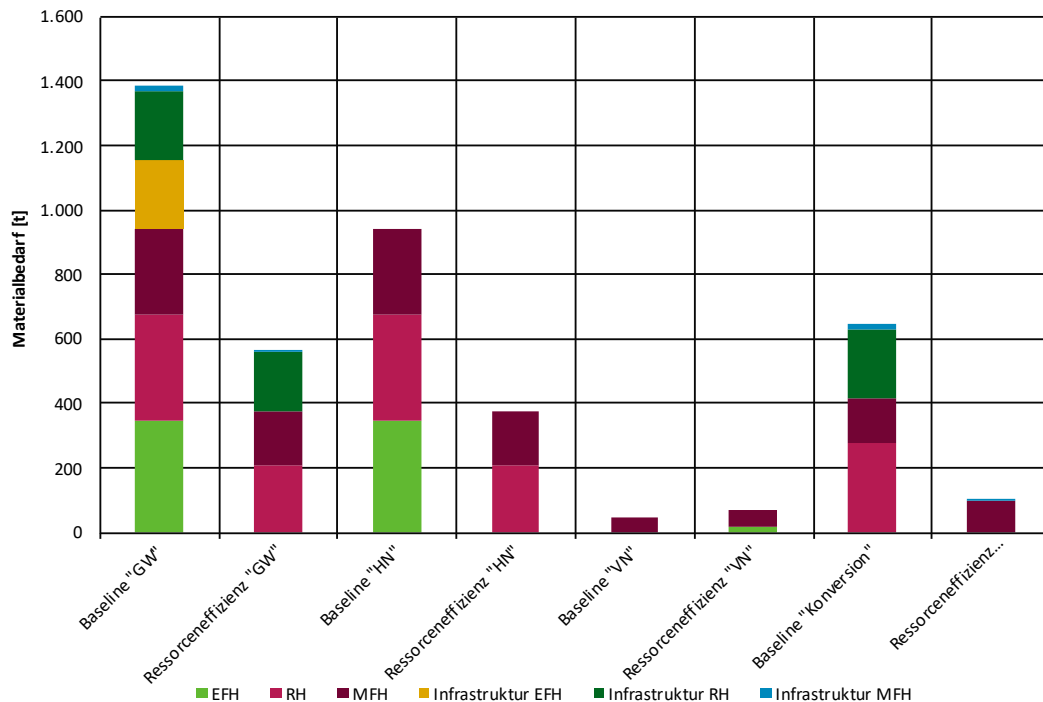
4.3.1 Vergleich pro Wohneinheit am Beispiel der Fallstudie der Kommune B

Die absoluten Materialbedarfe für den gesamten Bedarf an Wohneinheiten bis 2030 je Fallstudie sind aufgrund der errechneten Gesamtmengen an Rohstoffen, die in Gebäuden verbaut sind als abstrakte Werte zur Orientierung einzuordnen. Zur Veranschaulichung der errechneten Rohstoffbedarfe bietet es sich an, die Zahlen je Wohneinheit darzustellen. Möglich wäre auch eine Darstellung je m² Wohnfläche. Die erste Variante hat den Vorteil, dass die Ergebnisse direkt mit dem Zielwert (der geplanten Wohneinheiten) der einzelnen Szenarien in Bezug gesetzt werden können. Bei einer Betrachtung je m² Wohnfläche würden sich je nach Szenario und der Gewichtung der Strategieansätze aus der Zielmarke z.B. für Kommune B von 15.900 Wohneinheiten bis 2030 sehr unterschiedlichen Wohnflächen insgesamt ergeben. Dies begründet sich u.a. darin, dass Wohneinheiten, die als EFH in den Szenarien modelliert wurden, deutlich mehr Wohnfläche je Wohneinheit aufweisen als die Wohneinheiten in Mehrfamilienhäusern in den Szenarien.

Abbildung 25: Gegenüberstellung des Materialbedarfs in Tonnen je Wohneinheit im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune B

Gegenüberstellung des Materialbedarfs [t] je WE im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario

Kommune B



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

In Abbildung 25 ist die Gegenüberstellung des Materialbedarfs je Wohneinheit der vier Strategieansätze im Baseline - und Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel von Kommune B zu sehen. Zu erkennen ist ein Vergleich zwischen den in diesem Forschungsvorhaben modellierten Gebäudetypen, den Strategien und Szenarien. Jede Säule in dem Balkendiagramm repräsentiert eine Strategie in einem der beiden Szenarien und besteht aus den drei modellierten Haustypen (Einfamilien-/Reihen-/Mehrfamilienhaus) und die dazugehörigen Verkehrsinfrastruktur in den Strategien Grüne Wiese und Konversion. Ausgenommen ist die Haustechnik, da die Materialmengen der Haustechnik so gering sind, dass sie in der Abbildung nicht sichtbar wären.

Die Abbildung zeigt weiterhin, dass nicht alle Gebäudetypen in jedem Strategieansatz und Szenario dargestellt werden. Dies ergibt sich aus der lokalspezifischen Gewichtung der verschiedenen Gebäudetypen je Strategieansatz durch die kommunalen Workshop-Teilnehmenden (in diesem Fall von Kommune B). Eine Einschätzung der kommunalen Workshop-Teilnehmenden war, dass eine vertikale Nachverdichtung im Baseline-Szenario nur bei MFH stattfinden wird. Entsprechend sind im Balken Baseline „Vertikale Nachverdichtung (VN)“ nur der Materialbedarf für eine Wohneinheit abgebildet, der sich durch die Aufstockung eines MFH in Leichtbauweise aus der Modellierung ergibt. Außerdem ist in dieser Fallstudie die Infrastruktur nur in den Strategien „Grüne Wiese“ und „Konversion und Umnutzung“ modelliert worden.

Die Auswertung der Ergebnisse für die Fallstudie der Kommune B zeigt, dass der Materialbedarf für neue Wohngebäude im Strategieansatz „Grüne Wiese (GW)“ aufgrund der zusätzlich notwendigen Verkehrsinfrastruktur deutlich höher ist als der Neubau von Gebäuden innerhalb

der Horizontalen Nachverdichtung. Jedoch ist erkennbar, dass für die modellierten Gebäudetypen selbst der Materialbedarf durch Neubau in beiden Strategieansätzen identisch ist.

In der Strategie „Konversion“ werden, wie in den Strategien „Grüne Wiese“ und „Horizontale Nachverdichtung (HN)“, teilweise auch (Ersatz-)Neubauten für RH und MFH modelliert. Jedoch ist der in diesem Projekt modellierte Materialverbrauch für eine Wohneinheit im MFH in der Strategie „Konversion“ niedriger als in der Strategie „Grüne Wiese“ und „Horizontale Nachverdichtung“, da hier die Annahme getroffen wurde, dass 50% der Bestandsgebäude saniert werden und der Kern der Altgebäude erhalten bleibt.

Die Aufstockung von Gebäuden im Rahmen einer vertikalen Nachverdichtung erfolgt aus statischen Gründen häufig in Leichtbauweise, d.h. für die Modellierung in diesem Projekt auf Basis einer Stahl-Leichtbauweise mit Mineralfaserdämmung im Baseline-Szenario und in Holz-Leichtbauweise mit einer Holzweichfaserdämmung im Ressourceneffizienz-Szenario. Zudem fallen beim Dachausbau oder Aufstockung der Neubau von materialintensiven Gebäudeteilen wie das Kellergeschoß und die Bodenplatte weg. Dies führt dazu, dass der Wohnbedarf, der durch vertikale Nachverdichtung geschaffen wird, sehr viel ressourceneffizienter pro Wohneinheit ist, als durch einen Neubau ganzer Gebäude. Dadurch ist die Strategie der vertikalen Nachverdichtung die materialeffizienteste Strategie in der Gegenüberstellung mit den anderen Strategien.

Der Vergleich der beiden Szenarien, Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario, zeigt, dass der Ressourcenbedarf pro Wohneinheit in drei der vier Strategieansätzen im Ressourceneffizienz-Szenario niedriger ist als im Baseline-Szenario (siehe Abbildung 25). Lediglich im Strategieansatz „Vertikale Nachverdichtung“ erzeugen die unterschiedlichen Bauweisen der Aufstockung (Stahl-Leichtbauweise vs. Holzständerbauweise mit unterschiedlichem Dämmmaterial) sowie unterschiedliche Anforderungen an die Dämmmaterialstärke aufgrund unterschiedlich hoher Energieeffizienzanforderungen für insgesamt höhere Ressourcenbedarfe pro Wohneinheit im Ressourceneffizienz-Szenario als im Baseline-Szenario. Unter ökologischen Gesichtspunkten (CO₂-Fußabdruck/Carbon Footprint) kann die Bauweise mit nachwachsenden Rohstoffen trotz höherem Eigengewicht vorteilhafter sein.

Auch in den anderen Strategien sind die unterschiedlichen Bauweisen in beiden Szenarien einer der Gründe für die unterschiedlich hohen Materialbedarfe je Wohneinheit. Zusätzlich kommt hier zum Tragen, dass Neubauten für EFH und MFH im Ressourceneffizienz-Modell die EFH in der Modellierung nicht oder nur teilweise unterkellert sind und bei MFH teilweise auf Tiefgaragen verzichtet wird. Ein weiterer Grund für die deutlich geringeren Materialbedarfe der Strategien „Grüne Wiese“, „Horizontale Nachverdichtung“ und „Konversion“ im Ressourceneffizienz-Szenario ist der Verzicht auf die Option, den zukünftigen Wohnbedarf durch EFH zumindest teilweise zu decken. Vielmehr wurden von den Kommunalvertreter:innen im Workshop festgelegt, dass im Ressourceneffizienz-Szenario der notwendige Wohnraum mit RH und MFH errichtet werden soll und zudem die Verdichtung (höhere Anzahl an Etagen im MFH) höher und die Wohnflächen pro Wohneinheit niedriger ist (siehe Tabelle 2).

Neben dem Vergleich zwischen den Strategien und den Szenarien ist auch eine Gegenüberstellung der Haustypen möglich. Zu sehen ist, dass der Materialbedarf pro Wohneinheit in MFH insgesamt rund $\frac{1}{3}$ niedriger ausfällt als der für EFH bzw. RH. Gerade in der Infrastruktur ist aufgrund der kompakteren Bauweise im MFH im Gegensatz zu den EFH mit ihren großen Grundstücken je Wohneinheiten und dem daraus resultierenden infrastrukturellen Mehrbedarf im MFH ein deutlicher Vorteil zu sehen.

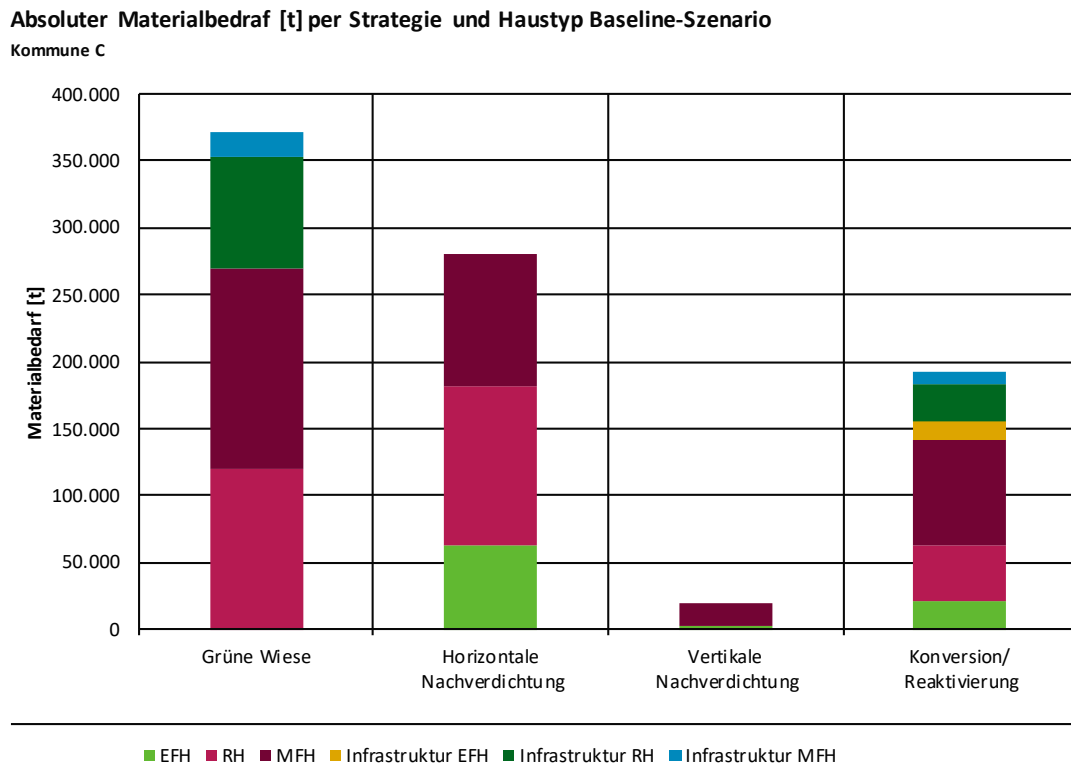
4.3.2 Absoluter Materialbedarf am Fallbeispiel der Kommune C

Neben der Gegenüberstellung des Materialbedarfs pro Wohneinheit kann auch der absolute Materialbedarf zweier Szenarien miteinander verglichen werden. Für beide Szenarien wird der gleiche Zuwachs an Wohneinheiten bis 2030 verwendet, in diesem Beispiel für 3.000 zusätzlich geplante Wohneinheiten in Kommune C. Die Gewichtung der Strategieansätze zur Schaffung von 3.000 Wohneinheiten und die Annahmen der Modellierungen in beiden Szenarien unterscheiden sich jedoch. In Abbildung 26 und Abbildung 27 ist der absolute Materialbedarf bis 2030 sowohl für das Baseline- als auch für das Ressourceneffizienz-Szenario zu sehen. Im Baseline-Szenario ergeben sich für die Schaffung von 3.000 Wohneinheiten für Kommune C bis zum Jahr 2030 ein Materialbedarf von insgesamt rund 864.000 t. So werden große Mengen des absoluten Materialbedarfs für die Wohneinheiten benötigt, die durch die Neuausweisung von neuen Wohngebieten („Grüne Wiese“) bzw. durch den Neubau in Form der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ erfolgen soll (jeweils 900 Wohneinheiten oder jeweils 30% der 3.000 Wohneinheiten in den beiden Szenarien).

Im Ressourceneffizienz-Szenario halbiert sich der Materialbedarf nahezu und liegt mit 477.000 t bei 55% gegenüber dem Baseline-Szenario (864.000 t). Und dies obwohl der absolute Materialbedarf durch neue Wohneinheiten im Szenario-Modell für neu ausgewiesene Baugebiete („Grüne Wiese“) weiterhin mit knapp über 350.000 t sehr hoch ist. Die kommunalen Vertreter:innen haben in den Workshops festgelegt, dass im Ressourceneffizienz-Szenario 50% der Wohneinheiten (also 1.500 der 3.000 Wohneinheiten anstelle von 900 im Baseline-Szenario) als Neubauten auf der „Grünen Wiese“ entstehen sollen. Aufgrund der effizienteren Bauweisen im Ressourceneffizienz-Szenario verursachen die 1.500 Wohneinheiten der Strategie „Grüne Wiese“ im Ressourceneffizienz-Szenario in etwa den gleichen absoluten Materialbedarf wie die 900 Wohneinheiten, die im Baseline-Szenario im Strategieansatz „Grüne Wiese“ entstehen sollen. Weiterhin beinhaltet das Ressourceneffizienz-Szenario die Annahme, dass nur jeweils 10% der 3.000 Wohneinheiten, die bis 2030 in Kommune C erstellt werden sollen, als „Horizontale Nachverdichtung“ bzw. auf Konversionsflächen entstehen. Die restlichen 30% (oder 900 Wohneinheiten) sollen hingegen durch die „Vertikale Nachverdichtung“ vor allem durch Aufstockung von MFH geschaffen werden. Entsprechend gering sind die absoluten Materialbedarfe der drei Strategieansätze „Horizontale Nachverdichtung“, „Vertikale Nachverdichtung“ und „Konversion/Umnutzung“ in absoluten Mengen an Material.

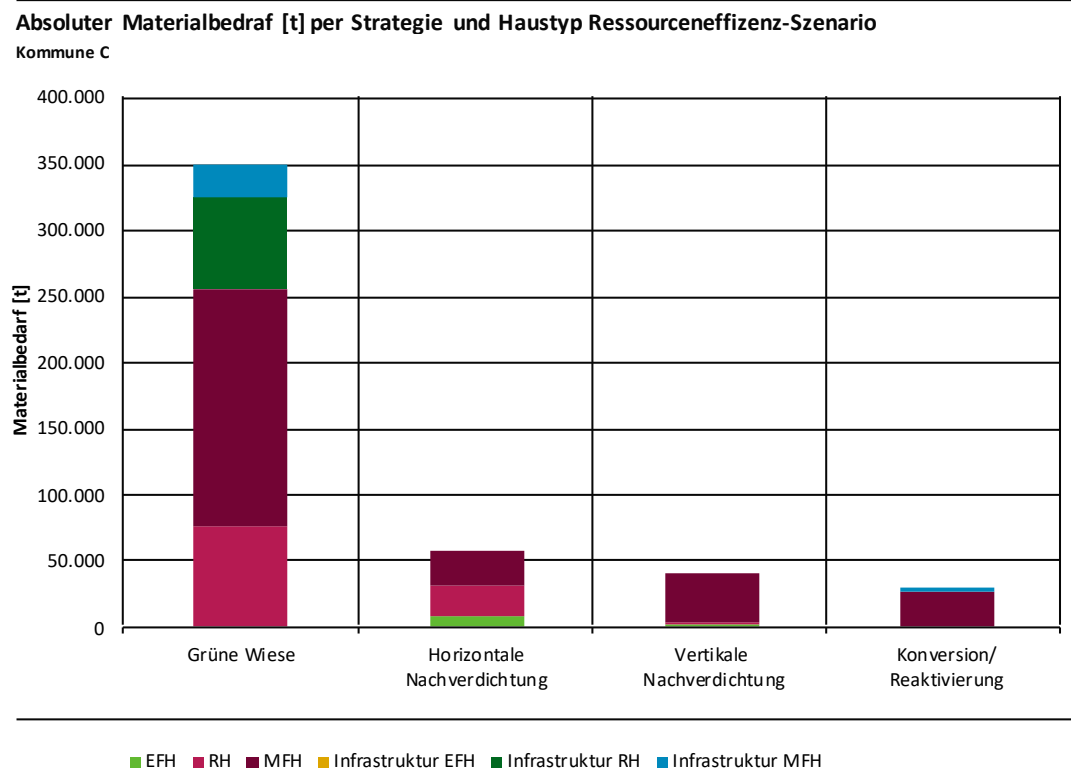
Um eine Einordnung der zwei Szenarien zu bekommen, wurden noch zwei weitere Szenarien erstellt, die die Spannbreite der möglichen Daten verdeutlichen sollen und miteinander verglichen werden können, zu sehen in Abbildung 28. Beide Szenarien sind rein theoretische Szenarien, die nicht umgesetzt werden sollen. Das erste Szenario ist ein 100% „Grüne Wiese“-Szenario, das mit den Annahmen des Baseline-Szenarios erstellt wurde. Dieses Szenario ist geprägt durch einen sehr hohen Materialverbrauch. Als gegenüberliegendes Pendant wurde ein zweites Szenario entwickelt (siehe Abbildung 28), welches nach den Annahmen des Ressourceneffizienz-Szenarios erstellt wurde und zu 100 % auf vertikaler Nachverdichtung beruht. In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass sich das Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario zwischen den zwei Szenarien einordnet und dadurch die Spannbreite der möglichen Ergebnisse aufzeigen.

Abbildung 26: Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune C



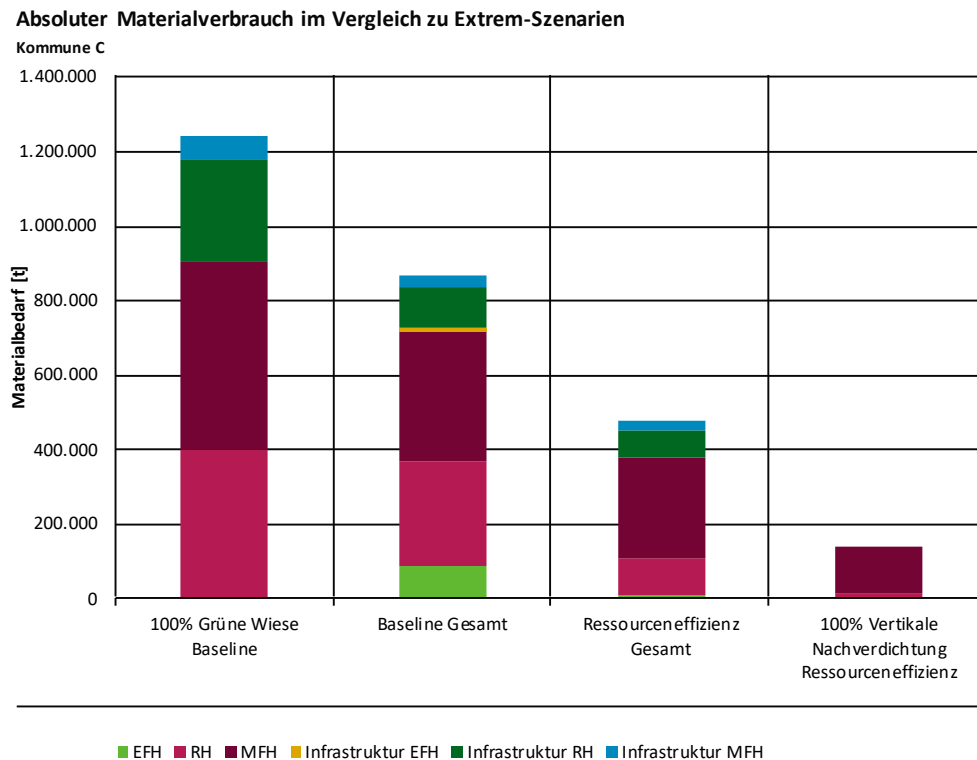
Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Abbildung 27: Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune C



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Abbildung 28: Absoluter Materialbedarf in Tonnen für Gebäude und Infrastruktur im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario im Vergleich zu Extrem-Szenarien bis 2030 am Beispiel Kommune C



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Wie in Abbildung 28 zu sehen ist, hat die Wahl des Szenarios starke Auswirkungen auf den Materialverbrauch. Im Ressourceneffizienz-Szenario (hier am Beispiel von Kommune C) umfasst der Materialbedarf zur Schaffung des notwendigen Wohnraums bis 2030 nur rund die Hälfte des Materialbedarfs im Baseline-Szenario. Für Kommune C liegt dies zum einen am deutlich höheren Anteil an vertikaler Nachverdichtung im Ressourceneffizienz-Szenario und den damit verbundenen Ressourceneffizienz-Vorteilen, die dieser Strategieansatz bietet. So wirken sich die lokalspezifischen Annahmen aus (ob bspw. EFH bzw. RH unterkellert werden oder ob Tiefgaragen bei MFH mit modelliert werden). Hinzu kommt ein hoher Anteil an Geschosswohnungsbau in den Strategieansätzen, die Neubauten darstellen. Die Wohneinheiten, die nicht durch Bestandserweiterung erstellt werden können, werden also überwiegend nicht als EFH oder RH errichtet, sondern als MFH. Ein weiterer Faktor ist, dass innerhalb der Strategie Konversion zu 100% MFH angenommen werden, bei denen im Modell ein höherer Sanierungsgrad bestehender Gebäude unterstellt wird als bei RH und EFH, so dass davon auszugehen ist, dass diese auf Konversionsflächen eher als Neubau (mit entsprechender ebenfalls neuer Verkehrsinfrastruktur) entstehen.

Der Einfluss solcher Annahmen wird in Kapitel 4.3.7 noch ausführlicher besprochen.

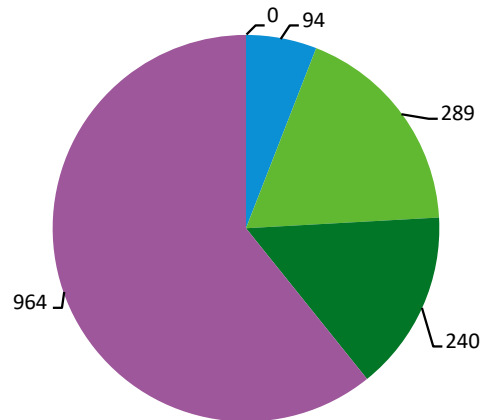
4.3.3 Materialbedarf für die Haustechnik am Fallbeispiel der Kommune D

Die Haustechnik trägt mit ihren 1.700- 2.300 t (variieren je nach Strategie und Kommune) nur im geringen Umfang zum Endergebnis bei.

Nachfolgend ist in Abbildung 29 und Abbildung 30 am Beispiel von Kommune D trotzdem angezeigt, wie der Materialbedarf der Haustechnik nach Einsatzort aufgeteilt ist und wo die Unterschiede zwischen den zwei Szenarien liegen.

Abbildung 29: Absoluter Materialbedarf in Tonnen für die Haustechnik nach Einsatzort im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune D

Materialbedarf [t] Haustechnik nach Einsatzort Baseline-Szenario
Kommune D

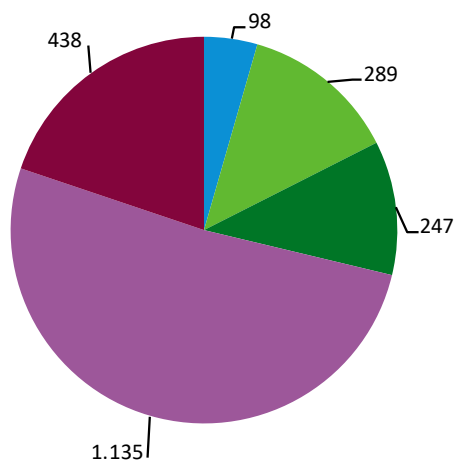


Abwasser Sanitär Wasser Heizung Lüftung

Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Abbildung 30: Absoluter Materialbedarf in Tonnen für die Haustechnik nach Einsatzort im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel Kommune D

Materialbedarf [t] Haustechnik nach Einsatzort Ressourceneffizienz-Szenario
Kommune D



Abwasser Sanitär Wasser Heizung Lüftung

Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Sowohl in Abbildung 29 als auch Abbildung 30 ist zu sehen, dass die Heizungsanlage den größten Materialbedarf innerhalb der Haustechnik aufweist. Im Baseline-Szenario hat die Heizung mit etwa 60 % einen größeren Einfluss als im Ressourceneffizienz-Szenario (50%). Es

ist jedoch zu beachten, dass im Ressourceneffizienz-Szenario zusätzliche Haustechnik in Form von Lüftungsanlagen modelliert wurde. Summiert man deren Materialbedarf mit dem für Heizungsanlage erhöht sich der Anteil auf 70 % des gesamten Materialbedarfs für die Haustechnik.

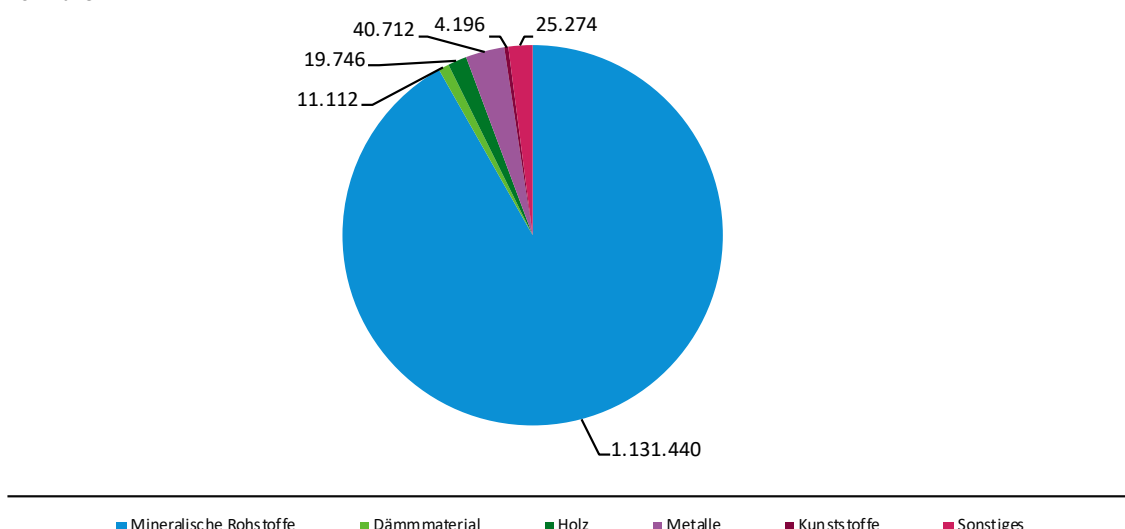
Neben der Heizungsanlage wurden auch die Wasser- und Abwasserleitungen und die Sanitärausstattung mit Duschen, Toiletten und Waschbecken berechnet. Die Sanitäranlagen, d. h. die Sanitärkeramik inkl. aller Armaturen und Bestandteile wie Duschwände, verursachen etwa 18 % im Baseline-Szenario und 13 % im Ressourceneffizienz-Szenario des Materialbedarfs der Haustechnik. Die verlegten Leitungen der Wasserversorgung entsprechen 15 % bzw. 11 % des Materialbedarfs. Und das Abwasserentsorgung hat den geringsten Materialbedarf mit 6 % bzw. 4 %. Die Elektroinstallation wurde wegen fehlender Daten nicht mit betrachtet.

4.3.4 Summierte Materialzusammensetzung von Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik am Fallbeispiel Kommune A

Neben dem absoluten Materialgewicht erfolgt die Aufteilung nach Materialkategorien für die Modellierung der Szenarien, um die Ressourceneffizienz besser abschätzen zu können. In Abbildung 31 und Abbildung 32 sind der absolute Materialbedarf für die bis 2030 zu erstellenden Wohneinheiten der beiden Szenarien „Baseline“ und „Ressourceneffizienz“ nach Materialkategorien am Beispiel von Kommune A dargestellt. Für die anderen drei Fallstudien ist die grundsätzliche Verteilung der Materialkategorien (sehr hoher Anteil der mineralischen Rohstoffe etc.) ähnlich, auch wenn die absoluten Materialbedarfe sich unterscheiden.

Abbildung 31: Absoluter Materialbedarf in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A

Materialbedarf [t] nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik Baseline-Szenario Kommune A

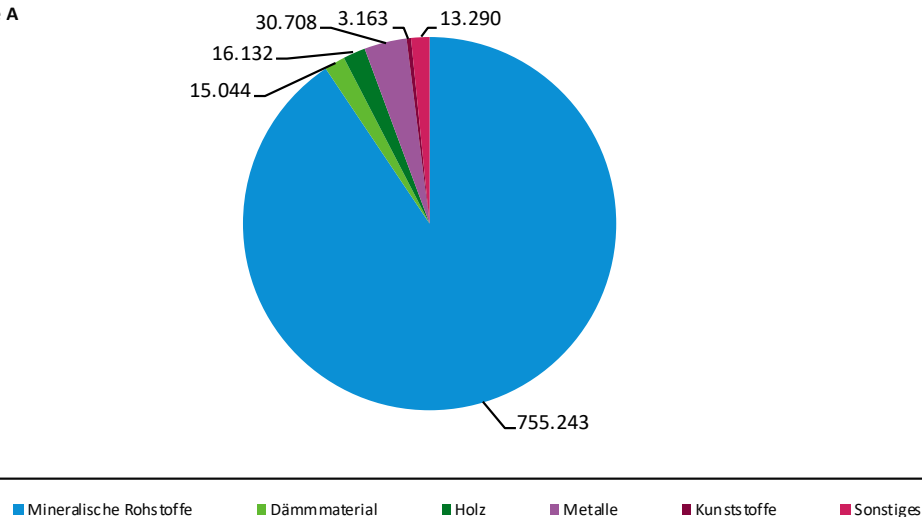


Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Abbildung 32: Absoluter Materialbedarf in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Ressourceneffizienz-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A

Materialbedarf [t] nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik Ressourceneffizienz-Szenario

Kommune A



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Der Materialbedarf in den verschiedenen Szenarien wird zu fast 92 % durch mineralische Rohstoffe (und hierbei wiederum überwiegend durch Beton) bestimmt. Die Anteile von Dämmmaterialien, Holz und Metall sind mit jeweils 1 bis 3 % nur gering, der von Kunststoff liegt sogar unter 1 % des gesamten Ressourcenbedarfs. Der Rest sind sonstige Materialien (bspw. Bodenbeläge oder Kleber). Beim Ressourceneffizienz-Szenario ist die Aufteilung identisch, jedoch sinkt die Fraktion der mineralischen Rohstoffe um wenige Prozentpunkte und der Holzanteil steigt. Bei einigen Fallbeispielen ist es stärker ausgeprägt als bei anderen, da vor allem in der vertikalen Nachverdichtung per Holzbauweise den Anstieg des Holzanteils erklärt und diese Kommunen einen höheren Anteil an der vertikalen Nachverdichtung haben. So liegt der Holz-Anteil in Kommune A bei 1,60%, während der Anteil bei den drei anderen Fallbeispielen jeweils über 3% liegt (Kommune C: 3,87%, Kommune D: 3,36% und Kommune B: 3,23%)

Die Zusammensetzung des Materialbedarfs ist in beiden Szenarien sehr ähnlich, da in beiden Szenarien der Gebäudekern auf Basis mineralischer Rohstoffe erstellt wird und lediglich beim Dämmmaterial deutliche Unterschiede existieren. Außerdem unterscheiden sich die Häuser hinsichtlich ihrer Energiestandards (KfW 555 / Passivhaus). Jedoch wurden im Ressourceneffizienz-Szenario keine Häuser modelliert, die vollständig oder überwiegend in Holzbauweise errichtet wurden, da die Datengrundlage für solche Häuser im Rahmen dieses Projektes nicht in der notwendigen Detailtiefe gegeben war.

In der Modellierung konnte keine Unterscheidung zwischen Baumaterialien aus Sekundärrohstoffen und solchen aus Primärrohstoffen vorgenommen werden. Der hohe Anteil der mineralischen Rohstoffe in beiden Szenarien zeigt jedoch das hohe Potential für eine ressourcenschonende Schaffung von Wohneinheiten, wenn entweder verstärkt mineralische Recyclingbaustoffe oder Gebäude in Holzbauweise errichtet werden würden.

Für alle Strategieansätze wurde zudem der Materialbedarf für die Haustechnik (d. h. für Abwasser, Wasser, Heizung und für Passivhäuser auch die erforderliche Lüftung) modelliert. Die Materialzusammenstellung der Haustechnik im Baseline-Szenario wird zu $\frac{2}{3}$ durch Metalle und zu 20% durch Kunststoffe bestimmt. Im Ressourceneffizienz-Szenario haben Kunststoffe mit fast 40 % eine wichtigere Rolle, wobei sich der Anteil an Metall von 67 % auf 52 % reduziert. In ihrer Gesamtmasse von 1.700 bis 2.300 t (je nach Szenario und Kommune) spielt die Haustechnik bei der Bewertung des Materialbedarfs allerdings nur eine untergeordnete Rolle.

4.3.5 Vergleich mit CO₂, KEA und RMI am Fallbeispiel von Kommune A

Neben dem Materialverbrauch wurde auch der Carbon Footprint⁴⁵ in Tonnen (t) CO₂-Äquivalente, der kumulierter Energieaufwand⁴⁶ in Gigajoule (GJ) und der Rohmaterialeinsatz (Raw Material Input (RMI))⁴⁷ in Tonnen betrachtet. In Abbildung 33 bis Abbildung 35 ist zu sehen, dass die einzelnen Materialkategorien sich hinsichtlich ihres Anteils von denen des reinen Materialbedarfs unterscheiden. Die nachfolgenden Ergebnisse werden anhand der Fallbeispiele von Kommune A verdeutlicht, die Verteilung ist bei den anderen Kommunen allerdings trotz der beschriebenen abweichenden Input-Parameter ähnlich.⁴⁸

Die Höhe der Umweltindikatoren leitet sich aus den Materialmengen und den Anteilen der Materialgruppen ab. Wie im Kapitel zuvor festgestellt wurde, unterscheiden sich die Ergebnisse des Ressourceneffizienz-Szenarios nur wenig hinsichtlich der prozentualen Bedeutung der verschiedenen Materialkategorien (siehe Abbildung 31 und Abbildung 32). Damit verhält sich der Unterschied zwischen den beiden Szenarien hinsichtlich der Höhe der Umweltwirkung analog zu den Unterschieden des absoluten Materialbedarfes zwischen den beiden Szenarien: Sowohl der RMI, als auch der Carbon Footprint und der KEA sind im Ressourceneffizienz-Szenario niedriger als im Baseline-Szenario. In den folgenden Unterkapiteln werden anhand des Baseline-Szenarios des Fallbeispiels Kommune A die Unterschiede hinsichtlich der relativen Bedeutung der unterschiedlichen Materialkategorien herausgearbeitet. Diese Aussagen treffen grundsätzlich auch auf die anderen Fallbeispiele als auch auf die Ergebnisse der Ressourceneffizienz-Szenarien zu.

4.3.5.1 Rohmaterialeinsatz

Der Rohmaterialeinsatz, wie Abbildung 33 zeigt, ist der Darstellung des Materialverbrauchs vergleichbar. Beim RMI wird aber neben dem eigentlichen Materialverbrauch auch der Materialbedarf in den vorgelagerten Produktionsschritten miteinbezogen. So wird etwa nicht nur die verbaute Menge an Stahl gewertet, sondern alle Rohstoffe, die in der vorgelagerten Produktionskette notwendig sind, um aus Eisenerz schließlich Stahl zu erzeugen. Das erklärt auch, warum die Fraktion der Metalle im Gegensatz zu dem Materialbedarf in Abbildung 31 auf 19 % zunimmt. Durch den höheren Anteil der Metalle reduziert sich der Anteil der mineralischen Rohstoffe auf 72 %. Die anderen Baumaterialien steigen jeweils nur um etwa 1 % im Vergleich zu ihren Anteilen beim herkömmlichen Materialaufwand aus der Abbildung 31.

⁴⁵ Der Carbon Footprint zeigt die gesamten Treibhausgasemissionen an, die bei der Herstellung entlang der kompletten Wertschöpfungskette und dem Transport der Baumaterialien anfallen. Die unterschiedlichen Treibhausgas-Emissionen werden in ihrer Umweltwirkung in CO₂-Äquivalente (oder üblicherweise abgekürzt CO₂-Eq.) umgerechnet.

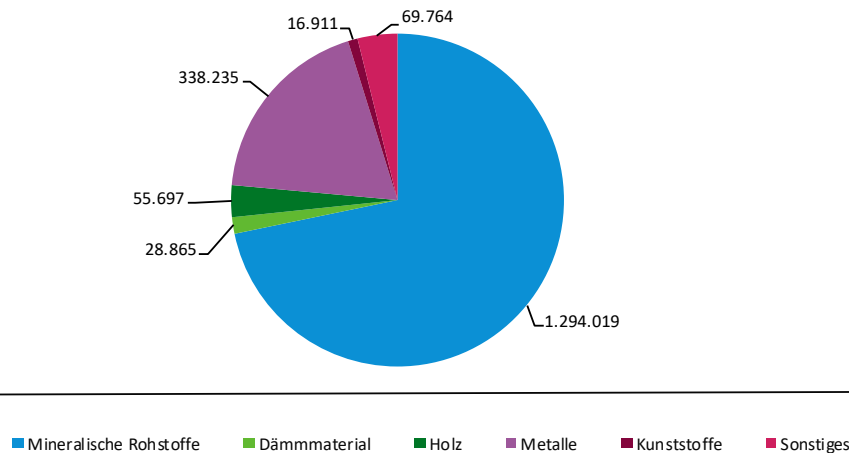
⁴⁶ Der KEA gibt den energetischen Aufwand, der im Zusammenhang mit der Herstellung der Baumaterialien entsteht bzw. diesem ursächlich zugewiesen werden kann. (Siehe auch UBA 2012)

⁴⁷ Der RMI stellt den gesamten Rohmaterialeinsatz zur Herstellung der Baumaterialien dar. Es werden also alle Rohstoffe entlang der Wertschöpfungskette erfasst, die z.B. zur Herstellung 1 Tonne Zement notwendig sind. (siehe auch UBA 2012). Im inhaltlichen Kontext dieser Studie ist der RMI gleich dem KRA (Kumulierten Rohstoffaufwand).

⁴⁸ Die Ergebnisse der anderen drei Fallbeispiele sind im Anhang zu finden.

Abbildung 33: Absoluter Rohmaterialeinsatz in Tonnen nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A

RMI Materialbedarf [t] nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik Baseline-Kommune A



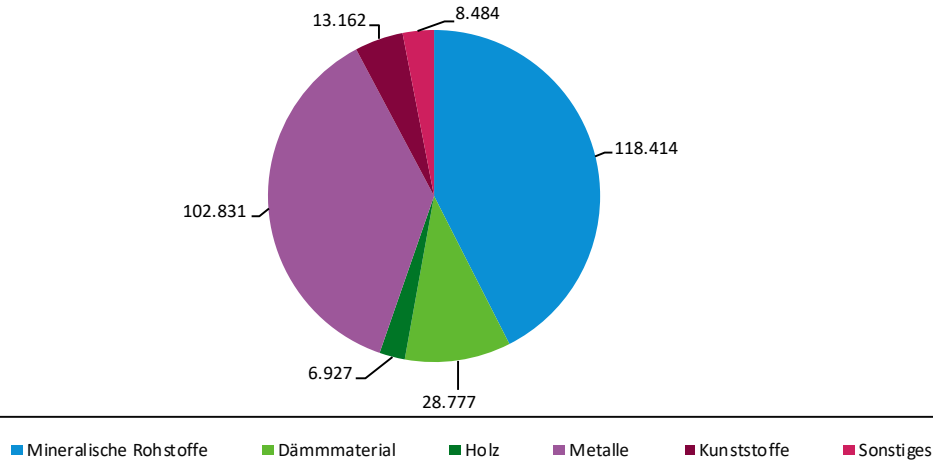
Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

4.3.5.2 Carbon Footprint

In Abbildung 34 ist die Aufteilung der verschiedenen Gruppen an Baumaterial für den Carbon Footprint im Baseline-Szenario am Beispiel der Kommune A dargestellt. Der Carbon Footprint ist das Treibhausgas-Äquivalent zum Rohmaterialeinsatz: es zeigt für alle verwendeten Materialien die damit assoziierten Treibhausgas-Emissionen an, die in der kompletten Produktionskette bei der Herstellung dieser Baumaterialien anfielen. Werden die Emissionen betrachtet, ist zu erkennen, dass die Fraktion der mineralischen Rohstoffe an Bedeutung verliert und die anderen Materialgruppen dagegen zum Teil deutlich zunehmen. Insbesondere steigt die Relevanz der Metalle. Metalle haben einen Anteil von 4 % des gesamten Materialbedarfs, sind aber für 37 % der Treibhausgasemissionen (in t CO₂-Äquivalente) verantwortlich, die mit der Herstellung der Baumaterialien verbunden sind. Dagegen sinkt der Anteil der mineralischen Rohstoffe von 92 % des Materialbedarfs auf 43 % des Carbon Footprints. Und dies, obwohl der hohe Betonanteil innerhalb der mineralischen Baustoffe und der hiermit verbundenen Zementherstellung einen hohen Carbon Footprint aufweist. Mit 43 % sind die mineralische Fraktion jedoch immer noch die Materialgruppe mit dem höchsten Anteil an den Treibhausgasemissionen, gefolgt von Metallen. Die drittgrößte Fraktion ist die der Dämmmaterialien mit 10 % des Carbon Footprints, wobei es beim Materialbedarf nur 1 % einnimmt. Auch der Anteil von Kunststoffen steigt in seiner Bedeutung im Vergleich zum Anteil des absoluten Materialbedarfs während Kunststoffe weniger als 1 % der absoluten Materialbedarfe in den untersuchten Fallbeispielen ausmachen, steigt ihr Anteil jedoch auf 5 % bei der Betrachtung der Bedeutung der einzelnen Materialkategorien für die damit verbundenen THG-Emissionen. Damit liegt der Anteil des mineralischen Dämmmaterials und der Kunststoffe im Materialverbrauch jeweils unter dem des Materialanteils von Holz, welches 2 % des Materialbedarf entspricht und auch nur 2 % des Carbon Footprints beträgt. Die sonstigen Materialien (Fußbodenbeläge, Kleber, Farbe etc.) entsprechen 3 % des gesamten Carbon Footprints im Fallbeispiel für Kommune A (siehe Abbildung 34).

Abbildung 34: Absoluter Carbon Footprint in t CO₂-Eq. nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A

Carbon Footprint [t CO₂-Eq.] nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik Baseline-Szenario Kommune A



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

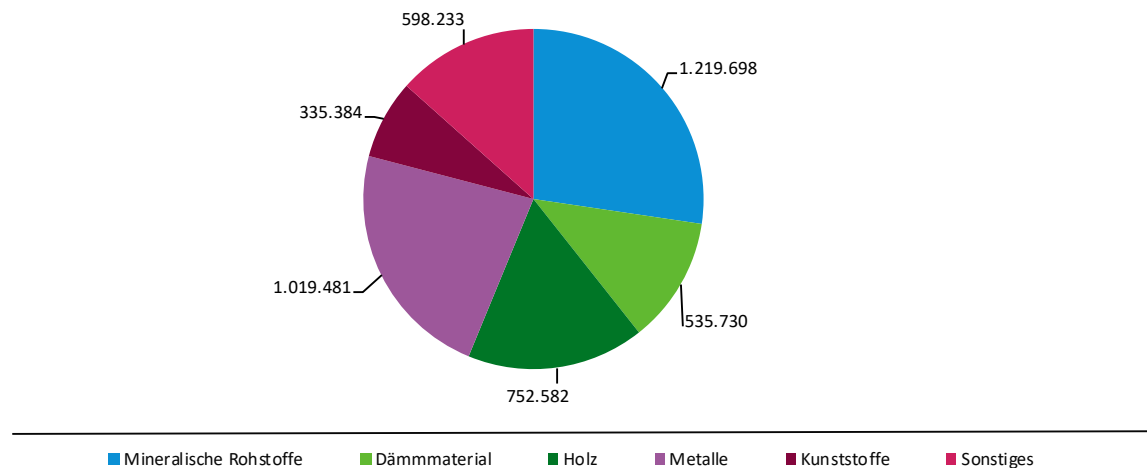
4.3.5.3 Kumulierter Energieaufwand

In Abbildung 35 ist die Aufteilung nach dem kumulierten Energieaufwand abgebildet. Zum einen fällt auf, dass die Baumaterialkategorien der mineralischen Rohstoffe und der Metalle kleiner werden, wobei sie mit 27 % beziehungsweise 23 % immer noch die größten Anteile an dem kumulierten Energieaufwand haben. Holz dagegen nimmt am stärksten zu, indem es 17 % des gesamten Energieverbrauchs ausmacht und ist somit die drittgrößte Fraktion. Gefolgt von den sonstigen Materialien mit 13 % und den mineralischen Dämmmaterialien mit 12 %. Die kleinste Fraktion hinsichtlich des kumulierten Energieaufwandes umfasst 8 % für Kunststoffe.

Im kumulierten Energieaufwand wird jedoch laut VDI 4600 Richtlinie nicht nur die Energie erfasst, die benötigt wird, um das Material herzustellen, sondern auch der stofflich gebundene Energieinhalt (oder umgangssprachlich der Heizwert). Dieser sogenannte energetische „Feedstock“ ist besonders bei Holz und Kunststoffen von hoher Relevanz und spiegelt sich entsprechend in hohen KEA-Koeffizienten für Holz- und Kunststoffprodukten wider. Dies ist bei der Interpretation des hohen Anteils von Holz am KEA zu beachten. Die stoffliche im Holz gebundene Energie ist nicht verloren, solange das Holz am Ende des Lebenszyklus weiterverarbeitet wird. Es kann darum mit einer entsprechenden „Gutschrift“ verrechnet werden, welche die mögliche Weiternutzung der gebundenen Energie abbildet. Die Lebenszyklusphase der Entsorgung (und ggf. der Gutschrift) ist jedoch nicht Teil der Betrachtung in diesem Projekt.

Abbildung 35: Absoluter kumulierter Energieaufwand in GJ nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik im Baseline-Szenario bis 2030 am Beispiel der Kommune A

Kummulierter Energiebedarf [GJ] nach Materialkategorie für Gebäude, Infrastruktur und Haustechnik Baseline-Szenario Kommune A



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

4.3.6 Modellierter Flächenbedarf am Fallbeispiel der Kommune C

Neben den stofflichen Ressourcendimensionen an Material, Energie und Treibhausgasemissionen, die mit der Erstellung der geplanten Wohneinheiten bis zum Jahr 2030 verbunden sind, wird als weitere Ressource der Flächenbedarf innerhalb der vier Fallstudien untersucht. Dabei setzt sich der Flächenbedarf vor allem aus den Grundstücksflächen und den notwendigen Verkehrsflächen zusammen, die im Rahmen einzelner Strategieansätze noch zusätzlich zu den Wohngebäuden selbst errichtet werden müssen. Nicht berücksichtigt wurden technische oder soziale Infrastrukturen (wie Verteiler für Strom, Kindergärten etc.), die eventuell zusätzlich nötig werden könnten.

Wie aus den Annahmen der einzelnen Fallbeispiele (siehe Tabelle 3) abgeleitet werden kann, ist der Flächenverbrauch pro Wohneinheit für EFH wenig überraschend am höchsten und für MFH am geringsten. Allerdings wird ein zusätzlicher Flächenverbrauch nur für die Gebäude unterstellt, die im Rahmen der Strategie „Grüne Wiese“ neu errichtet werden. Für die anderen drei Strategieansätze wird hingegen angenommen, dass diese schon innerhalb von bestehenden Siedlungsstrukturen errichtet werden und diese Flächen schon zuvor als Siedlungs- bzw. Verkehrsflächen ausgewiesen waren, selbst wenn im Rahmen der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ Flächen durch neue Gebäude, Straßen und Wege überbaut und versiegelt werden.

Entsprechend hängt der Flächenverbrauch zum einen von der Zielgröße an Wohneinheiten ab, die in den vier Fallstudien bis zum Jahr 2030 geschaffen werden sollen. Weiterhin von der Gewichtung, die laut der jeweiligen Kommune die Strategie „Grünen Wiese“ haben soll und welche Bedeutung innerhalb der Strategie „Grüne Wiese“ hierbei die unterschiedlichen Gebäudetypen (d. h. EFH, RH, MFH) spielen.

Am Beispiel von Kommune C sollen bis zum Jahr 2030 von der Zielgröße 3.000 Wohneinheiten, im Baseline-Szenario 900 Wohneinheiten durch die Strategie „Grünen Wiese“ entstehen. Im

Ressourceneffizienz-Szenario sind es sogar 1.500 Wohneinheiten. Dabei geht die Kommune C davon aus, dass die Mehrzahl der Wohneinheiten innerhalb der Strategie „Grüne Wiese“ als MFH entstehen werden (540 der 900 bzw. 1.200 der 1.500 Wohneinheiten). Die restlichen Wohneinheiten (460 bzw. 300) sind als RH in den Szenarien modelliert. Mit anderen Worten: es entstehen in beiden Szenarien im Rahmen der Strategie „Grüne Wiese“ keine EFH mehr. Inklusiv der Verkehrsflächen ergibt diese Annahme einen reduzierten Flächenbedarf von 15,5 ha (Ressourceneffizienz-Szenario) gegenüber 23,1 ha (Baseline-Szenario). Obwohl im Ressourceneffizienz-Szenario mehr Wohneinheiten innerhalb der Strategie „Grüne Wiese“ entstehen sollen als im Baseline-Szenario, ist aufgrund der kompakteren Bauweise der MFH (höhere Anzahl an Etagen) und der schmalere Straßen und Wegen im Vergleich zum Baseline-Szenario der Flächenbedarf niedriger.

Um bildlich zu verdeutlichen was 15,5 ha bzw. 23,1 ha entsprechen, soll diese Zahl noch in Fußballfeldern ausgedrückt werden: Ein Fußballfeld mit den Maßen 68 m x 105 m ergibt eine Fläche von 0,741 ha. Entsprechend ergeben 15,5 ha eine Anzahl von 11,5 Fußballfeldern und 23,1 ha von ca. 17 Fußballfeldern, die durch die neu zu schaffenden Wohneinheiten in Kommune C im Rahmen der Strategie „Grüne Wiese“ zusätzlich bis zum Jahr 2030 benötigt würden.

4.3.7 Einfluss verschiedener Stellschrauben auf die Szenarien

Aus den vorgestellten Ergebnissen der Modellierung ergeben sich verschiedene Stellschrauben zur Beeinflussung der Ressourcen- und Flächeneffizienz. Da die unterschiedlichen Annahmen entsprechend der lokalspezifischen Rahmenbedingungen eine variable Gewichtung der modellierten Szenarien ergeben, werden im Folgenden einzelne Annahmen genauer betrachtet, um einschätzen zu können wie sehr sich diese auf die Ressourcennutzung in den Szenarien auswirken können.

4.3.7.1 Unterkellerung, Tiefgarage und Parkfläche

Ob ein Keller oder eine Tiefgarage gebaut wird, hängt von dem individuellen Wunsch des Bauherrn/der Bauherrin ab. In den Modellhäusern der vier Fallstudien verursachen Keller und/oder Tiefgarage etwa 25 % bis 35 % des Gesamtmaterialbedarf eines Hauses. Entsprechend hat die Wahl ob unterkellert wird oder ob das (Mehrfamilien-)Haus eine Tiefgarage besitzt einen hohen Einfluss auf den Materialbedarf und damit die Umweltauswirkungen. Gleichzeitig muss jedoch in Betracht gezogen werden, dass ein Verzicht auf Unterkellerung bzw. Tiefgaragen anderweitig zusätzlichen Flächenbedarf für Abstellräume oder Parkmöglichkeiten verursacht, welche ebenfalls mit entsprechenden Material- und Flächenbedarfen einhergehen können. Hier kann der Materialbedarf jedoch gezielt gesteuert werden, bspw. wenn im städtebaulichen Konzept kleinere Flächen zum Abstellen vorgesehen werden.

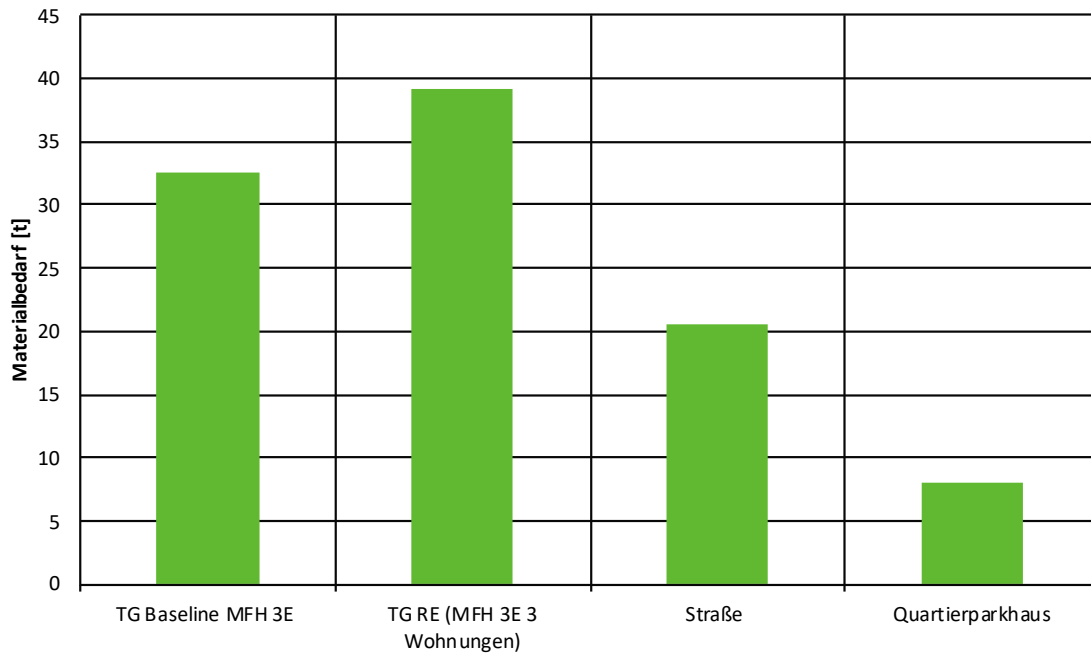
Wird anstelle einer Tiefgarage ein Quartierparkhaus gebaut, das in der von uns verwendeten Konstruktionsweise rückbaubar, wiederverwendbar und auch erweiterbar ist, dann sinkt der Materialbedarf pro Stellplatz im Gegensatz zu den Tiefgaragen um etwa 70 % bis 80 % (siehe Abbildung 36). Wenn der Materialbedarf der Tiefgarage mit Stellplätzen über zusätzlichen Parkstreifen entlang der Straße verglichen wird, ergeben Parkstreifen eine Einsparung um etwa 35 % bis 45 % je Stellplatz. Jedoch kann dies je nach städtebaulicher Ausgestaltung mit einer zusätzlichen Flächeninanspruchnahme verbunden sein, wenn es sich nicht um bereits vorgenutzte Flächen handelt.

Im Gegensatz dazu bietet ein Quartierparkhaus den Vorteil, dass es kompakt in die Höhe gebaut werden kann und somit mehr Parkplätze pro m² Grundfläche geschaffen werden können. Der Bedarf an Parkplätzen kann angepasst werden, indem die Module eines Quartierparkhauses,

wenn sie nicht mehr gebraucht werden, an anderer Stelle eingesetzt werden können, da ein nachhaltiges Quartierparkhaus im besten Falle modular aufgebaut ist.

Abbildung 36: Absoluter Materialverbrauch in t pro Stellplatzmöglichkeit

Materialverbrauch pro Stellplatz



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

4.3.7.2 Vertikale Nachverdichtung und Konversion / Umbau

Unter „Vertikaler Nachverdichtung“ wird in dieser Studie die Aufstockung von Mehrfamilien-Bestandsgebäuden um ein Stockwerk oder der Ausbau des Dachbodens in EFH, RH und MFH verstanden, sodass neuer Wohnraum durch Bestandserweiterung geschaffen wird. In den Szenarien geht der Dachausbau mit einer energetischen Modernisierung des Daches einher. Die Strategie „Konversion / Umbau“ beinhaltet neben der Änderung der Nutzungsform früherer Gebäude (bspw. Umwandlung von Kasernen oder stillgelegten Werkstätten und Fabriken in Wohngebäuden) auch den Umbau und Sanierung bestehender Gebäude, die zurzeit nicht mehr bewohnbar sind.

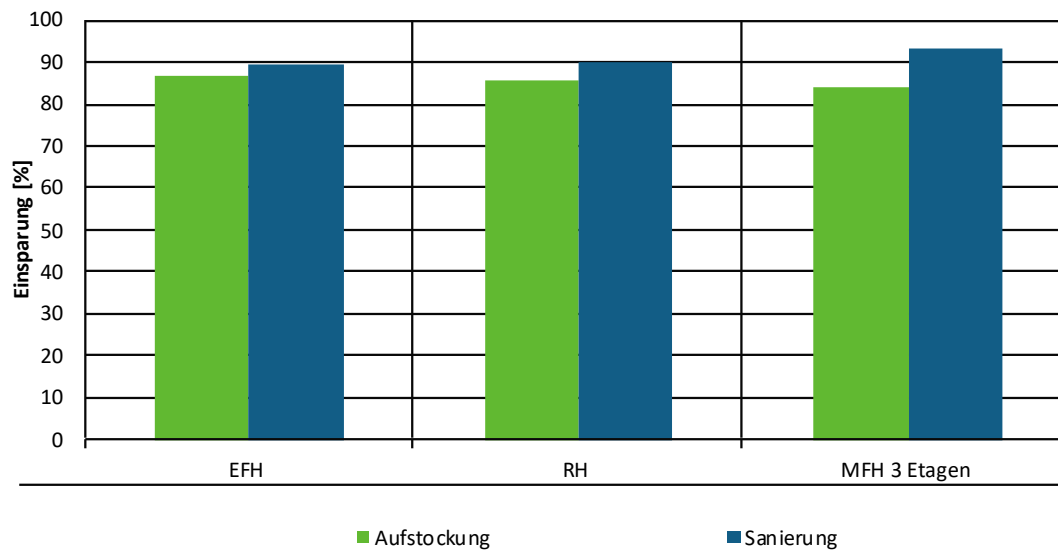
In beiden Fällen (Vertikale Nachverdichtung durch Aufstockung bzw. Dachausbau als auch Konversion / Umbau) wird gegenüber dem Neubau von Gebäuden viel Material eingespart werden, da materialintensive Bauteile wie zum Beispiel die Bodenplatte nicht neu gebaut werden müssen. Wird lediglich das Dach ausgebaut, kann in manchen Fällen die Struktur bestehen bleiben und es werden ggf. nur neue Fenster, eine bessere Dämmung, ein stabiler Boden, Innenwände und -türen eingebaut. Dieses wäre die zweit-ressourceneffizienteste Variante neben der Sanierung, um neuen Wohnraum zu schaffen. Allerdings zeigten die Diskussionen mit den Kommunen, dass hier aus unterschiedlichen Gründen (Statik, Eigentumsstruktur, Denkmalschutz) das Potential häufig gering ist. Bei der Sanierung von zuvor anderweitig genutzten Gebäuden wird die Dämmung ausgetauscht, neue Fenster eingebaut, und teilweise neue Innenwände und -türen eingezogen. In beiden Fällen können etwa 75 % bis 90 %

an Material im Gegensatz zu einem Neubau eingespart werden, wenn der Materialbedarf pro m² verglichen wird, zu sehen in Abbildung 37 und Abbildung 38.

Abbildung 37: Einsparung des Materialverbrauchs in Prozent im Vergleich Neubau zur Aufstockung und Neubau zur Sanierung pro m² im Baseline-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C

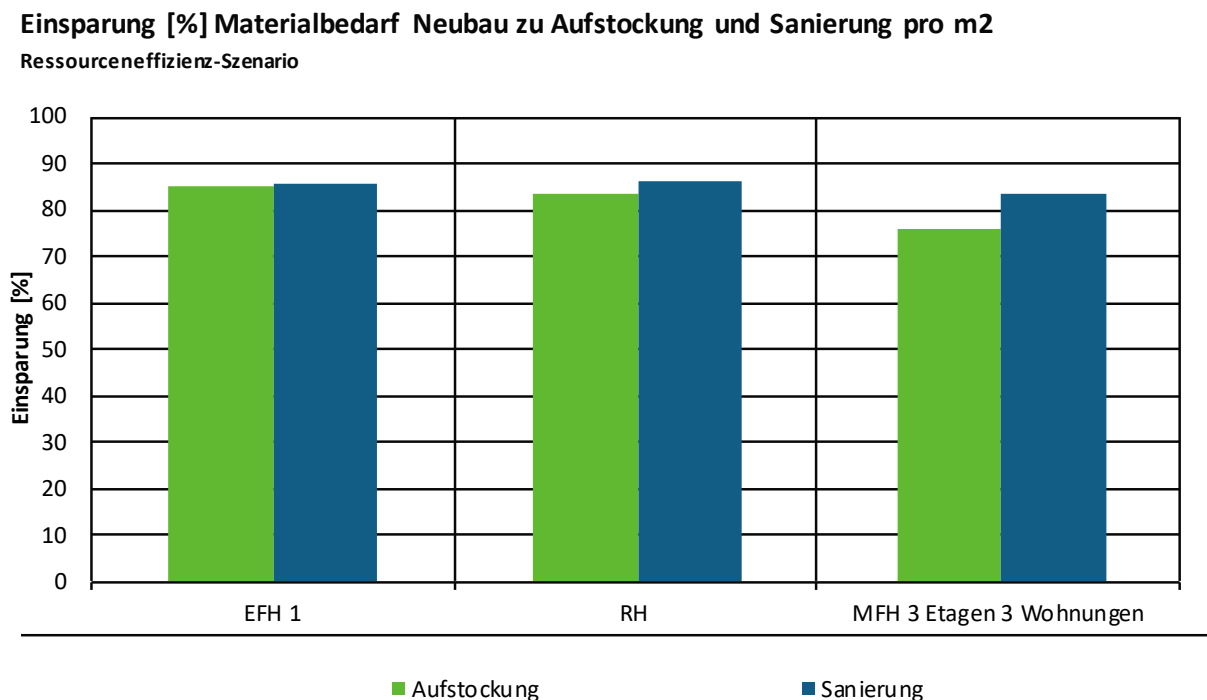
Einsparung [%] Materialbedarf Neubau zu Aufstockung und Sanierung pro m²

Baseline-Szenario



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Abbildung 38: Einsparung des Materialverbrauchs in Prozent im Vergleich Neubau zur Aufstockung und Neubau zur Sanierung pro m² links im Ressourceneffizient-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

Ein weiterer Vorteil von der vertikalen Nachverdichtung und der Sanierung ist, dass meistens keine neuen Verkehrsinfrastrukturen benötigt werden, da die neuen Wohneinheiten in bestehenden Siedlungsstrukturen entstehen. Auch dürften in der Regel die Anschlussleistungen der Ver- und Entsorgungsinfrastrukturen für die Nutzungsverdichtung ausreichen, da die Nutzungsdichten im Lauf der Jahre seit der Ersterrichtung gesunken sind (weniger Menschen leben in den bereits vorhandenen Wohnungen und der Wohnflächenkonsum ist im Durchschnitt gestiegen) und auch der Pro-Kopf-Wasserverbrauch und damit die Menge des anfallenden Abwassers ist in den letzten Jahren gesunken; dies sollte allerdings im Planungsverfahren konkret mit den Versorgungsträgern geprüft werden.

4.3.7.3 Gebäudetypen im Vergleich am Fallbeispiel der Kommune C

Für die Ergebnisse der Szenarien ist es nicht nur entscheidend, ob neue Wohneinheiten in Form von Neubau oder Aufstockung/Sanierung entstehen, sondern auch in welcher Form. Der konkrete Haustyp ist ebenso entscheidend wie der modellierte Aufbau (bspw. die Anzahl der Stockwerke für MFH) der Gebäudetypen. In Abbildung 39 ist der Unterschied im Materialbedarf pro m² Wohnfläche zwischen den verschiedenen Haustypen und der Unterschied zwischen den zwei Szenarien aufgezeigt.

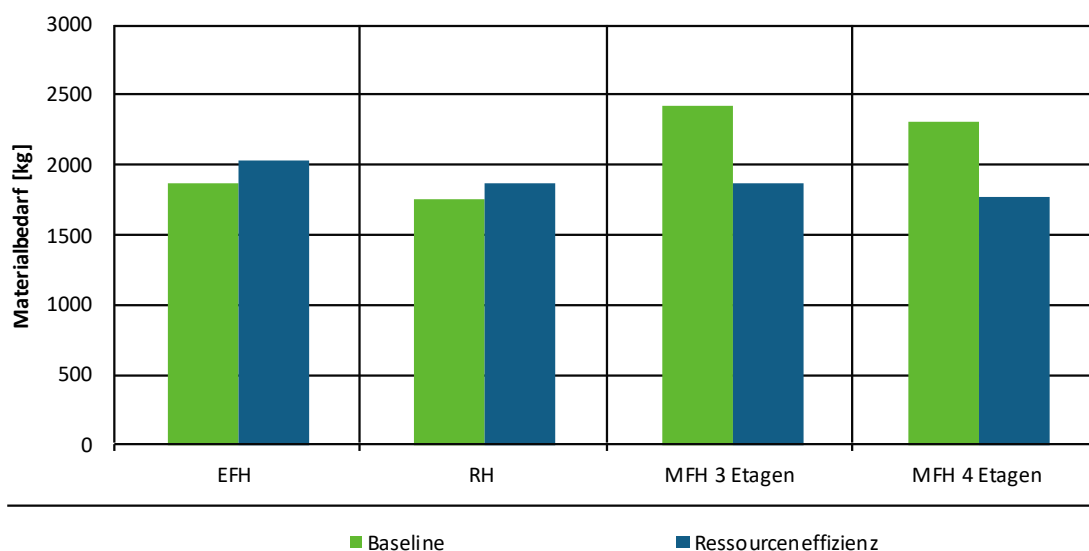
Im Baseline-Szenario sind die EFH und die RH im Vergleich pro m² Wohnfläche materialeffizienter als die zwei Varianten der MFH. Im Ressourceneffizienz-Szenario ist dies nicht der Fall. Hier hat das MFH pro m² Wohnfläche einen geringeren Materialverbrauch. Das scheinbar paradoxe Ergebnis des Baseline-Szenarios, dass MFH pro m² Wohnfläche einen

höheren Materialbedarf haben als EFH und Reihenhäuser kann auf die konkrete Bauweise der unterschiedlichen Gebäude und den Unterschieden zwischen den beiden Szenarien zurückgeführt werden: im Baseline-Szenario werden die MFH mit Tiefgaragen modelliert, im Ressourceneffizienz-Szenario hingegen nicht.

Zudem wurden reale Daten von durchgeführten Bauprojekten als Datengrundlagen verwendet (siehe Kapitel 4.2.1). Die Bauweisen der jeweiligen Gebäudetypen in den beiden Szenarien sind daher unterschiedlich, sowohl hinsichtlich der Baumaterialien als auch der Bauteildicken und damit unterschiedlichen Materialbedarfen für einzelnen Bauteile. Im Vergleich der MFH in den beiden Szenarien kommt als weiterer Faktor für die Unterschiede hinzu, dass im Ressourceneffizienz-Szenario mit geringeren Nichtwohnflächen (Treppenhäuser o.ä.) gerechnet wurde als im Baseline-Szenario. In Abbildung 39 ist zudem zu sehen, dass sowohl im Baseline- als auch im Ressourceneffizienz-Szenario der Materialbedarf sinkt, wenn eine Etage hinzugefügt wird. Das ist zum einen damit zu erklären, dass die Gebäude kompakter gebaut sind und ressourcenintensive Bauteile, wie bspw. die Bodenplatte, zwar stabiler sein müssen, sich das Gesamtgewicht aber trotzdem auf mehr m² Wohnfläche verteilt.

Abbildung 39: Vergleich des Materialbedarfs in kg pro m² der drei Haustypen ohne Keller und Tiefgarage im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario am Fallbeispiel der Kommune C

Vergleich Materialbedarf [kg] der Haustypen pro m² in den Szenarien ohne Keller und Tiefgarage



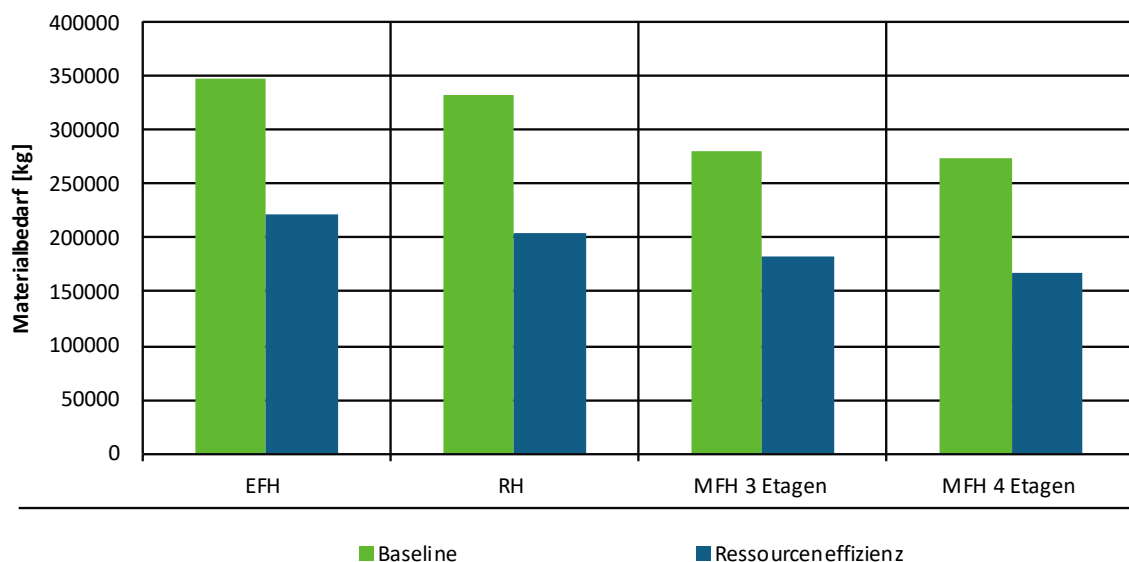
Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

In Abbildung 40 werden die Gebäudetypen nicht pro m² Wohnfläche verglichen, sondern pro Wohneinheit. Bei dieser Betrachtungsweise fließen neben den Unterschieden der Bauausführung auch die unterschiedlichen Wohnflächen pro Wohneinheit zwischen EFH, RH und MFH (siehe auch Annahmen in Tabelle 3) mit ein. Die beiden Szenarien in den vier Fallstudienkommunen hatten verschiedene Grundannahmen, die noch einmal lokalspezifisch angepasst wurden. Beim Baseline-Szenario wurden die EFH und RH mit einer Wohnfläche von 130 m² und einer Unterkellerung modelliert. Im Ressourceneffizienz-Szenario waren es

hingegen nur 110 m² Wohnfläche ohne zusätzliche Unterkellerung. Die MFH in den beiden Szenarien aus Abbildung 40 hatten sowohl im Baseline- als auch im Ressourceneffizienz-Szenario pro Etage drei Wohneinheiten von 108 m², 75 m² und 46 m². Für die Abbildung wurde die Durchschnittsgröße der drei Wohnungen des MFH als Wohneinheit abgebildet. Das MFH im Baseline-Szenario hat sowohl einen Keller als auch eine Tiefgarage, während das MFH im Ressourceneffizienz-Szenario nur unterkellert ist, jedoch keine Tiefgarage hat. In Abbildung 40 wird deutlich, dass die Größe der Wohneinheit für den Materialverbrauch pro Wohneinheit wie zu erwarten eine Rolle spielt. Während in Abbildung 39 das MFH im Baseline-Szenario pro m² einen höheren Materialbedarf aufweist als das EFH und RH ändert sich dies aufgrund der größeren Wohnfläche in EFH und RH pro Wohneinheit. Außerdem ist durch die Annahme der geringeren Wohnfläche im Ressourceneffizienz-Szenario der Unterschied zwischen beiden Szenarien in jedem Gebäudetyp nochmal deutlicher zu erkennen (siehe Abbildung 39 und Abbildung 40).

Abbildung 40: Vergleich des Materialbedarfs in kg pro Wohneinheit der drei Gebäudetypen mit den Annahmen der Szenarien im Baseline- und Ressourceneffizienz-Szenario am Fallbeispiel Kommune C

Vergleich Materialbedarf [kg] der Haustypen pro WE mit den Annahmen der Szenarien



Quelle: Eigene Darstellung, Wuppertal Institut.

4.3.8 Diskussion der Ergebnisse

Für die Modellierung der Szenarien in diesem Projekt wurden in jedem Szenario und für jeden Gebäudetyp jeweils nur eine spezifische Bauweise mit Bezug auf Daten von tatsächlich erstellten Wohngebäuden verwendet (siehe Abschnitt 4.2.1). Im Rahmen dieses Projektes war es zeitlich nicht möglich alternative Bauweisen innerhalb der beiden Szenarien zu berücksichtigen. Es liegen somit keine Information vor, ob und wie sich die Modellierungsergebnisse der beiden Szenarien verändern würden, wenn statt der Massivbauweise der spezifischen Gebäude, die hier für die Modellierung verwendet wurden, andere Gebäude mit anderen Konstruktionsweisen und

Materialzusammensetzungen (bspw. Leichtbauweise oder Holzständerbauweise) verwendet worden wären. Entsprechend sind die Ergebnisse der Modellierung im Kontext der verwendeten Datengrundlagen und getroffenen Annahmen zu bewerten.

In den vorherigen Kapiteln wurden die Ergebnisse der Modellierung des notwendigen Materialbedarfs für den zukünftigen Wohnraumbedarf für die vier Fallbeispielkommunen präsentiert. Auch wenn der Bedarf an zusätzlichem Wohnraum, ausgedrückt in zusätzlichen Wohneinheiten, als auch die verschiedenen Strategieansätze in ihrer Akzentuierung in den vier Fallbeispielen unterschiedlich sind, kann festgehalten werden, dass sich in allen vier Fallbeispielen aus der Modellierung teilweise gleiche Ergebnisse und Schlussfolgerungen ergeben. Dies liegt zum einen darin begründet, dass in allen vier Fallbeispielen die Gebäudemodellierung in beiden Szenarien grundsätzlich identisch ist und die von den Kommunen festgelegten Gewichtungen der vier Strategieansätze ebenfalls vergleichbar sind: so schätzten bspw. alle Kommunen das Potenzial zusätzlichen Wohnraum durch vertikale Nachverdichtung zu schaffen als gering ein. Zudem planen alle Kommunen in beiden Szenarien den Bedarf an neuen Wohnraum, der über einen Neubau auf der „Grünen Wiese“ oder durch horizontale Nachverdichtung entstehen soll, vor allem durch den Bau von MFH abzudecken. Daher sind die Ergebnisse der vorherigen Kapitel grundsätzlich für alle vier Fallstudien gültig, auch wenn sie in diesem Bericht exemplarisch immer nur jeweils anhand einer der vier Fallstudien vorgestellt wurden.

Insgesamt ist in den Ergebnissen der Modellierung der vier Fallstudien zu erkennen, dass das Ressourceneffizienz-Szenario, mit den Annahmen, die diesen Szenarien zugrunde liegen, in den absoluten Rohstoffmengen (siehe Abbildung 26 und Abbildung 27) und pro Wohneinheit (siehe Abbildung 25) besser abschneidet als das Baseline-Szenario. Dies trifft ebenfalls auf die Umweltindikatoren (siehe Abschnitt 4.3.5) zu. Die jeweilige Haushaltstechnik (siehe Abschnitt 4.3.3) fällt bei der Bewertung der Ergebnisse kaum ins Gewicht. Dabei ergeben sich die Vorteile des Ressourceneffizienz-Szenarios weniger aus einer ressourcenleichteren Bauweise der Gebäudehülle (in beiden Szenarien werden Bauweisen für Neubauten modelliert, die hohen Anteilen an Betonbauteilen vorsehen), sondern vielmehr durch 1) den Verzicht auf Tiefgaragen (in MFH) und Unterkellerung (in EFH und RH), 2) der geringeren Wohnfläche pro Wohneinheit und 3) einer höheren Anzahl an Stockwerken für MFH im Ressourceneffizienz-Szenario.

Ein weiterer Einflussfaktor für den Materialbedarf pro Wohneinheit ist die Frage, ob die Schaffung neuen Wohnraums mit zusätzlichen Verkehrsinfrastrukturen verbunden ist. Im Gebäudemodell ist der Materialbedarf des Neubaus der Wohngebäude (d. h. für EFH, RH oder MFH) in der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ identisch mit dem Neubau auf der „Grünen Wiese“. Durch den Bedarf an Verkehrsinfrastruktur steigt der gesamte Rohstoffbedarf für neue Wohneinheiten, die auf neu erschlossenen Siedlungsflächen gebaut werden aber noch einmal zum Teil deutlich an. Im Fallbeispiel Kommune B liegt der Materialbedarf pro Wohneinheit in EFH und RH für die Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ (d. h. ohne zusätzliche Verkehrsinfrastruktur) nur bei rund 61 % des vergleichbaren Materialbedarfs bei der Strategie „Grüne Wiese“. Für MFH verteilt sich der Aufwand für die zusätzliche Verkehrsinfrastruktur auf verschiedenen Wohneinheiten, so dass hier der Materialbedarf pro Wohneinheit innerhalb der Strategie „Horizontale Nachverdichtung“ nur 6 % geringer ist als bei der Strategie „Grüne Wiese“ (siehe Abbildung 25).

Die Ergebnisse zeigen zudem, dass mineralische Rohstoffe den größten Anteil an den verwendeten Baumaterialien haben, die derzeit im Hochbau nur zu einem sehr geringen Bestandteil aus Rezyklat bestehen oder Rezyklatbestandteile enthalten. Der Vergleich mit den anderen Umweltkategorien zeigt, dass die Bedeutung von Metallen zunimmt, wenn die vorgelagerten Produktionsketten oder die zu ihrer Herstellung notwendige Energie und den

damit verbundenen Treibhausgasemissionen mit in die Betrachtung einbezogen werden. Der hohe KEA-Anteil von Holz ist auf den hohen Energieanteil, der im Holz gespeichert ist, zurückzuführen. Die Verwendung von Holz als Baumaterial würde diese Energie (und die im Holz gebundenen THG-Emissionen) langfristig in Gebäuden speichern: Da Altholz heute vor allem thermisch verwertet wird, werden in Ökobilanzen diese gespeicherten Energiemengen im Holz und den im Holz gebundenen THG-Emissionen aber nicht dem Holz als „Gutschrift“ abgezogen. Trotzdem zeigt die Übersicht in Wolf et al. (2020), dass viele vergleichende Ökobilanzen von Gebäuden in unterschiedlichen Bauweisen zum Ergebnis kommen, dass Gebäude in Holzbauweise eine bessere Ökobilanz aufweisen als Gebäude in Massivbauweise.

In dieser Studie wurden lediglich die Lebenszyklusphasen A1-A3 einer Ökobilanz betrachtet. Damit wurde u. a. die Umweltwirkung der Transporte zur Baustelle (A4) und der Erstellungsphase der Wohneinheiten selbst (A5) nicht berücksichtigt. Ebenso die nachfolgenden Ökobilanzmodule B-D (siehe bspw. Wolf et al. 2020, Seite 145 ff. oder die Datenbank Ökobaumat⁴⁹). Um die Umweltwirkung unterschiedlicher Baumaterialien umfassend einschätzen zu können, wäre eine Erweiterung des Analyserasters um die fehlenden Module einer vollständigen Ökobilanz notwendig. Außerdem sollte auch berücksichtigt werden, wie hoch der Anteil an Recyclingmaterial in den Baumaterialien ist, wie häufig bestimmte Bauteile wie Dämmung innerhalb der langen Nutzungsdauer von Gebäuden ersetzt werden müssen und was am Ende der Nutzungsphase mit den Bau- und Abbruchabfällen geschieht. Neben diesen Fragestellungen, die in zukünftigen Forschungsprojekten mit aufgegriffen werden sollten, existiert ein weiterer Forschungsbedarf bei der Kombination von Szenarien mit zukünftigen Umweltbewertungen: Hier sollten vermehrt prospektive Ökobilanzen verwendet werden, die die zukünftigen Veränderungen der Produktionsprozesse (z.B. einer denkbaren Dekarbonisierung der Zementherstellung) für in der Zukunft zu errichtenden Gebäude aufgreifen sollten. In diesem Projekt wurden herkömmliche Ecoinvent-Prozess-Daten verwendet, die die heutige Produktionstechnologie von Baumaterialien abbilden.

Zusammenfassende Einschätzung

Weiterhin zeigen die Ergebnisse, dass der Materialverbrauch abhängig ist von verschiedenen Annahmen, die in den beiden Szenarien getroffen wurden. Wenn ein zuvor anderweitig genutztes Gebäude als Wohngebäude saniert, der Dachboden ausgebaut bzw. um ein Stockwerk aufgestockt wird, kann hiermit sehr materialeffizient neuer Wohnraum geschaffen werden. Damit sind die Strategien der Aufstockung und die Sanierung von Konversionsflächen innerhalb des Strategiemixes der beiden Szenarien die bevorzugte Lösung. Dagegen wäre die Strategie die „Grüne Wiese“ die materialintensivste Form neuen Wohnraum zu schaffen, da hier nicht nur komplett neue Gebäude gebaut werden müssen, sondern - wie gezeigt – der Neubau auch noch mit zusätzlich Verkehrsinfrastrukturen einhergeht.⁵⁰

Wenn neu gebaut werden soll, kann die Materialeffizienz erhöht werden, wenn auf einen Keller oder eine Tiefgarage verzichtet wird und stattdessen Parkmöglichkeiten über Quartiersparkhäuser geschaffen werden. Jedoch ist zu beachten, dass Kellerräume häufig für Haustechnik genutzt werden und beim Wegfall des Kellers der dafür notwendige Flächenbedarf

⁴⁹ <https://www.oekobaumat.de/>

⁵⁰ Im Folgenden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben erfolgte in Szenarien zur Innen- versus Außenentwicklung eine ökologische Bilanzierung der Errichtung zusätzlicher technischer Infrastrukturen. Konkret betrachtet wurden dabei Trinkwasserversorgung/Abwasserentsorgung, Nah-/Fernwärme/Kälte, Abfallentsorgung, Verkehr: Fahrbahnen und Geh-/Radwege
Urbane Wachstumsregionen: Potentiale der Innenentwicklung nutzen | Umweltbundesamt

zusätzlich oberirdisch zur Wohnfläche geschaffen werden muss und dies wieder zu einem zusätzlichen Flächen- und Materialverbrauch für die größere Gebäudehülle kommt.

Die Ergebnisse der Modellierung der Szenarien zeigen, dass MFH pro Wohneinheit ressourceneffizienter sind als EFH oder RH. Zum einen sind die Wohneinheiten im MFH kleiner sind als im Einfamilien- und Reihenhaus. Zum anderen verteilen sich im MFH die Materialaufwände für einzelne Bauteile der Gebäudehülle wie bspw. dem Dach auf verschiedenen Wohneinheiten. Wenn die Haustypen allerdings pro m² Wohnfläche verglichen werden sind die Ergebnisse nicht eindeutig und werden in den Fallstudien durch die Annahmen hinsichtlich der der Unterkellerung und Tiefgaragen der Modellhäuser beeinflusst.

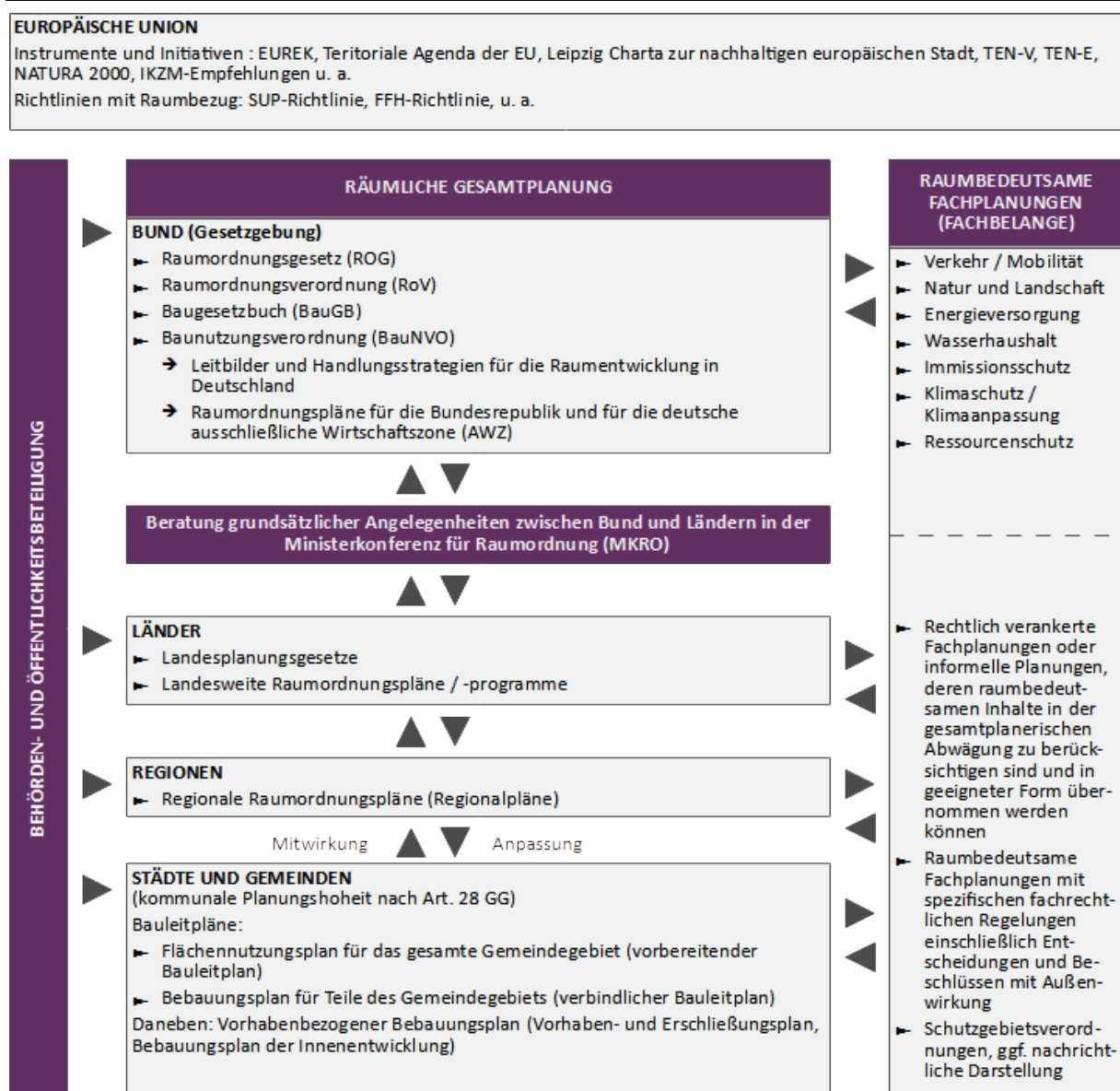
5 Ressourceneffizienz als strategisches Konzept und planerisches Ziel der Stadtentwicklung: Analyse bestehender planerischer Instrumente zur Steuerung von Ressourceneffizienz

Wachsende Städte und Regionen befinden sich in einem Spannungsfeld unterschiedlicher Zielanforderungen: Klimaschutzziele und die Notwendigkeit, Maßnahmen zur Anpassung an die Folgen des Klimawandels umzusetzen, Flächenschutzziele und Vorgaben zum Umweltschutz auf der einen Seite und auf der anderen Seite die Notwendigkeit für die Bevölkerung vor Ort ebenso wie für neu Zuwandernde angemessene Wohnangebote und alle damit zusammenhängenden notwendigen Angebote der Versorgung zu entwickeln. Im Folgenden werden bestehende (Planungs-)Instrumente analysiert, inwiefern sie eine ressourceneffiziente Steuerung der städtischen Entwicklung ermöglichen bzw. sich dafür nutzen lassen.

Zur Umsetzung der programmatischen Ziele und Strategien (siehe Kapitel 1.1) einer nachhaltigen ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung steht der Stadt die Anwendung der informellen und formalen Planungsinstrumente und -werkzeuge zur Gestaltung von planerischen Lösungen und Genehmigungen zur Wohnraumschaffung auf regionaler und kommunaler Ebene offen. Mit ihrer Anwendung lässt sich der mit der Siedlungsentwicklung verbundene Ressourcen- und Materialverbrauch bei der Realisierung der Planungen wie auch der zukünftigen Nutzung deutlich beeinflussen.

Während die Raumordnung insbesondere den räumlichen Rahmen für die Siedlungs- und Freiraumentwicklung aufspannt, nimmt die kommunale Bauleitplanung durch ihre Darstellung der Grundzüge der Planung im Flächennutzungsplan und die Festsetzung der konkreten städtebaulichen Ordnung in den Bebauungsplänen erheblich größeren Einfluss auf den konkreten Ressourcenverbrauch durch Flächennutzung, Materialeinsatz und den im Rahmen der Ausübung der baulichen Nutzung erfolgenden Verbrauch von Energie und Wasser und das Abfallaufkommen.

Abbildung 41: Das System der räumlichen Gesamtplanung



Elemente der räumlichen Gesamtplanung mit Umweltbezug (Auswahl)

- Auftrag an die räumliche Gesamtplanung (Raumordnung und Bauleitplanung), zum Schutz der Umwelt beizutragen
 - Konkretisierung der rechtlich verankerten Leit- und Grundsätze durch raumordnerische Festlegung (bspw. Siedlungsbereiche) sowie durch bauleitplanerische Darstellungen und Festsetzungen (bspw. Bauflächen, Baudichten, unbebaute Flächen und ihre Nutzung)
 - Abwägungsgebot: Einstellung der relevanten Umweltbelange in die planerische Abwägung mit dem ihrer Bedeutung entsprechendem Gewicht
- Raumordnungsverfahren, Raumverträglichkeitsprüfung: Bindungswirkungen, Raumordnungs- /-Städtebauklauseln
- Instrumente zur Vorbereitung und Verwirklichung von Plänen, wie regionale und städtebauliche Entwicklungskonzepte, Netzwerke, Kooperationsstrukturen und Managementprozesse (bspw. Regionale und interkommunale Mobilitätskonzepte oder Siedlungsentwicklungskonzepte)

Prüf- und Regelungsinstrumente einer umweltvorsorgenden Planung:

- Strategische Umweltprüfung (SUP) von Plänen und Programmen
- FFH-Verträglichkeitsprüfung, artenschutzrechtliche Prüfung, Eingriffsregelung in der Bauleitplanung
- Beachtung umweltfachrechtlicher Regelungen, die nicht der planerischen Abwägung unterliegen, in allen Planungen

Quelle: Hülsmann 2007/2014 in (Ahlhelm et al. 2014, S. 115)

5.1 Raumordnung und Regionalplanung

Den Rahmen für die Regionalplanung bildet das Bundes-Raumordnungsgesetz ROG. Das ROG formuliert die Leitvorstellungen für die Entwicklung des Gesamtraums der Bundesrepublik Deutschland (§1 ROG) und konkretisiert diese durch die Grundsätze der Raumordnung (§2 ROG). Die Umsetzung der Ziele der Raumordnung obliegt den Ländern, in denen Landesentwicklungspläne (landesweite Raumordnungspläne) für den Gesamtraum und Regionalpläne für Teilgebiete aufzustellen sind (§13 Abs. 1 ROG).

Die Raumordnung adressiert zwei Aspekte der Ressourcennutzung: die Gewinnung von natürlichen Ressourcen einerseits und den Verbrauch von Ressourcen andererseits. Der Begriff der Ressource ist im ROG allerdings nicht eindeutig definiert, sondern sehr umfassend zu betrachten (Roßnagel und Hentschel 2017, 48 ff.). An dieser Stelle interessiert allerdings vor allem die Frage der Steuerung des Ressourcenverbrauchs durch Siedlungstätigkeit. Insofern werden die Regelungsmöglichkeiten zur Sicherung und Gewinnung von natürlichen Ressourcen an dieser Stelle nicht berücksichtigt.

Die Frage des Ressourcenverbrauchs spiegelt sich in der Leitvorstellung der Raumordnung einer nachhaltigen Raumentwicklung wider, die die sozialen und wirtschaftlichen Ansprüche an den Raum mit seinen ökologischen Funktionen in Einklang zu bringen hat (§1 Abs. 2 ROG). In den Grundsätzen der Raumordnung wird diese Leitvorstellung neben vielen anderen anhand folgender Anforderungen und Planungsleitbildern konkretisiert:

- ▶ Schutz des Freiraums durch übergreifende Freiraum-, Siedlungs- und weitere Fachplanungen,
- ▶ Begrenzung der Flächeninanspruchnahme im Freiraum durch die Verringerung der erstmaligen Inanspruchnahme von Freiflächen für Siedlungs- und Verkehrszwecke, insbesondere durch quantifizierte Vorgaben zur Verringerung der Flächeninanspruchnahme sowie durch die vorrangige Ausschöpfung der Potenziale für die Wiedernutzbarmachung von Flächen, für die Nachverdichtung und für andere Maßnahmen zur Innenentwicklung der Städte und Gemeinden sowie zur Entwicklung vorhandener Verkehrsflächen (§2 Abs. 2 Nr. 6 ROG),
- ▶ räumliche Konzentration der Siedlungstätigkeit, vorrangig auf vorhandene Siedlungen mit ausreichender Infrastruktur und auf zentrale Orte,
- ▶ Schaffung der räumlichen Voraussetzungen für nachhaltige Mobilität und ein integriertes Verkehrssystem und Verringerung der Verkehrsbelastung und Vermeidung von zusätzlichem Verkehr durch eine verkehrsvermeidende Gestaltung der Raumstrukturen,
- ▶ Berücksichtigung der räumlichen Erfordernisse für eine kostengünstige, sichere und umweltverträgliche Energieversorgung einschließlich des Ausbaus von Energienetzen,
- ▶ Berücksichtigung der räumlichen Erfordernisse des Klimaschutzes, sowohl durch Maßnahmen, die dem Klimawandel entgegenwirken, als auch durch solche, die der Anpassung an den Klimawandel dienen. Dabei sind die räumlichen Voraussetzungen für den Ausbau der erneuerbaren Energien, für eine sparsame Energienutzung sowie für den Erhalt und die Entwicklung natürlicher Senken für klimaschädliche Stoffe und für die Einlagerung dieser Stoffe zu schaffen,
- ▶ Umfassende Grundsätze zur Vermeidung, Minderung und ggf. zum Ausgleich von Eingriffen in den Naturhaushalt.

Leitvorstellung und Grundsatz beinhalten zwei Grundgedanken der räumlichen Entwicklung: die ausgeglichene und die nachhaltige Entwicklung. Beides fußt auf der schonenden Nutzung der vorhandenen Ressourcen (Stichworte sind bspw. Nachhaltigkeit, Verantwortung für zukünftige Generationen). Sie sollen auch späteren Generationen zur Verfügung stehen und ihre Nutzung soll allen gleichermaßen zu Gute kommen, ohne eine Gruppe, einen Belang, einen Teilraum etc. übermäßig zu bevorzugen oder zu benachteiligen.

Bei der Erstellung von Raumentwicklungsplänen sind regionale Entwicklungskonzepte und Bedarfsprognosen der Landes- und Regionalplanung einzubeziehen (§2 Abs. 2 Nr. 1 ROG), die Ziele und Grundsätze sind durch Festlegungen in Raumordnungsplänen zu konkretisieren (§2 Abs. 1 ROG). Bei der Steuerung der Raumnutzungen sind sowohl die Gegebenheiten und Erfordernisse des Gesamtraums als auch seiner Teilräume zu berücksichtigen (Gegenstromprinzip) (§1 Abs. 3 ROG).

Für die Aufstellung der Raumordnungspläne und Regionalpläne stellt das ROG mit den Zielen und den Grundsätzen zwei Typen von planerischen Instrumenten vor, die sich in ihrer Steuerungswirkung unterscheiden (Forschungsprojekt KlimREG für die Praxis u. a. 2016, 16). Während den Zielen der Raumordnung aufgrund der Beachtens-Pflicht in §4 Abs. 1 ROG und fachgesetzlicher Raumordnungsklauseln im Sinne von §4 Abs. 1 Satz 3 ROG allgemein eine hohe Steuerungswirksamkeit bescheinigt wird, unterliegen die planerischen Grundsätze der Abwägung. Diese erfordern daher zumindest die Berücksichtigung in nachfolgenden Planungsebenen. Für die Umsetzung von Zielen und Grundsätzen zur Raumentwicklung stehen zudem unterschiedliche Gebietstypen zur Verfügung, die zur Steuerung der räumlichen Nutzung oder Maßnahme angewendet werden können:

- Das Vorranggebiet (§7 Abs. 3 Nr. 1 ROG) ist für bestimmte, raumbedeutsame Funktionen oder Nutzungen vorgesehen und schließt andere raumbedeutsame Nutzungen auf diesem Gebiet aus, soweit diese mit den vorrangigen Funktionen oder Nutzungen der Raumordnung nicht vereinbar sind.
- Das Vorbehaltsgebiet (§7 Abs. 3 Nr. 2 ROG) legt bestimmten, raumbedeutsamen Funktionen oder Nutzungen bei der Abwägung mit konkurrierenden raumbedeutsamen Nutzungen ein besonderes Gewicht bei.
- Das Eignungsgebiet (§7 Abs. 3 Nr. 3 ROG) ist für bestimmte, raumbedeutsame Maßnahmen geeignet, die städtebaulich nach §35 BauGB zu beurteilen sind und an anderer Stelle im Planungsraum ausgeschlossen werden.
- Das Vorranggebiet mit der Wirkung eines Eignungsgebiets (§7 Abs. 3 Satz 3 ROG) kann einer raumbedeutsamen Nutzung den Vorrang gegenüber anderen Nutzungen in einem Gebiet einräumen und zugleich eine Ausschlusswirkung für diese Nutzung an anderen Stellen im Planungsraum erreichen.

Die räumliche Umsetzung der Leitvorstellungen und Grundsätze erfolgt gemäß §13 ROG durch die Festlegung der Raumstruktur in landesweiten Raumordnungsplänen, Regionalplänen und regionalen Flächennutzungsplänen; räumliche und sachliche Teilpläne sind möglich (§7 Abs. 1 ROG). In den Raumordnungsplänen sollen die Festlegungen zur Raumstruktur enthalten sein, insbesondere zur anzustrebenden Siedlungsstruktur, Freiraumstruktur sowie den zu sichernden Standorten und Trassen für Infrastruktur (§13 Abs. 5 Nr. 1 bis 3 ROG):

Tabelle 4: Festlegungen zur Raumstruktur in Raumordnungsplänen

Nr.	Festlegungen zur Raumstruktur in Raumordnungsplänen ...	Dazu können gehören ...
1.	... zur anzustrebenden Siedlungsstruktur	a) Raumkategorien, b) Zentrale Orte, c) besondere Gemeindefunktionen wie Entwicklungsschwerpunkte und Entlastungsorte, d) Siedlungsentwicklungen, e) Achsen;
2.	... zur anzustrebenden Freiraumstruktur	a) großräumig übergreifende Freiräume und Freiraumschutz, b) Nutzungen im Freiraum wie Standorte für die vorsorgende Sicherung sowie die geordnete Aufsuchung und Gewinnung von standortgebundenen Rohstoffen, c) Sanierung und Entwicklung von Raumfunktionen, d) Freiräume zur Gewährleistung des vorbeugenden Hochwasserschutzes;
3.	... zu sichernden Standorten und Trassen für Infrastruktur	a) Verkehrsinfrastruktur und Umschlaganlagen von Gütern, b) Ver- und Entsorgungsinfrastruktur einschließlich Energieleitungen und -anlagen.

Quelle: Eigene Darstellung nach §13 Abs. 5 Nr. 1 bis 3 ROG

Bei der Aufstellung der Raumordnungspläne ist gem. §8 ROG eine Umweltprüfung durchzuführen und die Ergebnisse in einem Umweltbericht gem. Anlage 2 zum ROG niederzulegen. Inhaltlich entspricht die Umweltprüfung für Raumordnungspläne der Umweltprüfung für Bauleitpläne, die im folgenden Abschnitt dargestellt wird.

Eine Untersuchung von vier Fallbeispielen der Regionalplanung (Domhardt et al. 2021a, S. 296 ff.) identifiziert eine Reihe von Potenzialen und Hemmnissen zur Umsetzung von kompakten, umweltverträglichen Siedlungsstrukturen:

Tabelle 5: Potenziale und Hemmnisse zur Umsetzung von kompakten, umweltverträglichen Siedlungsstrukturen

Potenziale bei der Umsetzung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext	Hemmnisse bei der Umsetzung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext
Regionalplanelemente und unterstützende Instrumente zur Entwicklung von kompakten, umweltverträglichen Siedlungsstrukturen	Konkretisierungsbedarf von Planelementen und konsequenter Instrumenteneinsatz

Potenziale bei der Umsetzung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext	Hemmnisse bei der Umsetzung kompakter, umweltverträglicher Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext
Problembewusstsein und Engagement bei Planerinnen und Planern	Fehlendes Bewusstsein bei Bevölkerung, Unternehmen und Politik
Günstige Organisationsformen, Zuständigkeiten und Verfahrensregelungen	Rechtliche und strukturelle Schranken

Quelle: Eigene Darstellung nach Domhardt et al. 2021a, S. 296 ff.

5.2 Kommunale Steuerungsinstrumente

Ihre administrative und rechtsverbindliche Umsetzung erfahren vorbereitende, häufig informelle Planungsinstrumente auf gesamtstädtischer Ebene in den Darstellungen zur Siedlungsflächenentwicklung im Flächennutzungsplan sowie auf teilräumlicher Ebene in den rechtsverbindlichen Festsetzungen im Rahmen der Bebauungsplanung. Verfahrensmäßig sind darin strategische Umweltprüfungen und Umweltverträglichkeitsprüfungen integriert.

Das Besondere Städtebaurecht, u. a. mit den Instrumenten der Städtebaulichen Sanierungsmaßnahme und Stadtumbaumaßnahme, bietet ergänzende Ansatzpunkte zur Steuerung der Entwicklung im Siedlungsbestand und zur Umsetzung von Ressourcenschutzstrategien, bspw. aufgrund der Erhaltung und Erneuerung bestehender Bausubstanz und der Verbesserung der energetischen Eigenschaften des Baubestandes.

Weitergehende Regelungsmöglichkeiten bieten städtebauliche Verträge zur Durchführung von Bebauungsplänen, vorhabenbezogene Bebauungspläne und andere städtebauliche Maßnahmen des BauGB sowie – sofern die Stadt Grundstückseigentümerin ist – Kaufvertragsregelungen und Erbbaurechtsverträge.

Diese Planungsinstrumente verfügen über teilweise hohe Potenziale für die ressourcenschonende Siedlungsentwicklung und ihre Umsetzung. Daneben stehen allerdings auch Stadtentwicklungsprozesse, die sich kaum planerisch steuern lassen (bzw. die aus verschiedenen Gründen nicht gesteuert werden). Insbesondere stellen privatwirtschaftlich organisierte Bauprozesse im unbeplanten Siedlungsbestand im Sinne von §34 BauGB die Kommunen vor große Herausforderungen, sofern sie versuchen, diese planerisch zu steuern. Gleichwohl verfügen Kommunen auch für diese Prozesse prinzipiell über die Planungshoheit.

Nicht zuletzt bestehen Zielkonflikte zwischen umweltfachlichen Anforderungen und einer ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung, die planerisch zu bewältigen sind. In den Fallstudien wird bspw. häufig ein Zielkonflikt zwischen der Nachverdichtung des Siedlungskörpers und der ausreichenden Grünflächen- und Freiraumversorgung der Bevölkerung genannt.

In diesen Fällen lassen sich Lösungen durch Anwendung der Prinzipien Vermeidung – Minderung – Ausgleich – Kompensation finden:

- Verhinderung der Nachverdichtung in bereits hochverdichteten Quartieren und Lenkung von Verdichtungsprozessen auf gering verdichtete bzw. ineffizient genutzte Quartiere (Vermeidung),

- ▶ Festsetzung von Höchstgrenzen der Verdichtung nach Art und Maß der Bebauung unter Wahrung des Vorrangs der vertikalen vor der horizontalen Verdichtung (Minderung),
- ▶ verpflichtende Begrünung von Grundstücksfreiflächen, Fassaden, Dachflächen (Ausgleich) und
- ▶ Schaffung von grünen Aufenthaltsräumen im öffentlichen Raum (Kompensation).

Begünstigt werden Konfliktlösungen, sofern diese möglichst frühzeitig im Planungsprozess identifiziert und benannt werden, denn dann besteht die Chance, diese auch im planerischen Entwurfsprozess berücksichtigen zu können.

5.2.1 Baugesetzbuch

Gemäß Artikel 28 Grundgesetz üben die Gemeinden Deutschlands im Rahmen der Gesetze die Planungshoheit über die Entwicklung des Gemeindegebietes aus. Den gesetzlichen Rahmen bilden das Baugesetzbuch und die nachfolgende untergesetzliche Regelungen Baunutzungsverordnung, die die materielle Planausgestaltung konkretisiert.

Der Aufgabe der Bauleitplanung folgend, „die bauliche und sonstige Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde nach Maßgabe dieses Gesetzbuchs vorzubereiten und zu leiten“ (§1 Abs. 1 BauGB) adressieren die verfahrensmäßigen und materiellen Regelungsmöglichkeiten insbesondere die Steuerung der Bodennutzung. Im Baugesetzbuch sind in §1 Abs. 5 eine Reihe von Planungsleitlinien als Anforderungen an den Planungsprozess formuliert, die die Gemeinden dazu auffordern, sich mit bestimmten Fragen der schonenden Ressourcennutzung auseinanderzusetzen, die direkt oder indirekt mit der Art und der Intensität der Flächennutzung zusammenhängen:

- ▶ nachhaltige städtebauliche Entwicklung auch in Verantwortung gegenüber künftigen Generationen
- ▶ eine dem Wohl der Allgemeinheit dienende sozialgerechte Bodennutzung unter Berücksichtigung der Wohnbedürfnisse der Bevölkerung
- ▶ Sicherung einer menschenwürdigen Umwelt
- ▶ Schutz und Entwicklung der natürlichen Lebensgrundlagen
- ▶ Förderung von Klimaschutz und Klimaanpassung, insbesondere auch in der Stadtentwicklung
- ▶ Vorrang von Maßnahmen der Innenentwicklung

Diese Planungsleitlinien sind im Rahmen der kommunalen Bauleitplanung zu berücksichtigen und werden durch den Katalog der Belange in §1 Abs. 6 BauGB) weiter konkretisiert.

Die Auseinandersetzung mit diesen und den übrigen, in §§1 und 2 BauGB genannten Belangen ist im Aufstellungsverfahren des Bauleitplans entsprechend des Standes des Verfahrens in einer Begründung und die Auseinandersetzung mit den spezifischen Umweltbelangen gem. §§1 Abs. 6 Nr. 7 und 1a BauGB in einer Umweltprüfung in einem Umweltbericht gem. §2a BauGB niederzulegen; der Umweltbericht wiederum richtet sich nach den Anforderungen der Anlage 1 zum BauGB⁵¹.

⁵¹ Anlage 1 zum BauGB siehe https://www.gesetze-im-internet.de/bbaug/anlage_1.html

Das BauGB stellt vor diesem Hintergrund (und weiteren Anforderungen an die Prozessgestaltung) Ansprüche an die materielle Ausarbeitung der Bauleitpläne. Ressourcen sind vor dem Hintergrund der umfangreichen Auflistung von Planungsgrundsätzen und der zu beachtenden Belange nur ein Aspekt unter vielen.⁵² Allerdings erhalten die Umweltbelange durch die Hervorhebung in §1a BauGB und den Umweltbericht ein besonderes Gewicht im Planungsprozess. Und die Anforderungen an die Umweltprüfung, nicht nur die erheblichen Umweltauswirkungen zu beschreiben, sondern auch die Maßnahmen zur Vermeidung, Minderung, Verringerung und den Ausgleich konkret zu benennen, die ergriffen wurden, erfordert einen iterativen, die Planung im Hinblick auf die erheblicher Umweltwirkungen optimierenden Planungsprozess. Damit ist die Verfolgung der eigentlichen Planungsziele (bspw. Schaffung von Wohnraum oder Gewerbeflächen) ebenso wenig ausgeschlossen wie mögliche Auswirkungen, sie erfordert allerdings eine gute städtebauliche und architektonische Gestaltung und ggf. den Ausgleich der dennoch von der Gemeinde für vertretbar gehaltenen erheblichen Umweltauswirkungen.

Die §§5 und 9 BauGB regeln die materielle Planausgestaltung durch die Darstellung der „sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung nach den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde in den Grundzügen“ für das ganze Gemeindegebiet (§5 Abs. 1 BauGB) im Flächennutzungsplan, bzw. die rechtsverbindlichen Festsetzungen für die städtebauliche Ordnung in den teilräumlichen Bebauungsplänen (§8 BauGB). Beide Planarten bieten vielfältige Möglichkeiten, Fragen der Ressourcennutzung und des Ressourcenverbrauchs durch spezifische städtebauliche Festlegungen zu beeinflussen und zu steuern⁵³.

Die Festsetzungsmöglichkeiten für Bebauungspläne sind gem. §9 BauGB abschließend festgelegt, während die Darstellungsmöglichkeiten im Flächennutzungsplan gem. §5 BauGB erweitert werden können, soweit dies für die städtebauliche Entwicklung notwendig ist und die Darstellungen in nachfolgenden Planungs- und Entscheidungsschritten auch umgesetzt werden können.

Die rechtsverbindliche Umsetzung einer ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung in der Bebauungsplanung ist generell an die städtebauliche Erforderlichkeit der Maßnahmen, an den abschließenden Festsetzungskatalog des §9 Abs. 1 BauGB und an den Abwägungsvorbehalt des §1 Abs. 7 BauGB gebunden. Damit ist die Verwendung von aus Sicht des Ressourcenschutzes wünschenswerten Bauprodukten und Bauarten auf der Grundlage der Festsetzungsmöglichkeiten nach §9 Abs. 1 BauGB nicht möglich.

Darüber hinaus ermöglicht das Bundesrecht den Gemeinden die Übernahme von Regelungen gemeindlicher Satzungen auf der Grundlage des Bauordnungsrechtes als Festsetzungen in den Bebauungsplan (§9 Abs. 4 BauGB). Die Landesbauordnungen haben in unterschiedlicher Weise bauaufsichtliche Regelungen über die Verwendung von Baustoffen und Baukonstruktionen erlassen. Seit einigen Jahren wurden dabei die Bemühungen verstärkt, neue, ressourcen- und klimaschonende Baumaterialien und Baukonstruktionen zu entwickeln, zu erproben und für die breite Anwendung einzuführen. Insbesondere werden Regelungen für den Holzbau entwickelt und zunehmend technische Anwendungsregelungen eingeführt.⁵⁴

⁵² Im Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Evaluierung der praktischen Anwendung der neuen Regelungen der BauGB-Novellen 2011/2013 zur Förderung einer klimagerechten und flächensparenden Siedlungsentwicklung durch die kommunale Bauleitplanung anhand von Fallstudien“ (FKZ 3716 15 101 0) werden materiell-rechtliche Aspekte mit Fokus auf die integrierte Betrachtung der Handlungsfelder Klimaschutz, Klimaanpassung vertieft untersucht:
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/evaluierung-der-praktischen-anwendung-der-neuen>

⁵³ Siehe hierzu auch die „Toolbox“ im Anhang des Berichts

⁵⁴ Deutsches Institut für Bautechnik: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL) <https://www.dibt.de/de/aktuelles/meldungen/nachricht-detail/meldung/muster-richtlinie-ueber-brandschutztechnische-anforderungen-an-bauteile-und-aussenwandbekleidungen-in->

Erweiterte Regelungsmöglichkeiten gegenüber den Festsetzungen des Bebauungsplans bietet der Städtebauliche Vertrag gemäß §11 BauGB über die Vorbereitung oder Durchführung städtebaulicher Maßnahmen durch eine:n Vertragspartner:in auf eigene Kosten, wobei die Verantwortung der Gemeinde für das gesetzlich vorgesehene Planaufstellungsverfahren unberührt bleibt. Ziel des Vertrags ist die Förderung und Sicherung der mit der Bauleitplanung verfolgten Ziele, insbesondere die Grundstücksnutzung sowie ausdrücklich entsprechend den mit den städtebaulichen Planungen und Maßnahmen verfolgten Zielen und Zwecken die Errichtung und Nutzung von Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung und die Anforderungen an die energetische Qualität von Gebäuden. Voraussetzung für die Gültigkeit derartiger Vertragsregelungen ist, dass die vereinbarten Leistungen den gesamten Umständen nach angemessen sein müssen.

Ein städtebaulicher Vertrag kann überdies nur abgeschlossen werden, wenn noch kein Anspruch auf Erteilung der Baugenehmigung besteht (§11 Abs. 2 Satz 2 BauGB). Deshalb muss der Vertrag, soweit er im Zusammenhang mit der Aufstellung eines Bebauungsplans steht, vor der endgültigen Beschlussfassung (des Gemeinde-/Stadtrates) über den Bebauungsplan (Satzungsbeschluss) verbindlich abgeschlossen sein.

Weitergehende Möglichkeiten, Zielsetzungen des Ressourcenschutzes öffentlich-rechtlich oder privatrechtlich abzusichern und umzusetzen zeigt die folgende Tabelle 6.

Tabelle 6: Ausgewählte Maßnahmen des ressourcenschonend orientierten Bauens im öffentlich-rechtlichen und privatrechtlichen Vertragsrecht

Maßnahmen	Regelungsgrundlage
Außenanlagen, Freiflächengestaltung Gestaltung privater Verkehrsanlagen, Flächen für das Parken von Fahrzeugen Größe und Gestaltung von Terrassen Materialwahl Außenanlagen, Einfriedungen o.ä.	Gestaltungssatzung, Bebauungsplan-Festsetzung Gestaltungssatzung Gestaltungssatzung
Bauliche Anlagen Verwendung bestimmter Baustoffe Verwendung von Baustoffen aus Recyclingmaterialien/mit Umweltgütezeichen Transport von Bodenaushub, ggf. Vermeidung Verwendung von Holzfenstern, Tonziegeln, Lehmbauweise, Gründächern u.a.m. Verwendung umweltverträglicher Dämm- und Dichtstoffe Verwendung von rückführbaren Baumaterialien Anforderungen an den Wärmeschutz Anforderungen an Dachformen, Wintergärten Ausschluss von PVC-Fenstern, PVC-Fußbodenbelägen, PVC-Abwasserleitungen Anforderungen an schadstoffarme/-freie Innenausbaustoffe	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge Gestaltungssatzung Gestaltungssatzung, städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge Gestaltungssatzung, städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge, Bebauungsplan-Festsetzung städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge

Quelle: Eigene Darstellung BKR Aachen auf Basis von (Bunzel und Hinzen 2000, 162)

5.2.2 Baunutzungsverordnung

Die materielle Planausgestaltung auf Grundlage der §§5 und 9 BauGB ist in der Baunutzungsverordnung gem. §9a BauGB konkretisiert; sie umfasst Vorschriften zu den Darstellungen und Festsetzungen in den Bauleitplänen über die Art der baulichen Nutzung, das Maß der baulichen Nutzung und seine Berechnung, die Bauweise sowie die überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen, die in den Baugebieten zulässigen baulichen und sonstigen Anlagen, sowie die Zulässigkeit der Festsetzung von Höhenlagen nach Maßgabe des §9 Abs. 3 BauGB.

Mit Hilfe dieser Vorschriften lässt sich die Nutzung und die Bebauung der Grundstücke im Rahmen dieser Regelungen recht genau bestimmen und rechtsverbindlich festsetzen. Insbesondere besteht die Möglichkeit, Baugebiete hinsichtlich der Art der baulichen Nutzung und der Art der Betriebe und Anlagen zu gliedern (§1 Abs. 4 BauNVO). Auch kann im Bebauungsplan festgesetzt werden, dass bestimmte Arten von Nutzungen, die nach den §§2 bis 9 sowie 13 und 13a allgemein zulässig sind, nicht zulässig sind oder nur ausnahmsweise zugelassen werden können, sofern die allgemeine Zweckbestimmung des Baugebiets gewahrt bleibt. Des Weiteren kann festgesetzt werden, dass alle oder einzelne Ausnahmen, die in den Baugebieten nach den §§2 bis 9 vorgesehen sind, nicht Bestandteil des Bebauungsplans werden oder in dem Baugebiet allgemein zulässig sind, sofern die allgemeine Zweckbestimmung des Baugebiets gewahrt bleibt (§1 Abs. 5 BauNVO). Die Festsetzungen können auch für bestimmte Geschosse, Ebenen oder sonstigen Teilen baulicher Anlagen festgesetzt werden, wenn besondere städtebauliche Gründe dies rechtfertigen. Diese Möglichkeiten zur Feinsteuerung der Art der baulichen Nutzungen und der Art der Betriebe und Anlagen haben große Bedeutung hinsichtlich der Vermeidung und Minderung der möglichen erheblichen Umweltauswirkungen eines Vorhabens.

Neben der Art der baulichen Nutzung ist insbesondere auch die Festsetzung des Maßes der baulichen Nutzung eine effektive Steuerungsmöglichkeit für den Ressourcenverbrauch eines Vorhabens, vor allem soweit es die Inanspruchnahme von Boden und Fläche und die Intensität bzw. Effizienz einer Flächennutzung betrifft. Das Maß der baulichen Nutzung (§16 Abs. 1 BauNVO) kann im Bebauungsplan bestimmt werden durch Festsetzung

- ▶ der Grundflächenzahl oder der Größe der Grundflächen der baulichen Anlagen,
- ▶ der Geschossflächenzahl oder der Größe der Geschossfläche, der Baumassenzahl oder der Baumasse,
- ▶ der Zahl der Vollgeschosse,
- ▶ der Höhe baulicher Anlagen.

Für das Maß der baulichen Nutzung definiert die Baunutzungsverordnung Orientierungswerte (§17 BauNVO). Im Bebauungsplan kann durch Festsetzung das Höchstmaß der baulichen Nutzung festgesetzt werden (§16 Abs. 4 BauNVO).

Weitere Festsetzungsmöglichkeiten bestehen in der Festsetzung der Bauweise als offene oder geschlossenen Bauweise (§22 BauNVO) und der Festsetzung der überbaubaren Grundstücksfläche durch die Festsetzung von Baulinien, Baugrenzen oder Bebauungstiefen (§23 BauNVO). In den nicht überbaubaren Grundstücksflächen können – aus städtebaulichen Gründen – Nebenanlagen zugelassen oder auch ausgeschlossen werden, etwa um Niederschlagswasserversickerung zu ermöglichen oder Abflusswege für extremen Niederschlag als Notwasserweg freizuhalten.

5.3 Fachrechtliche Regelungen und fachliche Konzepte/Strategien

Den Zielen, dem Klimawandel⁵⁵ Einhalt zu gebieten und sich den damit einhergehenden Veränderungen der Umwelt anzupassen und daneben auch die Zunahme der Siedlungs- und Verkehrsfläche⁵⁶ zu reduzieren und mittelfristig zu einer Flächenkreislaufwirtschaft zu kommen, haben sich bereits die gesetzgebenden Organe aller Aktionsebenen gewidmet. Eine zunehmend bedeutende Rolle spielen dabei neben dem „klassischen“ Planungsrecht mit seinen wesentlichen Grundlagen im Raumordnungsgesetz und Baugesetzbuch die Maßgaben des Fachrechts (Energiefachrecht⁵⁷, Wasserrecht⁵⁸, Naturschutzrecht (insbesondere auch die Anwendung der Eingriffs- und Ausgleichsregelungen gemäß §1a Abs. 3 BauGB), Bodenrecht⁵⁹). Eine vertiefte Analyse ist nicht Bestandteil des Projektes

5.4 Informelle Steuerungsinstrumente

In ihrer vorbereitenden Funktion für formale Planungsprozesse aber auch eigenständig daneben stehen informelle städtebauliche Planungsinstrumente, wie bspw. regionale und interkommunale Wohn- und Gewerbeflächenkonzepte, gesamtstädtische und teilräumliche Stadtentwicklungspläne oder (Integrierte) Stadtentwicklungskonzepte. Derartige Planungsinstrumente können eine große Steuerungswirkung gegenüber der formalen städtebaulichen Planung gemäß BauGB entfalten, sofern sie gemäß §1 Abs. 6 Nr. 11 BauGB von der Gemeinde förmlich beschlossen worden sind.

Großen Einfluss auf die konkrete Ausgestaltung von Bauvorhaben können Städtebauliche Wettbewerbe sowie Konzeptvergaben für die Nutzung von Grundstücken haben. Durch fachlich begründete Vorgaben – vorrangig auf der Basis von Fachplanungen und anderen städtebaulichen Planungen – bieten sie die (den Entwurfsverfassern) Chance, bereits im Entwurfsprozess durch gute Planung Lösungen für eine nachhaltige ressourcenschonende Baugestaltung zu entwickeln: es wird vermieden, diese erst im weiteren Planungsprozess als externe Anforderung in Gestaltungsentwürfe einbringen zu müssen, was mit (großen) Problemen und Widerständen verbunden sein kann.

Daneben sind die (umwelt-)fachlichen Planungen und Entwicklungskonzepte wie bspw. Landschaftspläne, Umweltleitpläne, Freiraumentwicklungskonzepte, Klimaschutz- und Klimaanpassungskonzepte, wasserwirtschaftliche Planungen u.v.m. zu beachten. Diese leisten einerseits potenziell synergetische Beiträge zur ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung,

⁵⁵ Siehe zum Stand des Klimawandels und den gesellschaftlichen Anpassungsbemühungen Monitoringbericht 2019 zur Deutschen Anpassungsstrategie an den Klimawandel <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltbundesamt-2019-monitoringbericht-2019-zur>

⁵⁶ Zu den Zielen der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie zur Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrsfläche siehe Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Weiterentwicklung 2021 <https://www.bmu.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung>

⁵⁷ Regelungen zum Gebäudeenergiebedarf gemäß Gesetz zur Einsparung von Energie und zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärme- und Kälteerzeugung in Gebäuden* (Gebäudeenergiegesetz - GEG) vom 8. August 2020 (BGBl. I S. 1728), das durch Artikel 18a des Gesetzes vom 20. Juli 2022 (BGBl. I S. 1237) geändert worden ist, und zur Wärmeversorgung von Bestandsgebäuden siehe Umweltbundesamt 2020: Ein neuer Weg zu effizienten Wärmenetzen mit Niedertemperaturwärmeströmen. Ein Leitfaden für Kommunen <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/niedertemperaturwaerme-kommunenleitfaden>

⁵⁸ Siehe zu Informationen zum Zustand der Gewässer, zu den Herausforderungen und Anforderungen für die Wasserwirtschaft und den Gewässerschutz sowie zu Wassernutzungen in anderen Sektoren im Rahmen der Nationalen Wasserstrategie UBA Texte 86/2021 Ausgewählte Fachinformationen zur Nationalen Wasserstrategie https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2021-06-03_texte_86-2021_fachinformation_wasserstrategie_0.pdf

⁵⁹ Schutz des Bodens vor Inanspruchnahme durch bauliche Nutzungen gemäß §1a Abs. 2 BauGB sowie Wiederherstellung von Bodenfunktionen im besiedelten Bereich, siehe bspw. Umweltbundesamt (2020): Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bessere-nutzung-von-entsiegelungspotenzialen-zur>

setzen andererseits die fachrechtlichen Anforderungen an die Umweltentwicklung im Bereich Wasser, Boden, Biotop- und Artenschutz, Klima, Lufthygiene und Lärm um.

6 Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche der Ressourceneffizienz

Aus der Analyse von Trends und Umweltwirkungen im Zusammenhang von demographischem Wandel und Ressourcenverbräuchen in wachsenden Stadtregionen lassen sich aus der Literatursauswertung, den Fallstudien und den durchgeführten Workshops, aber auch aus der vorhandenen Planungspraxis eine Reihe von Ziel- und Strategiebereichen identifizieren, die Kommunen und Regionen zumindest teilweise die Möglichkeit der Steuerung eröffnen. Dabei kann zwischen Handlungsansätzen zur Beeinflussung der treibenden Kräfte des demografischen Wandels und Wachstums (Drivers) einerseits und Handlungsansätzen zur Beeinflussung der Umweltwirkungen des Siedlungswachstums (Pressures) andererseits unterschieden werden (siehe hierzu Kapitel 2). Einen Überblick über die Handlungsansätze und Strategiebereiche gibt die folgende Abbildung 42, die im nachfolgenden Text näher erläutert werden. Instrumentell bietet das vorhandene Bauplanungs- und Bauordnungsrecht eine Fülle an Regelungsmöglichkeiten, mit denen diese Handlungsansätze und Handlungsmöglichkeiten praktisch in konkreten Planungsvorhaben umgesetzt werden können; Kapitel B bietet eine Übersicht zu den entsprechenden rechtlichen Regelungen und zu ergänzenden (informellen) Instrumenten, die den hier im Folgenden vorgestellten Handlungsansätzen und Strategiebereichen zugeordnet sind.

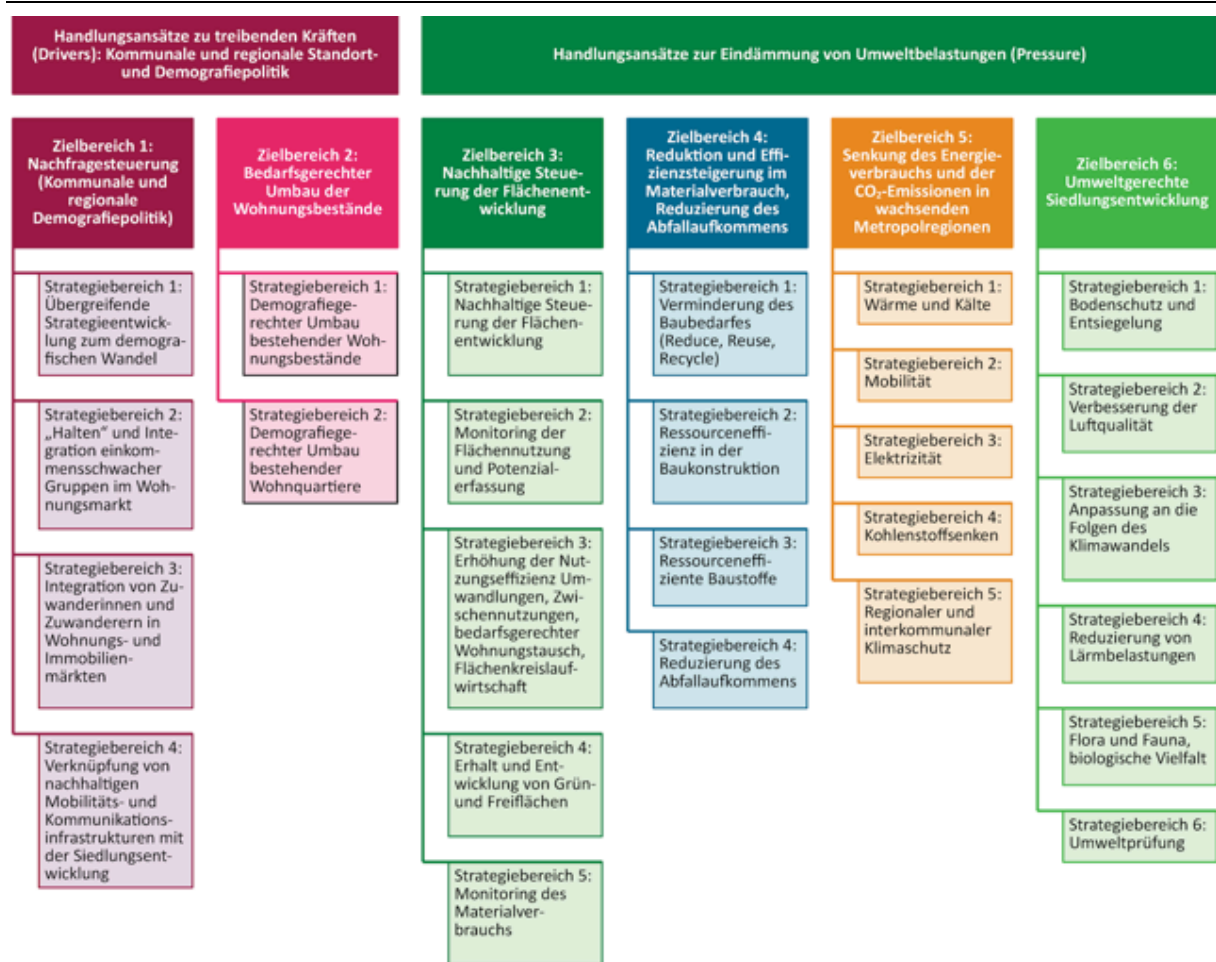
Die Realisierung einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung basiert auf zwei unterschiedlichen Handlungsansätzen: Der erste Handlungsansatz adressiert die treibenden Kräfte der Wohnungsmarktentwicklung durch die unterschiedlichen Dimensionen der Bevölkerungsentwicklung, also ob und wie die Nachfrage nach Wohnraum beeinflusst werden kann, die durch die Netto-Zuwanderung einerseits und die strukturellen Dynamiken der Bevölkerungsentwicklung (Altersstruktur, Haushaltsentwicklung) andererseits bestimmt wird:

1. Steuerung der Wohnungsnachfrage im regionalen und überregionalen Kontext
2. Strategien, Werkzeuge und Instrumente zur Schaffung von bedarfsgerechten Wohnraumangeboten im Siedlungsbestand

Der zweite Handlungsansatz bezieht sich darauf, wie die Nachfrage nach Wohnraum und anderen Nutzungsbereichen nachhaltig und umweltverträglich unter besonderer Berücksichtigung des Ressourcenschutzes befriedigt werden kann:

3. Nachhaltige Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in einem Stadtgebiet
4. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung
5. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine klimaschonende Siedlungsentwicklung
6. Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine umweltgerechte Siedlungsentwicklung

Abbildung 42: Handlungsansätze, Ziel- und Strategiebereiche einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung



Quelle: Eigene Abbildung (BKR Aachen, Wuppertal Institut)

6.1 Handlungsansätze zu treibenden Kräften (Drivers): Regionale und kommunale Standort- und Demografiepolitik

Auf der Ebene der Länder hatten bereits 2005/2006 die meisten Bundesländer Strategien zum demografischen Wandel ausformuliert (BBSR 2006). Ein besonderer Schwerpunkt lag dabei auf Handlungsansätzen der Landes- und Regionalplanung. Dies umfasste u. a. Anpassungen des jeweiligen Zentrale-Orte Systems und informelle Kooperationen. Auf der Grundlage der Analyse formeller Pläne und Programme der Landesplanungen sowie Pläne aus 24 ausgewählten Planungsregionen ergab dabei, dass

- ▶ die Träger der Regionalplanung sich insbesondere auf Information, Sensibilisierung, Empfehlungen sowie die Initiierung und Umsetzung von modellhaften Ansätzen zum demographischen Wandel konzentrieren,
- ▶ die Landes- und Regionalplanung auf einen Mix bewährter Strategieelemente zurückgreift und diese auf die neuen demographischen Rahmenbedingungen ausrichtet.

Dieser Mix umfasst u. a. die Anpassung und Neuausrichtung des Zentrale-Orte-Systems zur Konzentration der Siedlungsentwicklung, der infrastrukturellen Angebote und der regionalen Wirtschaftskraft. Darüber hinaus ist eine fachliche Diskussion mit Kommunen erforderlich, wie eine mögliche Einschränkung der Siedlungstätigkeit außerhalb der Zentralen Orte mit Hilfe von

Wohnbedarfsrichtwerten unter Berücksichtigung des Prinzips der Eigenentwicklung realisiert werden kann.

Als „indirekte“ Ressourcenpolitik hat sich in Kommunen und Regionen selber die Demografiepolitik als ein querschnittsorientiertes Handlungsfeld erst spät herausgebildet (Naegele et al. 2008). Erste vom BBSR finanzierte Forschungsarbeiten zielten allerdings weniger auf den demografischen Wandel in wachsenden Metropolregionen, sondern in eher auf den Wandel in ländlichen Regionen, die von natürlicher Alterung und Schrumpfung in besonderem Maße betroffen sind bzw. sein werden. Sogenannte Masterpläne Daseinsvorsorge (Dehne 2012) sollten ausgewählten Modellregionen helfen, die kommunalen Verwaltungen für das Themenfeld des demografischen Wandels zu sensibilisieren und Handlungskapazitäten zu entwickeln. Die in sieben Modellregionen mit 17 Kreisen entwickelten Masterpläne legten ein besonderes Augenmerk auf die Erstellung kleinräumlicher Bevölkerungsprognosen mit den damit verbundenen langfristigen Anpassungen der sozialen Infrastrukturen (Gesundheit, Bildung, Versorgung, Kultur).

6.1.1 Zielbereich 1: Steuerung der Wohnungsnachfrage im regionalen und überregionalen Kontext – Standortbestimmung von arbeitsplatzintensiven öffentlichen Infrastrukturen

Aus **planerischer Perspektive** lassen sich drei zentrale rechtliche Instrumente zur Steuerung der Flächeninanspruchnahme auf regionaler und kommunaler Ebene ableiten: Die Raumordnung und Regionalplanung, die Flächennutzungsplanung und die Bebauungsplanung, die in die Raumordnung auf Bundes- und Landesebene eingebettet sind.

Nach Tomerius und Frick (2009, 22) kommt der Regionalplanung „für die Erarbeitung sowohl der Zielwerte und der Strategien bzgl. der Reduzierung der Flächeninanspruchnahme sowie deren Umsetzung eine zentrale Rolle zu“ (hierzu auch Kapitel 5.1). Auf kommunaler Ebene ist dann die Bauleitplanung durch den Flächennutzungs- und den Bebauungsplan das Kerninstrument für die lokale Steuerung von Flächeninanspruchnahme und „Schnittstelle zwischen (...) übergeordneten um im Allgemeininteresse stehenden Zielvorstellungen der Raumordnung einerseits und teilträumlich bzw. lokalen Betroffenheiten andererseits“ (Tomerius und Frick 2009, 23). Daneben existieren eine Reihe von informellen Instrumenten und Ansätze zur Ausrichtung dieser Planungsinstrumente auf ein nachhaltiges und strategisches Flächenmanagement (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.1 und 5.2.2).

Grundsätzlich lassen sich folgende Strategien zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme für Siedlungs- und Verkehrszwecke benennen:

- **bedarfsgerechte** Entwicklung neuer Wohnbau-, Gewerbe- und anderer Flächen,
- Berücksichtigung **kompakter und flächeneffizienter Bauweisen**,
- stärkere Orientierung zur **Innenentwicklung**, vor allem durch Nachverdichtung, Nachnutzung leerstehender Gebäude sowie Wiedernutzung brachgefallener Siedlungsflächen,
- Berücksichtigung der Anforderungen an die **„Doppelte Innenentwicklung“**,
- **Sanierung und Erneuerung** von kommunalen Infrastrukturen im Bestand.

Die Kommunen stehen somit vor der vorrangigen Aufgabe, die Bedarfe an Flächen für Wohnen, Gewerbe, Infrastrukturen und Dienstleistungen, Frei- und Erholungsflächen durch Bauen im Bestand und die qualitätvolle Weiterentwicklung der bestehenden Siedlungsflächen zu erfüllen.

Voraussetzung für die notwendige integrative Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung ist die Kenntnis der absehbaren Bedarfe für die unterschiedlichen Nutzungsansprüche einerseits und die Potenziale und Eignungen der vorhandenen Flächen und ihrer derzeitigen Nutzung andererseits.

Eine besondere Rolle kommt dabei der **Innenentwicklung** zu, deren Zugänge sich folgendermaßen differenzieren lassen:

- ▶ **Nachverdichtung** von Siedlungsstrukturen durch das Schließen von Baulücken, durch Blockrandbebauung, durch das Aufstocken von vorhandenen Gebäuden (vertikale Verdichtung), durch Abriss- und Neubau oder durch die Hinterlandbebauung. Nachverdichtung bedeutet in vielen Fällen allerdings auch eine weitergehende Versiegelung von Böden mit potenziellen negativen Folgen für Luftqualität und Stadtklima, vor allem, sofern die Verdichtungsmaßnahmen vorrangig unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten gestaltet werden. Daher wurde die Diskussion um die kompakte Stadt um das qualitative Element von Frei- und Grünflächenerhaltung erweitert und wird oft unter dem Stichwort „doppelte Innenverdichtung“ geführt (Böhm u. a. 2016; Reißmann und Buchert 2018; Schultz 2018).
- ▶ **Umbau** des Wohnungsbestandes zur Anpassung an neue Bedarfsstrukturen. Sowohl die Vergrößerung von Wohnungen durch Zusammenlegung als auch die Verkleinerung durch Teilung sind Handlungsansätze im Geschosswohnungsbau, für die es seit vielen Jahren Beispiele gibt. Relativ neu ist der Ansatz, bestehende Ein- und Zwei-Familienhäuser, insbesondere aus den 1950er- bis in die 1980er-Jahren und bis heute, die sich im Eigentumsübergang befinden, zum Gegenstand von Umbaustrategien zu machen, um durch behutsame Erweiterung und Teilung neuen Wohnraum zu schaffen (bspw. deutscher Beitrag zur Architekturbiennale 2012 ‚Reduce / Reuse / Recycle‘, Projekt Hausaufgaben im Rahmen des NRW-Förderprogramms Regionale 2016 ZukunftsLAND).
- ▶ **Wiedernutzung** (industrieller) Brachflächen und das Flächenrecycling⁶⁰. Hierbei entstehen allerdings mitunter hohe Kosten für die Kommunen in Folge von Wiederaufbereitung und Nutzbarmachung stark belasteter Böden (Deutscher Städtetag 2014)
- ▶ **Umnutzung**/Nutzungskonversion bestehenden, leerstehenden Gebäudebestands (bspw. Gewerberaum in Wohnraum).
- ▶ **Mehrfachnutzung** von Flächen und Gebäuden bzw. die zeitliche und räumlich Nutzungsschichtung.

Mit der Nachverdichtung ist aber die Herausforderung verbunden, die gegebene Nutzungsmischung zu wahren bzw. weiter auszubauen. Leerstands- und Flächenmanagement, der strategische Grundstückserwerb oder vorbereitende Baupotenzialuntersuchungen für untergenutzte Flächen sind hierfür ein wichtiger Handlungsansatz (BBSR 2007).

In seinem Positionspapier von 2014 reflektiert der Deutsche Städtetag unterschiedliche Lösungsansätze im urbanen Raum und plädiert für ein **strategisches Flächenmanagement** als integralem Steuerungsansatz (Deutscher Städtetag 2014):

- ▶ Das Monitoring von Flächen in einem umfassenden *Flächeninformationssystem*, das zudem integraler Bestandteil eines gesamtstädtischen Stadtentwicklungsmonitorings sein kann

⁶⁰ weiterführender Link: [Flächenrecycling und Innenentwicklung | Umweltbundesamt](#)

- Ein *operatives Flächenentwicklungsmanagement* als Alternative zur klassischen Baulandentwicklung für die aktive Flächenentwicklung im Bestand (bspw. das gebietsbezogene Projektmanagement der Landeshauptstadt Stuttgart)

Darüber hinaus erörtert der Deutsche Städtetag die Thematik einer verbesserten Flächenverfügbarkeit im Positionspapier „Neuausrichtung der Wohnungs- und Baulandpolitik“ (Deutscher Städtetag, 2017).

Übergreifende Handlungsempfehlungen zur klimagerechten Siedlungsentwicklung (Frerichs et al. 2022) lassen sich daher auch in dem gegebenen Kontext anwenden:

- Formulierung von übergreifenden Leitbildern und Zielen der Stadtentwicklung
- Angemessene und problemspezifische Auswahl von Instrumenten und Werkzeugen
- Schaffung von Organisationsstrukturen
- Beratung, Qualifizierung und Wissenstransfer
- Beteiligung und Information von Zielgruppen
- Integrierte Herangehensweise
- Sicherstellung der Datenverfügbarkeit und Datenmanagement
- Interkommunale Zusammenarbeit
- Aufbau einer vorausschauenden Bodenpolitik und Liegenschaftsverwaltung

Ein bisher nur in Modellprojekten und Planspielen erprobtes Instrument ist der **Flächenhandel** bzw. der **Handel mit Flächenzertifikaten**. Ein Modellprojekt zeigte bspw., dass ein Flächenhandelssystem durchaus in der Lage ist, den Flächenverbrauch in Städten effektiv zu verringern (vgl. Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V. 2016). Die gegebenen überörtlichen Mengenvorgaben konnten die Städte und Gemeinden durch den Kauf und Verkauf von Zertifikaten flexibel vor Ort umsetzen. Im Ergebnis stärkt ein Flächenhandel die Innenentwicklung und aktiviert die Bodenmärkte. Insbesondere konnte der Flächen(zertifikate)handel den Flächenverbrauch im Außenbereich um fast die Hälfte reduzieren. Und die Nutzung von Potenzialen der Innenentwicklung – Brachen und Baulücken – konnten die im Feldexperiment vollzogenen Einsparungen im Außenbereich vollständig ersetzen. Dies bedeutet auch, dass Kommunen durch die Innenentwicklung auf Projekte mit negativem Fiskalwert im Außenbereich verzichten können.⁶¹

6.1.1.1 Strategiebereich 1: Strategieentwicklung und Planungs- und Entscheidungskultur⁶²

Wachsende Kommunen mit anhaltendem und hohem Bevölkerungszuwachs stehen vor der Herausforderung, sowohl die Versorgung der Bevölkerung mit Wohn- und Freiraum als auch die Versorgung der Wirtschaft mit Gewerbe- und Industrieflächen umwelt- und sozialverträglich zu gewährleisten. Die damit verbundenen Wachstumsprozesse sind zwangsläufig mit einer Erhöhung des Ressourcenverbrauchs verbunden, der sich auf zwei Ebenen manifestiert:

⁶¹ Portal zum Flächensparen <https://www.aktion-flaeche.de> Zuletzt abgerufen 13.05.2022

⁶² Weiterführende Information zum Thema Planungskultur: siehe Frerichs et al. 2022, S. 120/121

- ▶ Zum einen verbraucht das Siedlungsflächenwachstum im Außenbereich wie auch im Innenbereich (durch bestimmte Nachverdichtungsprozesse), u. a. aufgrund der erforderlichen Flächen und Materialien für Infrastrukturen und Gebäude,
- ▶ zum anderen ist die Nutzung der neu entwickelten Flächen und Gebäude sowie die dazugehörigen Infrastrukturen durch den dauerhaften Verbrauch von Ressourcen wie Wasser, Strom und Wärme gekennzeichnet: Beide angesprochenen Aspekte haben weitere (z. T. auch erhebliche) Auswirkungen auf die Umwelt insgesamt, wie bspw. den Boden, den Naturhaushalt, das (Stadt)Klima etc.

Wie hoch der Ressourcenverbrauch durch die Siedlungsentwicklung und die anschließende Nutzungsphase und wie groß der damit einhergehende Eingriff in die Umwelt tatsächlich ist, hängt entscheidend von den verfolgten Zielen und Strategien sowie der Gestaltung des Prozesses der Siedlungsentwicklung und seiner materiellen Umsetzung in die kommunalen Planungen und Entscheidungen ab, was sich anhand der folgenden Checkliste überprüfen lässt.

Checkliste Ressourcennutzung in der Siedlungsentwicklung

- ▶ Wie hoch ist die absehbare Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung, wie wird sich die Bevölkerung hinsichtlich ihrer (Alters-)Struktur verändern?
- ▶ Wie hoch ist die damit verbundene Nachfrage nach Wohnungen, Grün- und Freiflächen, Gemeinbedarfseinrichtungen, Infrastrukturen, Ausbildungs- und Arbeitsplätzen, Gewerbe- und Industrieflächen?
- ▶ Was sind die Treiber der Bevölkerungsentwicklung und wie lassen sie sich beeinflussen und steuern, bspw. auf regionaler Ebene?
- ▶ Entwicklungsstrategie: Welche grundsätzlichen Strategien zur Befriedigung der hohen Wohnungsnachfrage werden verfolgt?
- ▶ Wieviel und welche Flächen werden ggf. zusätzlich genutzt, und wie stehen diese zu den bestehenden Siedlungsflächen in Beziehung?
- ▶ Wie intensiv oder auch extensiv ist die Bebauung und welche Bautechniken werden angewendet?
- ▶ Welche Vorgaben werden für die Versorgung mit Strom, Wärme und Wasser formuliert?
- ▶ Wie ist die Versorgung der Nutzerinnen und Nutzer mit Gütern und Dienstleistungen organisiert?
- ▶ Wie sind die Auswirkungen auf die Umwelt und mit welchen Strategien und Lösungen werden sie vermieden, gemindert, ausgeglichen und kompensiert?

Die Beantwortung dieser und anderer Fragen gibt wichtige Hinweise auf die örtlichen Einflussfaktoren der Ressourcenintensität auf die künftigen Siedlungsflächen und ihre Nutzungen.

Eine übergreifende Strategieentwicklung zum demografischen Wandel setzt sich nicht nur mit den sozialen Dimensionen des Wandels auseinander mit deren ökonomischen, infrastrukturellen und wohnungspolitischen Implikationen, sondern adressiert explizit auch die ressourcenbezogenen Aspekte u. a. der Flächennutzung und des Energieverbrauchs. Prinzipiell

zeigt die folgende Abbildung 43 die grundsätzlichen Szenarien einer auf Erweiterung des Wohnungsangebotes ausgerichteten Siedlungsentwicklung.

Abbildung 43: Plakative Darstellung von Entwicklungsszenarien zur Siedlungsentwicklung



Quelle: Eigene Abbildung (BKR Aachen, Wuppertal Institut)

Wohn- sowie die verschiedenen wirtschaftlichen und infrastrukturellen Nutzungen. Nicht dargestellt ist die Ausstattung des Siedlungskörpers mit Grünflächen und Grünelementen: Die Annahme hierzu ist, dass diese vom Rand zum Zentrum abnimmt.

Die Versorgung der zuwandernden Bevölkerung (gelb) mit Wohnraum ist plakativ in zwei vereinfachten Szenarien dargestellt, die in der Praxis je nach Ausgangslage und örtlichen Möglichkeiten kombiniert werden dürften:

- Die angenommene vorrangig verfolgte Versorgungsstrategie (rote Linie) sieht die bauliche Erweiterung des Siedlungskörpers durch aufgelockerte Bebauung (vor allem Einfamilienhäuser, in größeren Städten auch verdichteter mehrgeschossiger Wohnungsbau) in den Freiraum vor. Die bauliche und Nutzungsdichte im Zentrum nimmt bei dieser Strategie tendenziell ab, da die Wohnungsstruktur im Wesentlichen unverändert bleibt, die Haushaltsgößen abnehmen und auch größere Haushalte aus der Stadt in die neuen Wohngebiete ziehen. Dieser Handlungsansatz ist in Bezug auf eine ressourcenschonende umweltgerechte Siedlungsentwicklung als sehr kritisch einzuordnen (siehe Abbildung 42). Planerisch sollte dieser Ansatz nicht favorisiert werden. Falls es lokalspezifisch doch notwendig sein sollte, ist dies im Rahmen von städtebaulich gut gestaltetem Geschosswohnungsbau zu realisieren.
- Eine konsequent auf den Ressourcenschutz ausgerichtete Versorgungsstrategie (grüne Linie) setzt dagegen auf eine Vergrößerung des Wohnungsangebotes im Bestand, wie sie in den Zielbereichen 2 und 3 skizziert sind, d. h. bedarfsgerechter Umbau der Wohnungsbestände und vertikale Verdichtung des Gebäudebestandes. Dabei werden die vertikalen Verdichtungsprozesse stärker auf die derzeit noch geringer und niedriger bebauten Siedlungsbereiche gelenkt und in den bereits heute hochverdichteten

Zentrumslagen eher Strategien zum Umbau der Wohnungsbestände verfolgt, um die Umweltfolgen – insbesondere für das Stadtklima – zu minimieren (grüne Linie). In der Folge steigen bauliche und Nutzungsdichte im gesamten Siedlungsbestand und in der Folge verbessert sich die Versorgungseffizienz mit Gütern und Dienstleistungen, Strom und Wärme. Die Umbauprozesse bieten überdies mehr Möglichkeiten zur energetischen Sanierung des Bestandes sowie zur Begrünung der Gebäude und Freiräume (auf der Basis von Förderprogrammen, Satzungen, Vertragsregelungen und Genehmigungen) als dies in der Strategie zur Siedlungserweiterung der Fall wäre.

In der aktiven Beteiligung und Unterstützung einer **regionalen Strategie zur Bevölkerungsentwicklung und Wohnraumversorgung** liegt die Chance, zu einem langfristig ausgeglichenen Bevölkerungswachstum und einer ausgeglichenen Bevölkerungsstruktur zu gelangen. Allerdings bestehen Bedenken, Vorranggebiete zur Siedlungsentwicklung im Regionalplan auszuweisen, sofern sie nicht regionalbedeutsam sind oder besondere Gründe vorliegen, da dies zu Verfügbarkeitsproblemen führen kann, sofern Eigentümer:innen Flächen innerhalb dieser Vorranggebiete, bspw. aufgrund von Renditeerwartungen, nicht veräußern wollen. Im Gegenteil wird erwartet, dass eine zurückhaltende regionale Standortsicherung zugunsten einer regionalen Standortsteuerung über regionalplanerisch festgelegte qualitative Kriterien und verpflichtende Bedarfsnachweise der kommunalen Ebene ((indirekte) Mengensteuerung) dazu führen kann, dass Kommunen die Aufgabe, eine mittel- bis langfristigen Strategie zur Siedlungsentwicklung zu erarbeiten (bspw. im Rahmen der vorbereitenden Bauleitplanung), ausfüllen und dabei darauf achten, tatsächlich aktivierbare Flächen auszuwählen. (Domhardt et al. 2021a, S. 11) Bei der (regionalen) Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung geht es nicht darum, Bevölkerungszunahme aufgrund von Zuwanderung und das damit verbundene Siedlungsflächenwachstum zugunsten von Zielen des Ressourcenschutzes und des Umweltschutzes zu begrenzen und zu verhindern. Dies würde in diesem komplexen Gefüge zu möglichen Belastungen an anderer Stelle und in anderen Handlungsfeldern führen, bspw. im Bereich des Ressourcenverbrauchs in anderen Städten und Gemeinden und der sozialen Gerechtigkeit aufgrund von Wohnkostensteigerungen und steigenden Mobilitätskosten. Vielmehr geht es darum, neue Wege zur Befriedigung der Wohnungsbedarfe in der Region zu begründen, die Anforderungen des Ressourcenschutzes und einer umweltgerechten Siedlungsentwicklung mit einer bedarfsgerechten Wohnungsversorgung zu verbinden.

Dieser Handlungsansatz steht im Kontext der Grundsätze und Ziele der Regionalplanung. Empfohlen wird vor diesem Hintergrund, auf eigene Initiative Prozesse zur Kommunikation und Abstimmung in und auch jenseits der formalen Gremien und Verfahren zu initiieren und zur Steuerung, Entwicklung und Umsetzung von Projekten einer regional bedeutsamen und dabei ressourcenschonenden und umweltgerechten Siedlungsentwicklung zu nutzen⁶³:

- ▶ Entlastungsstrategien für den anhaltenden Siedlungsdruck im großräumigen Maßstab,
- ▶ Qualifizierung und Entwicklung der bestehenden Siedlungsbereiche im Hinblick auf Nutzungs- und Ressourceneffizienz (siehe Zielbereiche 2 und 3),
- ▶ Entwicklung von (neuen) Siedlungsbereichen mit herausragenden Qualitäten im Hinblick auf Städtebau und Architektur, Nachhaltigkeit, Umweltgerechtigkeit und Ressourcenschutz (siehe Zielbereich 4, 5 und 6),

⁶³ Siehe Domhardt et al. 2021d, S. 315 ff.

- Initiierung und Stützung derartiger Prozesse in der Form interkommunaler kooperativer Siedlungsentwicklung durch Kommune C

Kommunen in Wachstumsregionen, insbesondere die Zentren, können zur Initiierung eines derartigen informellen Prozesses beitragen, bspw. durch Nutzung bestehender Kooperationsnetzen und Initiierung neuer Netze zur interregionalen Zusammenarbeit. (Domhardt et al. 2021a, S. 316 ff.)

Schließlich fördert eine den Zielen einer nachhaltigen klimagerechten und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung offene Planungs- und Entscheidungskultur deren Umsetzung in konkreten Planungs- und Investitionsentscheidungen.

Planungs- und Entscheidungskultur beschreibt dabei die Praxis der Zusammenarbeit von Bürgerschaft, Politik, Verwaltung und sonstige Akteure. Faktoren wie Dialogfähigkeit, Kooperationsfähigkeit, Konsensorientierung, Offenheit, Verantwortung, Lernfähigkeit, persönliches Engagement und Überzeugung beeinflussen je nach Ausprägung die Art und Weise sowie die Qualität der Auseinandersetzung mit den Anforderungen, die eine klimagerechte kompakte und ressourcenschonende Siedlungsentwicklung an die Planungs- und Entscheidungspraxis stellen.

Eine gegenüber diesen Anforderungen und Zielen positiv eingestellt Planungskultur ist Voraussetzung für ein erfolgreiches und systematisches integriertes Handeln. Auch trotz eingeschränkter finanzieller und personeller Mittel besteht die Möglichkeit, dass Politik und Verwaltung kreativ, pragmatisch und zielstrebig an einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung Entwicklung arbeiten.

Eine nachhaltige Planungs- und Entscheidungskultur besteht im Idealfall aus einer belastbaren und dauerhaften politischen Willensbildung, einer starken planenden Verwaltung und einer offenen Bürgerschaft. Ist dies der Fall, wirkt sich die Planungskultur merklich auf die Anwendung von Instrumenten und Werkzeugen zur Steuerung der Siedlungsentwicklung aus. (Frerichs et al. 2022, S. 174 ff.)

6.1.1.2 Strategiebereich 2: Unterstützungsbedarf für einkommensschwache Gruppen im Wohnungsmarkt

In Regionen mit angespannten Wohnungsmärkten zeigt sich auch ein Zusammenhang zwischen demographischem Wandel und Armutsrisiken auf. Dies ist insofern aus planerischer und Ressourcenperspektive von Bedeutung, als eine tendenziell steigende Anzahl von Armutshaushalten in Regionen mit angespannten Wohnungsmärkten spezifische Handlungsansätze zur Reduktion u.a. des Energieverbrauchs in dieser Zielgruppe erfordert.

Bisherige verfügbare Erkenntnisse zeigen, dass bis zum Jahre 2030 mit einer erheblichen Zunahme armutsgefährdeter Haushalte, älterer Menschen und einem überproportionalen Anstieg an Transferleistungen zu rechnen ist (BBSR 2015a, 108). Dies liegt daran, dass auch künftig

- der überwiegende Teil der älteren Menschen mit Niedrigeinkommen zur Miete wohnen wird (gegenwärtig: 82,1%; ohne Armutsrisiko: 34,5%),
- die Wohnkostenbelastung der warmen Wohnkosten abzüglich des Wohngelds zum verfügbaren Haushaltsbudget bei den Seniorenhaushalten mit Armutsrisiko deutlich höher (gegenwärtig ca. 50%, bei Alleinlebenden sogar 52 %), als bei Seniorenhaushalten ohne Armutsrisiko (17%) liegt,

- ▶ die Wohndauer der Älteren mit Niedrigeinkommen relativ gering ist, sodass die zu zahlende Miete näher an den Neuvertragsmieten liegt. Die Konsequenz: Quadratmetermieten liegen oft über den Werten aller ab 65 Jahre (BBSR 2015a, 105).

Dies hat auch und vor allen Dingen soziale Implikationen und das Instrument der Grundsicherung sowie die Übernahme der Bedarfe für Unterkunft und Heizung, sind hier ein zentraler Schlüssel, diese Gruppen auch im Bereich der angespannten Wohnungsmärkte zu halten.

Aus einer planerischen Perspektive stellt sich auch hier die Aufgabe,

- ▶ einen altersgerechten Umbau des Wohnungsbestandes zu betreiben und Förderinstrumente zur Wohnraumanpassung weiterzuentwickeln sowie
- ▶ Maßnahmen zum Erhalt des preiswerten Wohnraums (u.a. durch die Wohnungswirtschaft oder durch sozialen Wohnungsbau).

6.1.1.3 Strategiebereich 3: Integration von Zuwanderinnen und Zuwanderern in Wohnungs- und Immobilienmärkten

Seit 2016 besteht eine zentrale Aufgabe der Planung darin, vor Ort lebende Geflüchtete und Asylbegehrende mit bezahlbarem Wohnraum zu versorgen und diese von der vorläufigen Unterbringung in den regulären Wohnungsmarkt zu integrieren. Dies trifft allerdings auf unterschiedliche Voraussetzungen in Kommunen: Eine Studie des BBSR (BBSR 2018) zeigte bspw. auf, dass die untersuchten Städte mit langer Zuwanderungshistorie während der starken Fluchtzuwanderung auf bewährte Steuerungsstrukturen zurückgreifen konnten. Andere Beispielstädte bauten dagegen neue ressortübergreifende Steuerungsstrukturen auf, deren Finanzierung teilweise mit neuen Bundes- und Landesförderprogrammen sichergestellt wurde.

Deutlich wurde mit dem starken Zuzug, dass viele private Eigentümerinnen und Eigentümer vormals ungenutzten oder nicht effizient genutzten Wohnraum aktiviert haben, um Geflüchtete zu unterstützen. Dieser zusätzlich mobilisierte Wohnraum, so BBSR (2018), wird teilweise unter dem ortsüblichen Mietniveau vermietet, so dass Geflüchtete von sehr besonderen Marktzugängen profitiert haben. Diese Anstrengungen, ungenutzten Wohnraum an den Markt zu bringen, sollten weiterverfolgt und unterstützt werden.

6.1.1.4 Strategiebereich 4: Nachhaltige Mobilitäts- und Kommunikationsstrukturen

Neben dem bedarfsgerechten Angebot von Wohnraum und Wohnbauflächen sowie auch Gewerbestandorten (zur Gestaltung siehe unten) gehört hierzu auch die **Schaffung und Verknüpfung von nachhaltigen Mobilitäts- und Kommunikationsinfrastrukturen**: multimodale Verkehrsangebote zur Verbindung von Wohngebieten, lokalen Arbeitsplätzen (Gewerbestandorte), Freizeit- und Erholungsangeboten (Standorte, Flächen) untereinander und mit den Haltepunkten des Schienenverkehrs (E-Pedelec, E-Bike, E-Scooter, Busse, Sharing-Systeme). Neben dem Schienen- und dem Straßenverkehr liegt eine Chance für die ressourcenschonende Mobilität auch im Aufbau / Ausbau eines Rad-Schnellwege-Netzes zwischen den Ortsbereichen von Kommune C und zur Verbindung mit den Nachbarstädten und -gemeinden, insbesondere auch mit dem Zentrum der Metropolregion. Darüber hinaus ist die Kommune C auch in das S-Bahn-/Stadtbahnnetz der Metropolregion eingebunden.

Neben der physischen Mobilität spielen leistungsfähige Informations- und Kommunikationsnetze eine wichtige Rolle für eine nachhaltige Bevölkerungsentwicklung wie sich gerade auch in der Corona-Krise gezeigt hat. Der Auf- und Ausbau entsprechender breitbandiger Netze (insbesondere Glasfasernetze) empfiehlt sich insoweit.

6.1.2 Zielbereich 2: Strategien, Werkzeuge und Instrumente zur Schaffung von bedarfsgerechten Wohnraumangeboten im Siedlungsbestand.

6.1.2.1 Strategiebereich 1: Bedarfsgerechter Umbau der Wohnungsbestände und Neubau

Die Entwicklung in Kommune C, eine der Fallbeispielkommunen im Rahmen des Projekts, ist vergleichbar mit anderen kleineren Städten im Einzugsgebiet von Großstädten: Aufgrund der Lage im Zentrum der Metropolregion nimmt die Bevölkerung seit einigen Jahren stetig zu. Gleichzeitig wandelt sich die Bevölkerungsstruktur:

- ▶ Die Haushalte, in denen die Menschen leben, werden im Allgemeinen im Durchschnitt immer kleiner. Dies betrifft u. a. jüngere Haushalte, vor allem in der Ausbildungsphase, die häufiger als früher alleine leben. Daneben ist zu beobachten, dass die Familien kleiner werden und weniger Kinder in den Haushalten leben.
- ▶ Des Weiteren altert die Bevölkerung. Immer mehr ältere Menschen leben nach Auszug der Kinder und schließlich Tod des Partners in kleinen Haushalten, belegen aber weiterhin ihre gewohnten großen aber häufig nicht altersgerechten Wohnungen (Stichwort: Remanenzeffekt)⁶⁴.

Unter Ressourcenschutz-Aspekten empfiehlt es sich vor diesem Hintergrund, den Wohnungsbestand wie auch die Neubaustandards an die sich ändernden Haushaltsgrößen anzupassen. Anlass hierfür bieten zum Einen die generativen Prozesse, sobald diese zum Eigentumsübergang führen, und zum Anderen die notwendigen Anstrengungen zur energetischen Sanierung des Gebäudebestandes; beide Prozesse treten häufig auch komplementär auf: Wenn ein Wohngebäude – bspw. nach dem Verkauf – baulich saniert wird, lohnt es sich zu prüfen, ob und ggf. wie auch die Grundrissaufteilung an die sich ändernden Bedürfnisse angepasst wird; dies wird in vielen Fällen mit geringeren Kosten verbunden sein, als wenn derartige Arbeiten getrennt durchgeführt werden.

Kommunen können grundsätzlich in verschiedener Hinsicht aktiv werden:

- ▶ Aufklärung, Information und Beratung der Gebäudeeigentümer:innen über die Möglichkeiten beim Umbau und der energetischen Sanierung.
- ▶ Unterstützung älterer Menschen bei der Anpassung der Wohnung bzw. des Wohnhauses: Barrierefreiheit, Wohnungszuschnitt, Wohnungsteilung, Service-Wohnen, Umzugshilfen und Wohnungstauschbörsen.
- ▶ Konzentration der Wohnungsstandorte auf die Versorgungsschwerpunkte der Stadt, um auch mobilitätseingeschränkten Menschen eine aktive, fußläufige Teilhabe am öffentlichen Leben und an der Eigenversorgung zu erleichtern.
- ▶ Berücksichtigung und Unterstützung neuer Wohnformen, die eine effiziente Raumnutzung zum Ziel haben und überdies soziale Ziele zur Minderung der Wohnkosten verfolgen (bzw. als Nebeneffekt mit sich bringen): Gemeinschaftswohnen, Baugruppen, genossenschaftliche Wohnbauprojekte, autofreie Wohnprojekte, gemeinschaftliche Infrastrukturnutzung.⁶⁵
- ▶ Planerische Begleitung in Quartieren mit einem größeren Handlungsbedarf, wie etwa in älteren Einfamilienhausgebieten, in denen derzeit bzw. absehbar aufgrund der Alterung der ansässigen Bevölkerung ein Eigentumswechsel ansteht. Eine Wohnungs- bzw.

⁶⁴ Siehe auch Kenkmann et al. 2019, Blum et al. 2022

⁶⁵ Siehe hierzu auch: (STATTB AU Stadtentwicklungsgesellschaft mbH & Netzwerkagentur GenerationenWohnen (Hrsg.) 2019)

Grundrissteilung wird in vielen Fällen nicht ohne weitere bauliche Anpassungen wie etwa kleineren Anbauten oder Dachgeschossausbau sinnvoll möglich sein⁶⁶. Dem kann ggf. bestehendes Planungsrecht entgegenstehen, das an die neue Situation angepasst werden muss. (siehe auch Zielbereiche 3 und 4).

Im Allgemeinen weisen Wohngebiete, die seit den 1950er Jahren in einem kurzen Zeitraum entwickelt wurden, häufig eine relativ einheitliche Altersstruktur der Bewohner:innen auf.⁶⁷ Gebiete mit hohen Altersquotienten (das sind derzeit im Wesentlichen die Gebiete, die von Mitte der 60er Jahren bis Mitte der 1980er Jahre entstanden), werden im Prozess des Eigentumswechsels absehbar umfangreich umstrukturiert und von den bzw. für die neuen Bewohnern an die sich ändernden Wohnansprüche angepasst.

Hier bietet sich aufgrund der sowieso stattfindenden Prozesse ein guter Ansatzpunkt, planerisch die Entwicklung zu steuern und durch Informations- und Beratungsangebote, Förderprogramme und die Anwendung von Planungsinstrumenten Einfluss auf die Entwicklung zu nehmen. Diese Gebiete lassen sich bspw. aufgrund der Entstehungszeit, gezielt aber auch durch Auswertung des Liegenschaftskatasters durch die Kommunen nach Alter der Eigentümer und der Gebäude oder der Altersstruktur der Bevölkerung auf Basis der gitterzellenbasierten Ergebnisse des Mikrozensus 2011⁶⁸ identifizieren (siehe 6.2.1.2, Abbildung 44).

Voraussetzung für eine gute und erfolgreiche Initiierung und Durchführung ist die ausreichende personelle Ausstattung der Verwaltung, denn das Management derartiger Prozesse ist aufgrund der Vielzahl der Akteure und der notwendigen Abstimmung sehr aufwändig und sicher nicht parallel zu den übrigen Aufgaben zu leisten. Neben der Schaffung neuer Stellen können die notwendigen Personalkapazitäten auch durch Vergabe bestimmter Aufgaben an externe Dienstleister geschaffen werden (bspw. die Durchführung von Fachgutachten oder planerischen Standardaufgaben) oder auch die Aktivierung bestehender Beratungsinstitutionen für diese Aufgabe. Die Durchführung einer städtebaulichen Sanierungsmaßnahme kann in besonderen, komplexen Fällen sinnvoll sein.

6.1.2.2 Strategiebereich 2: Demografie-gerechter Umbau bestehender Wohnungsbestände

Ein weiterer Handlungsansatz befasst sich mit der Veränderung von Wohnbedürfnissen einer alternden Gesellschaft und den daraus entstehenden Handlungsbedarfen in der lokalen bzw. regionalen Wohnungspolitik, die auch in planerische Instrumente eingebettet sein muss.

Die bisherigen Erkenntnisse zeigen, dass

- Wohnen zuhause die bevorzugte Wohnform im Alter ist,
- Ältere häufig selbstgenutztes Wohneigentum in überwiegend alter Bausubstanz bewohnen,
- genutzte Wohnungsangebote vielfach nicht altersgerecht angelegt sind.

Um den Bedarf an altersgerechten Wohnungen zu decken, ist daher

⁶⁶ Siehe auch Buchert et al. 2021, Blum et al. 2022

⁶⁷ A. a. O.

⁶⁸ Ergebnisse des Zensus 2011 zum Download – erweitert
<https://www.zensus2011.de/DE/Home/Aktuelles/DemografischeGrunddaten.html?nn=559100>; die Ergebnisse der folgenden Zensus werden voraussichtlich wiederum gitterbasiert bereitgestellt, können aber auch in einem begrenzten Zeitraum nach Erhebung von den Kommunen gesondert für kleinräumige Auswertungen angefordert werden.

- ▶ die Anpassung rechtlicher Regelungen u.a. im Baurecht (u. a. Regelungen der Landesbauordnungen zur Barrierefreiheit gemäß §50 MBO)⁶⁹,
- ▶ eine Optimierung von Förderinstrumenten⁷⁰,
- ▶ die Stärkung von Informations- und Beratungsleistungen⁷¹ und
- ▶ die integrierte (bzw. nicht isolierte) Betrachtung des Wohnungsbaus als kommunalpolitisches Feld

notwendig (BMVBS 2011).

6.1.2.3 Strategiebereich 3: Demografie-gerechter Umbau bestehender Wohnquartiere

Über den altersgerechten Umbau des Wohnungsbestandes ist die Schaffung attraktiver Stadtquartiere für das Leben im Alter weiterhin ein zentraler Handlungsansatz (BBSR 2005).

Neben einer deutlichen Verbreiterung des Spektrums an altersgerechten Wohnungen besteht auch aus einer Ressourcenperspektive im öffentlichen Raum der strategische Handlungsbedarf

- ▶ in der Schaffung hindernisfreier und gebrauchstauglicher öffentlicher Räume und Gebäude und ein breites Spektrum an Plätzen im Quartier (Ressourcenbezug: Qualität der Flächennutzung),
- ▶ in der Schaffung räumlicher Voraussetzungen für eine gute Nahversorgung und ein vielfältiges Angebot an Dienstleistern (Ressourcenbezug: Nachhaltige Nahmobilität)
- ▶ in der Wahrung von Verbindungen zur Gesamtstadt (Ressourcenbezug: Nachhaltige Nahmobilität)
- ▶ in der Wahrung und des Ausbaus des sozialen Mietwohnungsneubaus (BBSR 2012)

6.2 Handlungsansätze zur Eindämmung von Umweltbelastungen (Pressure)

Neben der Adressierung der treibenden Kräfte, gilt es, die Umweltbelastungen von Siedlungsentwicklung möglichst gering zu halten. Dies umfasst sowohl notwendige Informationen zur Steuerung von Siedlungsentwicklung, die Berücksichtigung von Umwelteffekten von Materialien und Baustoffen, die Effizienz im Gebäudebestand und die Minderung negativer Auswirkungen auf die Umweltmedien Luft, Wasser und Boden.

6.2.1 Zielbereich 3: Nachhaltige Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung in Stadtgebieten

6.2.1.1 Strategiebereich 1: Nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung – Bedarfsprognosen

Die nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung bedarf einer belastbaren Informationsgrundlage zum absehbaren spezifischen Wohnungsbedarf aufgrund von Bevölkerungs- und Haushaltsentwicklung auf der einen Seite und den verfügbaren Wohn- und Bauflächenreserven mit ihren spezifischen Restriktionen und Hemmnissen für ihre

⁶⁹ Siehe bspw. Novellierung für Neubau <https://nullbarriere.de/musterbauordnung.htm> Zuletzt abgerufen 19.05.2022

⁷⁰ Siehe bspw. Altersgerecht Umbauen – Kredit. Für den Abbau von Barrieren, mehr Wohnkomfort und besseren Einbruchschutz [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Altersgerecht-Umbauen-\(159\)/?redirect=647747](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Altersgerecht-Umbauen-(159)/?redirect=647747). Zuletzt abgerufen 19.05.2022

⁷¹ Siehe bspw. BAG Wohnungsanpassung e.V., <https://www.wohnungsanpassung-bag.de/> Netzwerkagentur GenerationenWohnen <https://www.netzwerk-generationen.de> Zuletzt abgerufen 19.05.2022

Nutzbarmachung (bspw. Altlasten, umweltschutzbezogene Restriktionen, stadtklimatische Fragestellungen, Interessen von Eigentümer:innen etc.) auf der anderen Seite.

Die Ermittlung des Wohnungsbedarfs auf der Basis einer Vorausberechnung und Abschätzung der Bevölkerungsentwicklung und der Haushaltsentwicklung gehört zu den Standardaufgaben einer vorausschauenden Stadtentwicklungspolitik. Entsprechende Verfahren sind vorhanden und eingeführt. Das Erfordernis einer belastbaren Bevölkerungsvorausberechnung und daraus abzuleitenden Flächenbedarfsprognose in der vorsorgenden Stadtplanung ergibt sich bereits aufgrund §§1 Abs. 1 BauGB (*Vorbereitung* der baulichen und sonstigen Nutzung der Grundstücke in der Gemeinde) und – bezogen auf die Steuerung der Gesamtentwicklung der Gemeinde – 5 Abs. 2 Nr. 1 BauGB (Darstellung der sich aus der beabsichtigten städtebaulichen Entwicklung ergebende Art der Bodennutzung *nach den voraussehbaren Bedürfnissen der Gemeinde* im Flächennutzungsplan).

Informationen zu unbebauten Grundstücken inkl. Spezifika und Hemmnisse zu ihrer Nutzbarmachung sowie zu möglichen Nachverdichtungspotenzialen durch vertikale oder horizontale Nachverdichtungsmaßnahmen inkl. Wohnungsteilung und Wohnungsmanagement im Bestand sind die komplementären Informationen, die für eine realistische⁷² Abschätzung der Innenentwicklungspotenziale im Sinne von §§1 Abs. 5 Satz 3 und 1a Abs. 2 BauGB erforderlich sind.

Kritisch ist anzumerken, dass Bevölkerungs- und Wohnbauflächenprognosen häufig zu stark auf den Neubaubedarf abzielen und Wohnungspotenziale im Bestand, die sich durch Umbau realisieren lassen, oder durch die natürlichen demografischen Prozesse frei werden, nicht ausreichend berücksichtigt werden⁷³. Allerdings liegen hierzu erst wenige quantitative Untersuchungen vor. Gerade die Aktivierung von Wohnungspotenzialen im Bestand bedeutet tatsächlich einen Paradigmenwechsel, der erst politisch und gesellschaftlich vorbereitet und akzeptiert werden müsste.

Um diesen Prozess zumindest vorzubereiten, empfiehlt sich – etwa im Zuge einer Neuaufstellung eines Flächennutzungsplans – die verstärkte Aktivierung von Wohnungspotenzialen im Bestand in der Form eines Szenario im Gesamtkontext der Bevölkerungs- und Flächenbedarfsprognosen zu betrachten und den stärker auf Siedlungserweiterung und Neubau orientierten Vorausberechnungen und Abschätzungen an die Seite zu stellen (siehe im Einzelnen hierzu Kapitel 6.1.2.1 und (Domhardt et al. 2021a, S. 120)). Insbesondere auch im Hinblick auf die Folgen der Entwicklungsszenarien für die Wohnungsversorgung und die Ressourcenauswirkungen kann die Beteiligung an einem thematisch passenden Forschungsvorhaben sinnvoll sein, um den Mehraufwand für die Erhebung zu finanzieren – zumindest sofern noch keine andere Finanzierungsquelle verfügbar ist, bspw. aufgrund eines Förderprogrammes. Die quantitative Ermittlung der Innenentwicklungspotenziale ermöglicht jedenfalls die Erörterung unterschiedlicher Entwicklungsstrategien auf der Basis konkreter Zahlen und Folgenabschätzungen und eröffnet neue Handlungsperspektiven.

Zu einer breiteren Diskussion der Wohnungs- und Wohnbauflächenbedarfsprognosen auf der Basis von Szenarien gehört auch eine aktive Öffentlichkeitsarbeit (Domhardt et al. 2021a, S. 315 ff.). Dies empfiehlt sich einerseits zur Vorbeugung von bürgerschaftlichen Abwehraktivitäten (Stichwort: NIMBY – Not in my backyard), andererseits aber auch zur Aktivierung von privaten

⁷² Realistisch auf der Basis einer empirischen Erhebung im Gegensatz zu einer Abschätzung auf der Basis einer Augenscheinnahme oder reiner Ortskenntnisse

⁷³ Siehe bspw. (Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) & Lorenz-Hennig (Hrsg.) 2015)

Initiativen (d. h. von – selbst-nutzenden – Gebäudeeigentümern) zur Vergrößerung des Wohnungsangebotes im Bestand, bspw. durch den Umbau und die Teilung von Einfamilienhäusern. (siehe im Einzelnen hierzu Kapitel 6.2.1.3)

6.2.1.2 Strategiebereich 2: Monitoring der Flächennutzung und Potenzialermittlung

Als ein Teilbereich der nachhaltigen Flächenentwicklung erweist sich das Monitoring und die Gewinnung von spezifischen Informationen über entstehende Flächenbedarfe und mögliche Flächen(nutzungs)konflikte. Zur Identifizierung der Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen hebt eine Modellstudie des BBSR (Siedentop u. a. 2009) allerdings hervor, dass die Flächeninanspruchnahme nicht alleine mit der Nachfrage nach Siedlungsflächen aus Bevölkerung und Wirtschaft erklärt werden kann, sondern dass angebotsbezogenen Erklärungsfaktoren der Flächeninanspruchnahme eine hohe Bedeutung zukommen. *Angebotsplanungen* geben daher Anreize auf die Bauland- und Immobiliennachfrage der privaten Haushalte sowie Unternehmen. Die zentrale Schlussfolgerung daraus ist: Eine restriktivere Siedlungspolitik, wie sie das 30-Hektar-Ziel der Nationalen Nachhaltigkeitsstrategie anmahnt, muss nicht zwangsläufig mit negativen wachstums- oder sozialpolitischen Implikationen in regionalen oder überregionalen Maßstäben verbunden sein.

In dem UBA Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Instrumente und Werkzeuge für eine klimagerechte Planung und Entwicklung kompakter Siedlungsstrukturen“ (Frerichs et al. 2022, S. 63ff.) wurden eine ganze Reihe von potenziell geeigneten Instrumenten und Werkzeugen zur Bearbeitung des Handlungsfeldes Flächensparen und Flächenmanagement identifiziert (siehe auch BMVBS 2015; BBSR 2016).

Zum Monitoring der Innenentwicklungspotenziale sind adäquate digitale Tools empfehlenswert, mit denen die Kommune konstant die Potenziale für Baulandentwicklung und Nachverdichtung im Blick behält. Die Erhebung und das konstante Monitoring von unbebauten und untergenutzten Grundstücken, Leerstand und Unternutzung von Wohnraum bzw. Gewerbeflächen ermöglichen ein aktives und effektives Bauflächen- und Leerstandsmanagement, was sozial wie ökologisch ein sinnvoller Handlungsansatz im Umgang mit dem steigenden Siedlungsdruck in Wachstumsregionen wäre. Verschiedene Bundesländer bieten ihren Gemeinden und Kommunen hierfür Unterstützung und Hilfe durch Tools und Dienste an⁷⁴:

- Bayern stellt seinen Kommunen das Tool „Flächenmanagement-Datenbank“ (FMD) zur Verfügung. Mithilfe der Datenbank lassen sich Flächen, die potenziell neu bebaut werden können, erfassen und verwalten. Dazu gehören Baulücken und Brachflächen, aber auch Leerstände. Außerdem hilft das Tool dabei, Fragebögen für eine Befragung der Eigentümerinnen und Eigentümer zu erstellen und die Rückmeldungen auszuwerten. Zudem können Kommunen für zum Verkauf stehende Flächen oder Gebäude einfach und schnell Steckbriefe erstellen. Diese können in Grundstücks- und Immobilienbörsen angeboten werden, um so zu einer Aktivierung der Innenentwicklungspotenziale beizutragen. Die Datenbank hilft Kommunen auch, die Innenentwicklung zu dokumentieren und langfristig zu planen. So kann die FMD auf der Basis von statistischen Kennwerten einen

⁷⁴ siehe hierzu ergänzend bspw.: Innenentwicklung und Flächenrecycling. Was bedeutet Innenentwicklung? <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaechenrecycling-innenentwicklung#innenentwicklung-und-flaechenrecycling>
Innenentwicklung organisieren – Kommunale Organisationsstrukturen für ein effizientes Flächenressourcenmanagement im Praxistest (Ferber et al. 2015) <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innenentwicklung-organisieren-kommunale>
und als Hintergrund: Gebaut wird in den Kommunen – BundesBauBlatt <https://www.bundesbaublatt.de/artikel/bbb Gebaut wird in den Kommunen 3767367.html>

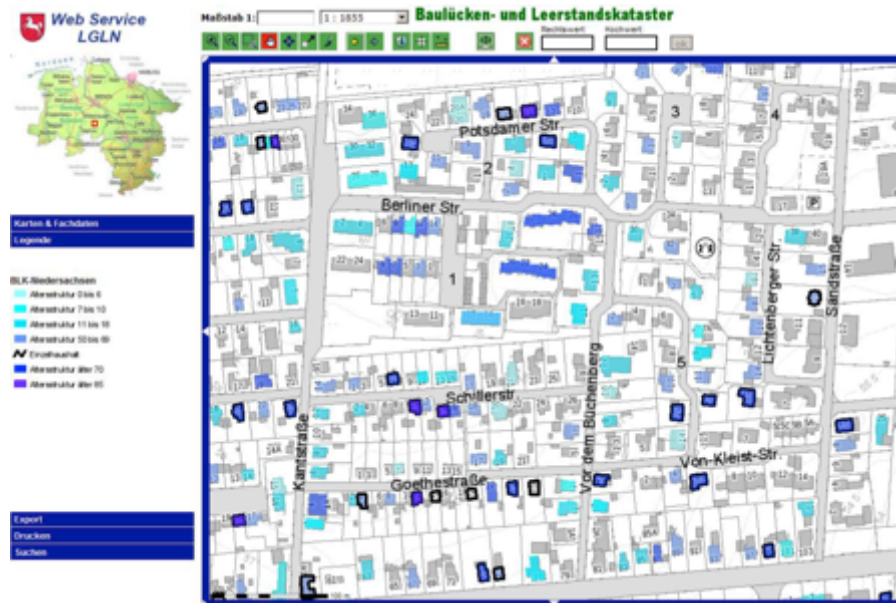
Schätzwert errechnen, wie groß der künftige Bedarf an Wohnbauland in der eigenen Kommune sein wird. Unter

<https://www.lfu.bayern.de/umweltkommunal/flaechenmanagement/fmdb/index.htm>

finden sich weitere Informationen zu dem Tool.

- Das Land Niedersachsen bietet seinen Kommunen den Dienst „Baulücken- und Leerstandskataster (BLK)“ an. Der Dienst ist ein speziell für niedersächsische Kommunen zur internen Verwendung entwickelt. Es verfügt über die zwei Nutzungsschwerpunkte: Anzeige der Altersstruktur der Einwohner:innen, wobei fehlende Meldedaten auf potenzielle Leerstände hinweisen, sowie Erfassung und Anzeige von Leerständen und Baulücken. Erfassungsbögen (Download siehe rechts) erleichtern die Arbeit. Weitere Informationen finden sich unter https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/bauluecken-und-leerstandskataster-111411.html. Insbesondere die Verwaltungs-interne Beobachtung von Altersstruktur und Haushaltsgröße auf der Basis kommunaler Meldedaten stellt eine sinnvolle Erweiterung des Leerstandsmanagements dar, da sich hiermit planerischer Handlungsbedarf aufgrund demografischer Entwicklungen identifizieren lässt.

Abbildung 44: Beispielauswertung Altersstruktur und Leerstand im Dienst „Baulücken- und Leerstandskataster (BLK)“ des Landesamtes für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen



Quelle: https://www.lgln.niedersachsen.de/startseite/geodaten_karten/bauluecken-und-leerstandskataster-111411.html

- Baden-Württemberg, Hessen und Schleswig-Holstein bieten ebenfalls vergleichbare Tools und Dienste, wie die folgende Quelle zeigt: <https://aktion-flaeche.de/flaechenmanagement-tools-fuer-kommunen>.

6.2.1.3 Strategiebereich 3: Erhöhung der Nutzungseffizienz - Umwandlungen, Zwischennutzungen, Bedarfsgerechter Wohnungstausch

Zwischennutzungen (BMVBS und BBR 2008) oder eine **Erweiterung der Wohnflächen** in bestehenden Gebäuden zielen auf die Erhöhung der Nutzungseffizienz von Flächen. Während für erstere aus einer planerischen und Ressourcenperspektive die Schaffung temporärer Gärten und Grabeland (Interkulturelle Gärten, Mietergärten), öffentliche Grünflächen (Parks, Naturerlebnisräume, Spielplätze), temporäres Wohnen (Studierendenwohnheime, Soziale Wohnprojekte, Zeltplätze) und gewerbliche Nutzungen (Parkplätze, Lager, Märkte, Gründerzentren, Handwerk) von Belang sind, bieten für letzteres Dachaufstockungen und Dachausbauten (Baba u. a. 2016) ein wichtiger Anreiz, die es planerisch zu unterstützen gilt.

Ein weiterer Beitrag zur Erhöhung der Nutzungseffizienz bietet die **Umwandlung von Nichtwohngebäuden in Wohnimmobilien** (BBSR 2015c). In diesem Zusammenhang stehen auch Ansätze zur Reurbanisierung von Innenstädten und zur Stärkung des Wohnens in Zentren mit hohem Anteil an Geschäftsfläche (Schultz u. a. 2010), die sich über Instrumente wie Einzelhandels- und Zentrenkonzepte, Rahmenpläne bzw. Masterpläne (bspw. für Teilräume von Innenstädten) planerisch steuern lassen.

Im Sinne des Flächenschutzes und des Bodenschutzes empfiehlt es sich, möglichst viel Nutzfläche auf möglichst kleiner Grundfläche zu realisieren. Für die Nachverdichtung bedeutet dies, dass Strategien zur vertikalen Nachverdichtung nach Möglichkeit Strategien zur horizontalen Nachverdichtung bevorzugt werden, d. h. eine Gebäudeaufstockung und Dachausbau sind einer weiteren baulichen Nutzung von Grundstücksfreiflächen mit weiteren Gebäuden vorzuziehen. Dies ermöglicht eine bauliche Verdichtung im Bestand und ermöglicht

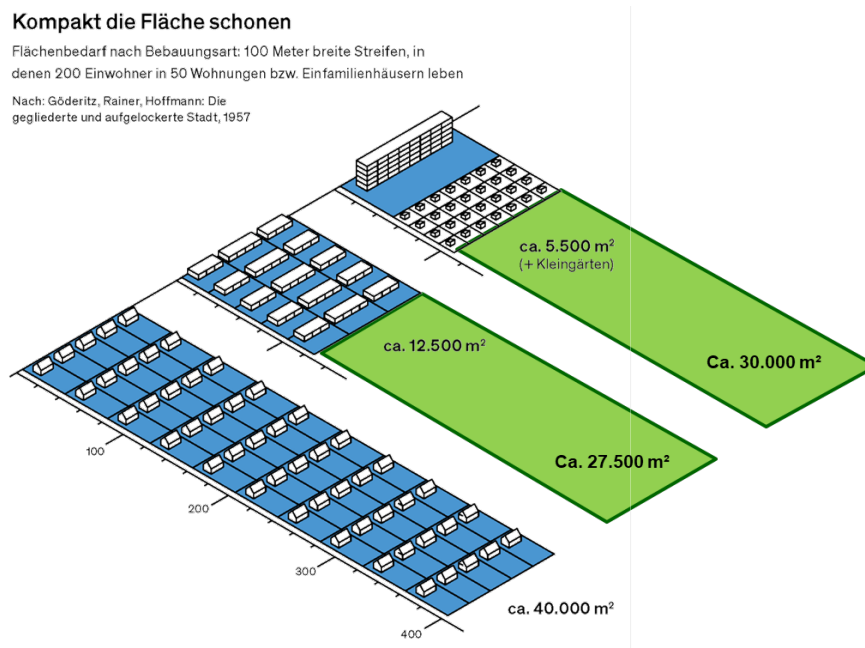
gleichzeitig den Schutz des Bodens für Begrünung und Entlastung des Wasserhaushalts auch als Vorsorgemaßnahme gegenüber den Folgen des Klimawandels.

Vertikale und horizontale Nachverdichtung sollten an die jeweilige städtebauliche Situation angepasst werden: Kleine Gebäude auf größeren Grundstücken – wie sie für ältere Wohngebiete der 1950er bis 1960er Jahre typisch sind – bedürfen eher einer Erweiterung der Wohngebäude durch An- und Aufbauten, um sie modernen Wohnbedürfnissen anpassen zu können. Größere Gebäude (auf kleineren Grundstücken), wie sie in späteren Bauphasen bevorzugt wurden, lassen sich dagegen mit geringerem Aufwand durch bspw. Dachausbau und kleineren Gebäudeerweiterungen, bspw. für eine Treppenhause, verändern und aufteilen.

Mehrfamilienhausgebiete im Geschosswohnungsbau sind ebenfalls differenziert zu betrachten. Gerade die Zeilen- und Reihenbebauungen der 1950er und 1960er Jahre verfügen häufig über hochwertige Grünflächen zwischen den Gebäuden, die durch eine lokal angepasste vertikale Nachverdichtung⁷⁵ geschont werden können. Moderner Städtebau der 1960er und vor allem 1970er Jahre ist häufig durch großzügige Kfz-Abstellflächen zwischen den mehr oder weniger frei platzierten Gebäuden gekennzeichnet, die im Zuge einer Neuaufteilung der Freiflächen für Grünflächen wie auch Ergänzungsbauten⁷⁶ nutzbar wären. Die Stellplätze können in diesem Fall in Quartiersgaragen konzentriert oder ihr (teilweiser) Wegfall durch eine gute Anbindung mit nachhaltigen Mobilitätssystemen kompensiert werden.

Die folgenden Abbildungen veranschaulichen Aspekte zum Umgang mit Dichte und Nachverdichtungsoptionen zur nachhaltigen Siedlungsentwicklung.

Abbildung 45: Flächenbedarf nach Bebauungsart

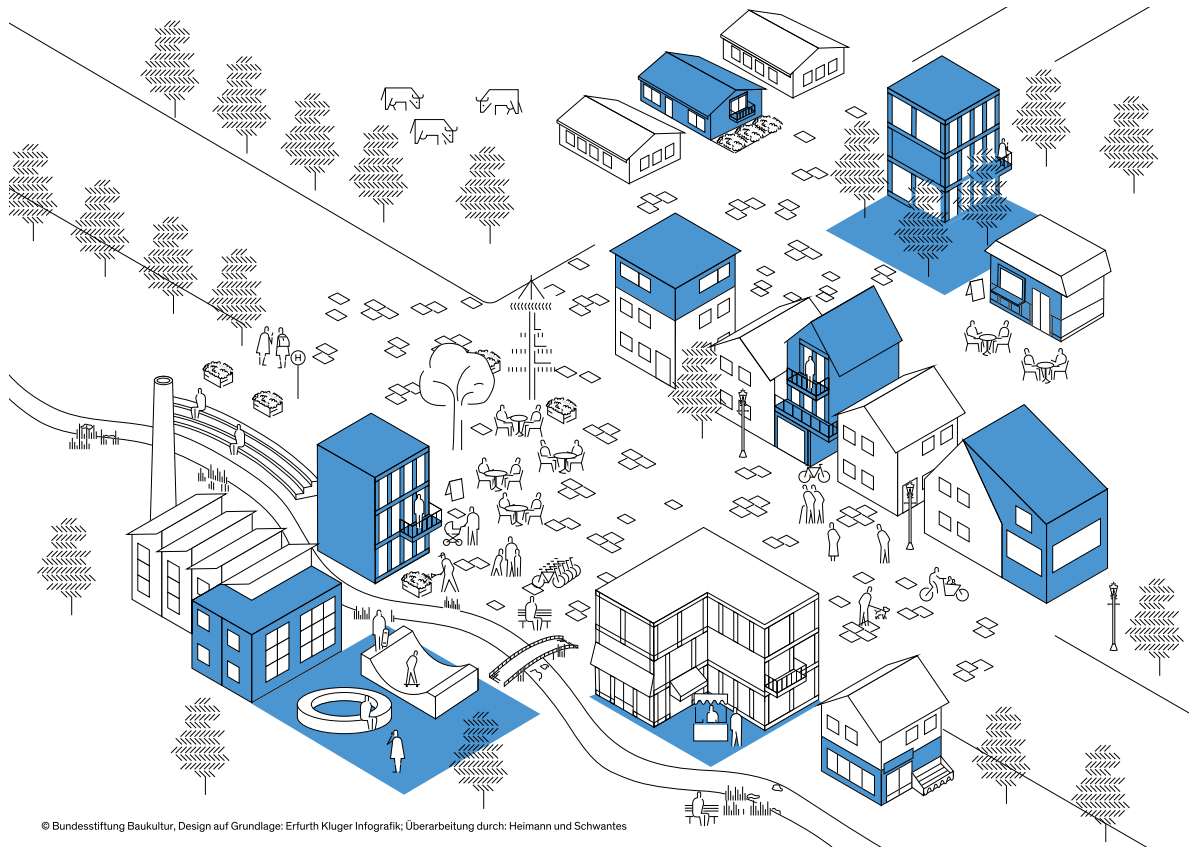


Quelle: Verändert nach Bundesstiftung Baukultur (BSBK), Reiner Nagel: Besser Bauen in der Mitte. 2018
<https://www.bundesstiftung-baukultur.de/besser-bauen-handbuch>

⁷⁵ Weiterführender Link: <http://www.deutscherbauherrenpreis.de/projekt/bremer-punkt-bremen/>

⁷⁶ Weiterführender Link: <http://www.deutscherbauherrenpreis.de/projekt/pilotprojekt-am-dantebad-muenchen/>

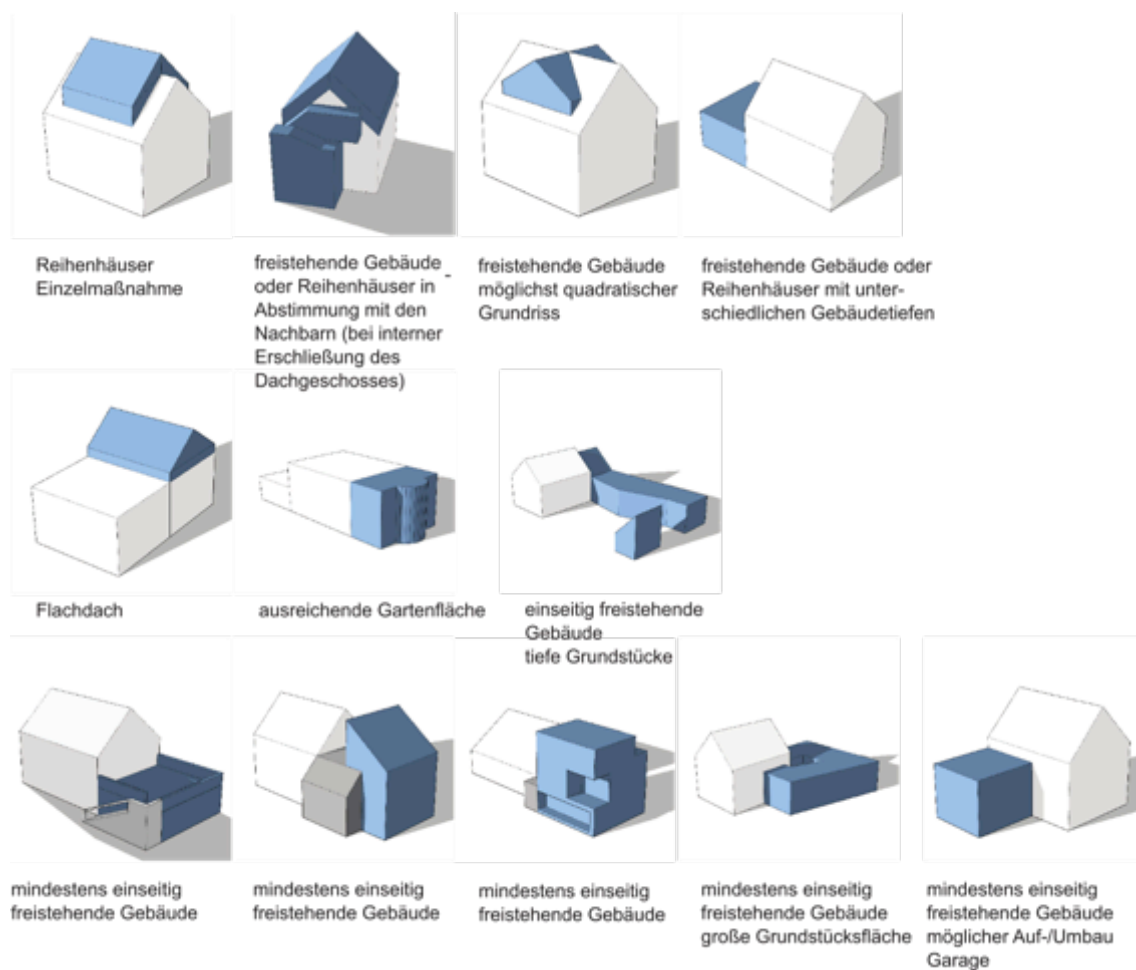
Abbildung 46: Gestaltung von Nachverdichtungsoptionen im Bestand



© Bundesstiftung Baukultur, Design auf Grundlage: Erfurth Kluger Infografik; Überarbeitung durch: Heimmann und Schwantes

Quelle: Bundesstiftung Baukultur (BSBK), Reiner Nagel: Besser Bauen in der Mitte. 2018 <https://www.bundesstiftung-baukultur.de/besser-bauen-handbuch>

Abbildung 47: Nachverdichtungstypologie im Bereich Ein- und Zweifamilienhausbau



Quelle: Eigene Abbildung (Wettbewerbsbeitrag Städtebaulicher Wettbewerb »Faktor X – Ressourceneffizientes Bauen und Wohnen« in Eschweiler-Dürwiß 2012, BKR Aachen)

Ziel einer nachhaltigen Steuerung der Flächenentwicklung sollte die Flächenkreislaufwirtschaft sein, bei der der Bauflächenbedarf durch Umbau, Umnutzung, Verdichtung (oder auch Entdichtung) im Bauflächenbestand gedeckt wird und eine weitere Inanspruchnahme von Außenbereichsflächen unterbleiben kann.

Planerisch bedeutet die Verfolgung der hier skizzierten Nachverdichtungsstrategien, dass in Bebauungsplänen entsprechende städtebauliche Festsetzungen zu den bebaubaren und unbebaubaren Grundstücksflächen sowie Grundflächenzahl (GRZ) und Geschossflächenzahl (GFZ)⁷⁷ neu bzw. angepasst an die neuen baulichen Anforderungen festgesetzt werden (siehe auch Zielbereich 2). Derartige Bauleitplanverfahren können im Vorlauf und in der Durchführung genutzt werden, mit Bewohner:innen und Eigentümer:innen die neuen Ziele an ihre Bedürfnisse angepasst zu erörtern und abzustimmen (siehe bspw. Projekt "Haus-Aufgaben im Münsterland"⁷⁸ im Rahmen der Regionale 2016 ZukunftsLAND im Westmünsterland).

Im Neubaubereich sollten entsprechende städtebauliche Entwürfe erstellt und bauplanungsrechtlich durch hohe GFZ und geringe GRZ abgesichert werden.

⁷⁷ Die Grundflächenzahl GRZ gibt an, wieviel Quadratmeter Grundfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind (§19 Abs. 1 BauNVO). Die Geschossflächenzahl GFZ gibt an, wieviel Quadratmeter Geschossfläche je Quadratmeter Grundstücksfläche zulässig sind (§20 Abs. 2 BauNVO).

⁷⁸ HausAufgaben Münsterland: Werkstattreihe der Regionale 2016. <http://hausaufgaben.ms> Zuletzt abgerufen 07.09.2020

Abbildung 48: Bebauungsplan der Innenentwicklung zur geordneten Verdichtung älterer bebauter Siedlungsbereiche



- ▶ Aufwertung der bestehenden städtebaulichen Situation
- ▶ Nachverdichtung im Blockinnenbereich
- ▶ dichtere Bebauung im Blockrandbereich - zwei Vollgeschoss zzgl. Dachgeschoss (Satteldach)
- ▶ niedrigere „1½-geschossige“ Bebauung im Blockinnenbereich in zweiter Reihe
- ▶ WA, GFZ 0,4, GRZ 0,8
- ▶ Abstimmung mit Grundstückseigentümern im Aufstellungsverfahren

Quelle: Stadt Troisdorf 2016, Bebauungsplan B 193

6.2.1.4 Strategiebereich 4: Erhalt und Entwicklung von Grün- und Freiflächen

Als zweite Säule der doppelten Innenentwicklung zählt der Erhalt und Entwicklung von Grün- und Freiflächen zur Sicherung von Lebensqualität in der Stadt, zur Abmilderung der Folgen des Klimawandels („Schwammstadt“) oder zur Wahrung von Ökosystemleistungen. Die „Grüne Stadt“ (Scholz 2018) oder gar die Gartenstadt 21 (BBSR 2017b) wurden hierzu als entsprechende Leitbilder formuliert (siehe auch BBSR 2017c).

In der Diskussion hat sich dabei ein entscheidender Schritt von der traditionellen Grünplanung zur Wahrung und Entwicklung urbaner grüner Infrastruktur vollzogen: Das neue Vorgehen zeichnet sich dadurch aus, dass Themen wie ökologische Verbünde, Nachhaltigkeit, Klimawandelanpassung und -abmilderung sowie Landschafts- und Freiraumplanung strategisch und integriert betrachtet werden. Naturschutz und Siedlungsflächenentwicklung, Wachstumspolitik und graue Infrastruktur werden so zu Elementen übergreifender strategischer Ansätze.

„Urbane grüne Infrastruktur ist ein Netzwerk aus naturnahen und gestalteten Flächen und Elementen in Städten, die so geplant und unterhalten werden, dass sie gemeinsam eine hohe Qualität in Hinblick auf Nutzbarkeit, biologische Vielfalt und Ästhetik aufweisen und ein breites Spektrum an Ökosystemleistungen erbringen. Alle Arten von vegetations- und wassergeprägten Flächen und Einzelementen können Bestandteile der grünen Infrastruktur sein oder werden, unabhängig von Besitzverhältnissen und Entstehung. Auch versiegelte und bebaute Flächen können durch Entsiegelung, Begrünung, Bepflanzung mit Bäumen als Teil der grünen Infrastruktur qualifiziert werden. (...) Der Ansatz bietet Anregungen, um den Bestand an Grün- und Freiflächen in Städten strategisch als ein Verbundsystem weiterzuentwickeln, das vielfältigen sozialen, ästhetischen und ökologischen Nutzen bringt. Durch integrierte Planung und Kooperation können neue Flächenpotenziale erschlossen und multifunktionale Lösungen entwickelt werden.“ (BFN 2017, 3; siehe auch BMUB 2017). Diese lassen sich folgendermaßen unterscheiden (BMUB und BBSR 2017):

- ▶ Grundstücks- und wohnungsbezogene Freiräume (bspw. Höfe, Gärten, begrünte Gebäudeflächen oder Gewerbegrün),
- ▶ quartiers- und stadtteilbezogene Grün- und Freiräume (bspw. Parks, Plätze, Straßenräume oder Gemeinschaftsgärten),
- ▶ Grün- und Freiräume, die aufgrund ihrer Größe und Lage innere und äußere Stadtränder bilden (bspw. Volksparks, Kleingartenanlagen, Stadtwälder oder urbane Landwirtschaftsflächen,
- ▶ weitere Freiräume wie Brachen, Bauerwartungsland, Rest- und Sukzessionsflächen,
- ▶ Potentiale urbaner Freiräume lassen sich auch aus Begleiträumen entlang von Infrastrukturtrassen wie Kanälen, entlang von Flüssen oder auch Flächen der Regenwasserbewirtschaftung und Stellplatzanlagen gewinnen, die zumindest temporär als Freiräume nutzbar sein könnten.

Drei übergreifende Strategien bilden hier die Grundlage: Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume (a. a. O.).

Eine bundesweite Analyse der Situation in wachsenden Städten zeigt unterschiedliche kommunale Realitäten und Kulturen. Städte wie München oder Freiburg werden zwar immer dichter, aber den Kommunen gelingt es in der Innentwicklung, auch Freiräume zu qualifizieren und in die öffentliche Pflege zu nehmen. Eine Grundlage hierfür sind langjährige Erfahrungen mit dem Stadtwachstum und eine wirtschaftlich stabile Lage der Kommunen. In Politik und planenden Verwaltung ist ein Bewusstsein entstanden, dass mit der Ausweisung von Bauland auch die Notwendigkeit zur Freiraumentwicklung verbunden ist. Instrumente der kooperativen Baulandentwicklung (in München bspw. die Sozialgerechte Bodennutzung SoBoN) sind etabliert und ein integraler Bestandteil der städtebaulichen Entwicklung. So hat München eine Freiraumstrategie mit dem Zielhorizont 2030 aufgestellt, in der Stadtverdichtung und Freiraumqualifizierung zusammengeführt werden.

6.2.1.5 Strategiebereich 5: Monitoring des Materialverbrauchs

Einen weiteren wichtigen Aspekt für eine nachhaltige Flächenentwicklung stellt das Monitoring des Materialverbrauchs dar. Dies spielt bislang allerdings abseits von einigen Modellvorhaben der letzten Jahre keine besondere Rolle bei planerischen Entscheidungen und ist den meisten Akteuren in seiner Dimension im Hinblick auf den absoluten Ressourcenverbrauch und die Auswirkungen auf das Klima unbekannt.

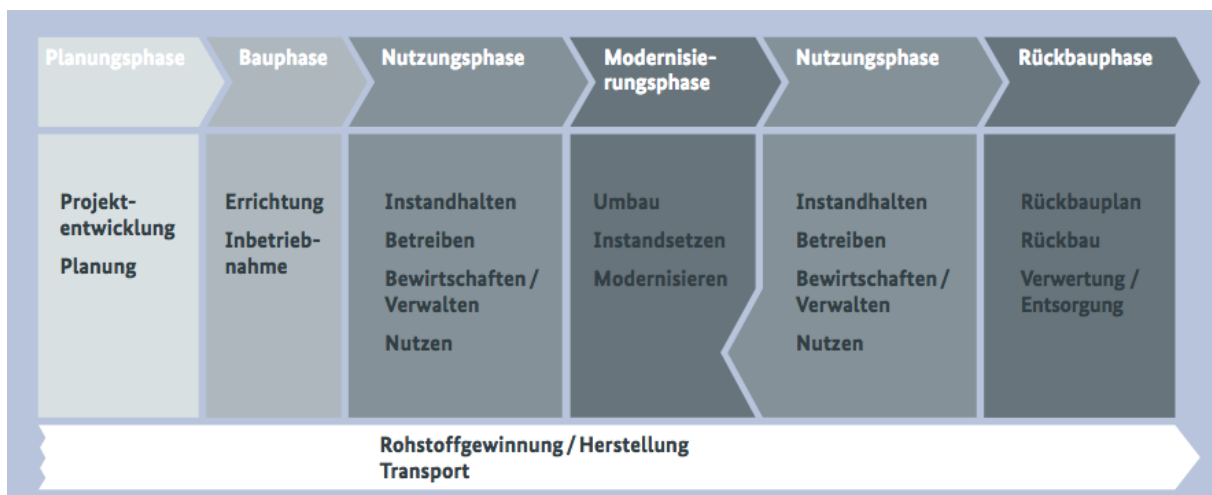
Dieses Vorhaben des Umweltbundesamtes hat beispielhaft ein Tool entwickelt, das anhand von verschiedenen Modellparametern die Ressourcendimension der baulichen Siedlungserweiterung greifbar macht (vgl. Kapitel 4). Solange dieses (oder vergleichbare) Tools nicht (fach-)öffentlich in der Breite anwendbar sind, können die Modellierungsergebnisse aus den Fallstudien im Zuge von Analogieschlüsseln und Übertragungen auf Planfälle als Orientierung für den Materialverbrauch bei unterschiedlichen Szenarien der Siedlungsentwicklung herangezogen und in planerische Entscheide über Entwicklungsstrategien einbezogen werden.

6.2.2 Zielbereich 4: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine ressourcenschonende Siedlungsentwicklung.

6.2.2.1 Handlungsansätze zur Reduktion von Umweltbelastungen

Aus einer planerischen Perspektive bestehen im Lebenszyklus von Gebäuden Einwirkungsmöglichkeiten zur Reduktion und Effizienzsteigerung im Materialverbrauch insbesondere in der Planungs- und Bauphase, ggf. in der Modernisierungsphase sowie in der Rückbauphase (Lützkendorf 2007).

Abbildung 49: Phasen im Lebenszyklus eines Gebäudes



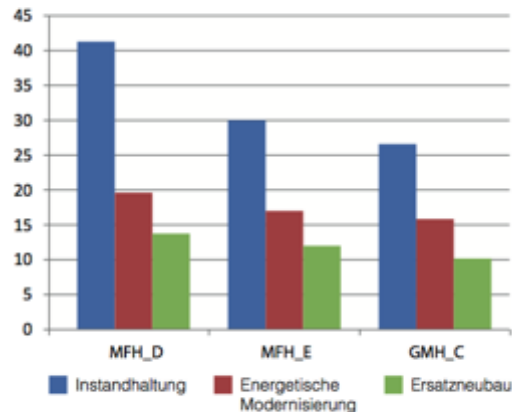
Quelle: BBSR, in Anlehnung an Lützkendorf, T. (2007)

In der **Planungsphase** haben Kommunen u. a. über die Bauleitplanung und die Fachplanungen die Möglichkeit, direkt oder indirekt Einfluss auf die Materialintensität der Stadtentwicklung zu nehmen. Beispielsweise können mit der Formulierung entsprechender Grundsätze der Bauleitplanung Anforderungen für den Ressourcenschutz formuliert werden (Roßnagel und Hentschel 2017, 72ff.). Grundsätzlich ist es durch Ergänzungen der Bauleitplanung möglich, einen bestimmten Anteil an Sekundärrohstoffen auch für den Bau und die Sanierung von Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden vorzuschreiben (a. a. O., S. 75).

Mit Blick auf die **Modernisierungsphase** stellt sich die Frage der Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus als Beitrag zu Energieeinsparung und Klimaschutz bei Wohngebäuden – im Vergleich zu einer Instandhaltung oder einer energetischen Modernisierung eines Gebäudes (BMVBS 2012). Ein Vergleich dieser Varianten zeigt u. a. sehr deutliche Vorzüge eines Ersatzneubaus bei der Gebäudeenergiebilanz, deutliche Vorzüge einer eher passiven Instandhaltung in Bezug auf das eingesetzte Baumaterial. Aus Sicht der in Anspruch genommenen Ressourcen kann Ersatzneubau einen Beitrag zum Klimaschutz leisten, gegenüber der Modernisierung hat er jedoch keine Präferenz. Aus umfassender ökobilanzieller Sicht schneidet der Ersatzneubau jedoch schlechter ab als die energetische Modernisierung.

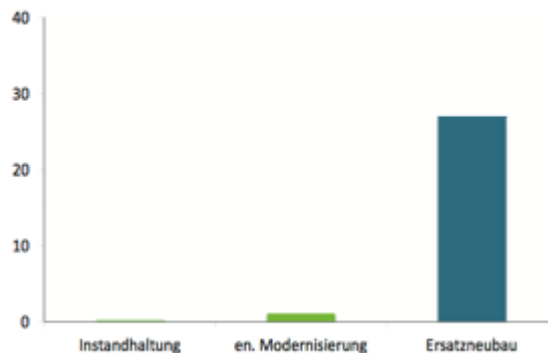
Abbildung 50: Emissionen und Materialintensität bei Instandhaltung, energetischer Modernisierung und im Ersatzneubau

Abbildung 7
Schadstoffemissionen: Kohlenstoffdioxid (CO₂-Äq) in kg/m²a



Quelle: RegioKontext GmbH

Abbildung 8
Eingesetzte Stoffmasse in kg/m²a am Beispiel des Gebäudetyps MFH_D



Quelle: RegioKontext GmbH

Quelle: RegioKontext GmbH

In Bezug auf die **Rückbauphase** stellt die Wiederverwertung von Bauteilen bspw. in Bauteilbörsen oder in Einzelprojekten bisher eine Marktnische dar (Dechantsreiter et al. 2015); ein innovatives Beispiel bietet das niederländische Modellprojekt SUPERLOCAL der IBA Parkstad Limburg in Kerkrade. Hier wurden drei in die Jahre gekommene Hochhausscheiben teilweise zurück-gebaut und die ausgebauten Bauteile und Materialien vor Ort für den Bau neuer Wohnangebote oder als Rohstoff für die Freiraumgestaltung genutzt.⁷⁹

Die übergreifenden Zielebenen einer Reduktion und Effizienzsteigerung im Materialverbrauch sind im Einzelnen (nach BMUB 2016):

► ... in Bezug auf baustoffliche Ressourcen

- die Verlängerung der Nutzungsdauer von Produkten, Baukonstruktionen und Gebäuden
- der Einsatz wiederverwendbarer oder -verwertbarer Bauprodukte / Baustoffe
- die gefahrlose Rückführung der Stoffe in den technischen oder, soweit sinnvoll, in den natürlichen Stoffkreislauf
- die Senkung des Ressourcenbedarfs bei der Erstellung und dem Betrieb von Gebäuden
- der Einsatz nachhaltig erzeugter nachwachsender Rohstoffe (auch unter dem Aspekt der Erhaltung der biologischen Vielfalt)

► ... in Bezug auf nicht baustoffliche Ressourcen

- Nutzung von Regen- oder Grauwasser sowie
- Reduzierung des Trinkwasserverbrauchs

⁷⁹ Project 31 SUPERLOCAL <https://www.iba-parkstad.nl/projecten/superlocal/> zuletzt abgerufen 05.04.2023.
<https://www.superlocal.eu> zuletzt abgerufen 05.04.2023

- ▶ ... in Bezug auf energetische Ressourcen
 - Reduzierung von Transportaufwendungen von Baustoffen und -teilen
 - Minimierung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase
 - Einsatz regenerativer Energie
- ▶ ... in Bezug auf biologisch vielfältige Flächenressourcen
 - Minimierung der Flächeninanspruchnahme durch das Gebäude
 - Durchführung von Ausgleichsmaßnahmen

Weitere Aspekte einer ressourcenschonenden umweltgerechten Siedlungsentwicklung betreffen die Art und Weise, wie der weiterhin bestehende Neu- und Ersatzbaubedarf gesteuert und gestaltet werden können, d. h. welche grundsätzlichen städtebaulichen Strategien im Hinblick auf die Baugestaltung und welche Bautechniken im Hinblick auf die Bauausführung werden verfolgt.

- ▶ An erster Stelle steht die Strategie, den Neubaubedarf zu vermeiden und zu vermindern – soweit dies überhaupt möglich und sinnvoll ist. Einige Aspekte hierzu sind in den Zielbereichen 2 und 3 zu finden: Umbau des Gebäudebestandes mit dem Ziel der besseren Nutzung der verfügbaren Flächen durch Wohnungsteilung oder – bedarfs- und nachfragegerecht – Bereitstellung neuer Wohnformen (bspw. für Gemeinschaftswohnen, Wohngemeinschaften, Wohngruppen).
- ▶ Des Weiteren lässt sich der Neubaubedarf vermindern, indem bestehende Bausubstanz wieder- und weitergenutzt wird, sowohl für die ursprüngliche wie auch für neue Nutzungsarten, und dabei auch an neue Anforderungen angepasst wird⁸⁰ (siehe auch Zielbereich 2). Beispiele hierfür finden sich in vielen Städten, in denen die historischen Altbauten über die Jahrhunderte immer wieder umgebaut und neu genutzt wurden. Vorteil: Ein großer Teil der Bausubstanz und die darin gespeicherte Energie bleiben erhalten und können – soweit möglich und sinnvoll – an neue energetische Anforderungen angepasst werden (Gebäudedämmung, Wärmeversorgungssysteme). Um- und Ausbau bedarf weniger Material als ein kompletter Neubau und schafft überdies mehr Arbeitsplätze als eine durchrationalisierte Neubaustelle⁸¹.
- ▶ Für die Bauausführung empfehlen sich unter Ressourcenschutzaspekten Leichtbauweisen, Modulbauweisen, Recyclingbaustoffe und Baustoffe aus nachwachsenden Rohstoffen soweit möglich einzusetzen. Vorbild können bspw. die Faktor-X-Siedlungen⁸² in Nordrhein-Westfalen sein oder moderne Holzbauten, wie sie zunehmend in ganz Deutschland entstehen. Gesichert werden derartige Anforderungen bevorzugt auf vertragsrechtlichem Wege über Grundstückskaufverträge und/oder städtebauliche Verträge gem. §11 BauGB und bei Verfahren gem. §12 BauGB (Vorhaben- und Erschließungsplan).

⁸⁰ Im Rahmen der Architekturbiennale 2012 hat Muck Petzet den deutschen Beitrag unter die Überschrift 'Reduce – Reuse – Recycle' gestellt, die diese Strategien gut umschreiben, und entsprechende anschauliche Beispiele geliefert.
<https://www.baunetz.de/biennale/2012/home.php?rub=3> Zuletzt abgerufen 03.09.2020

⁸¹ Handelsblatt vom 24.08.2018: Gebäudesanierung kann Arbeitsplätze schaffen und das Klima schützen.
<https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-gebaeudesanierung-kann-arbeitsplaetze-schaffen-und-das-klima-schuetzen/21202910.html> Zuletzt abgerufen am 11.01.2023

⁸² Entwicklungsgesellschaft Indeland GmbH, Faktor X-Agentur: <https://faktor-x.info/schwerpunkte> .Zuletzt abgerufen 23.09.2023

- Nicht unbeachtet bleiben darf das Thema des schadstoffarmen Bauens bzw. von Schadstoffemissionen aufgrund von Modernisierungs- und Neubauvorhaben. Diese können je nach Baualter und verwendeten Baustoffen von großer Bedeutung für die menschliche Gesundheit und die Umwelt sein.⁸³
- Weniger eine eigene Strategie als vielmehr die Folge der Anwendung der oben genannten Strategien zur Ressourceneffizienz in der Bauausführung ist die Reduzierung des Abfallaufkommens im Baubereich. Gleichwohl kann die Stadt durch Beratung und Information darauf hinwirken, dass auf Baustellen anfallende Rest- und Abfallstoffe soweit möglich vermieden und ansonsten recyclinggerecht gesammelt und entsorgt werden (genaue Trennung und Sammlung sowie Kennzeichnung und Abfuhr).
- Zur Umsetzung derartiger Prinzipien wird empfohlen, häufiger und konsequenter Gebrauch von dem Instrumentarium der Konzeptvergabe, der städtebaulichen Verträge und der städtebaulichen Wettbewerbe zu machen. Diese Instrumente fördern die Integration innovativer Ideen und die Einbindung von ökologischen und sozialen Anforderungen in Vergabeverfahren.

6.2.3 Zielbereich 5: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine klimaschonende Siedlungsentwicklung.

Auf kommunaler Ebene ist das Handlungsfeld des Klimaschutzes angekommen. Eine Vielzahl von Leitfäden und Konzepten liegen mittlerweile vor, so dass die Frage der Schaffung von Handlungskapazitäten zur Umsetzung derartiger Maßnahmen gegenwärtig im Zentrum der Diskussion steht (Bierwirth et al. 2016).

So haben ausgewählte Kommunen in den letzten Jahren kommunale Klimaschutzkonzepte erstellt, gefördert durch die Nationale Klimaschutzinitiative der Bundesregierung⁸⁴. Im Rahmen der Masterpläne 100%-Klimaschutz zielen 17 deutsche Städte darauf ab, bis zum Jahr 2050 Emissionsfreiheit zu erreichen (Förderschwerpunkt „Masterplan 100%-Klimaschutz“⁸⁵). Im Programm „Energetische Stadtsanierung - Klimaschutz und Klimaanpassung im Quartier“⁸⁶ wird gegenwärtig in einer Vielzahl von Stadtquartieren die Entwicklung ambitionierter Handlungskonzepte gefördert. Gleiches gilt für wichtige Sektoren einer nachhaltigen Stadt wie der urbanen Mobilität.

Eine synoptische Übersicht und Strukturierung über die planerischen Zugänge zum Klimaschutz gibt die vom UBA herausgegebene Praxishilfe „Klimaschutz in der räumlichen Planung“, in der sich vielfältige Hinweise und Empfehlungen zur Verfolgung einer klimaschützenden Siedlungsentwicklung finden (Ahlhelm et al. 2012); vgl. auch Abbildung 51:

- Strategiebereich 1: Wärme und Kälte
 - Minimierung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase
 - Schaffung energieeffizienter Siedlungsstrukturen

⁸³ Siehe hierzu bspw. Wicke et al. 2021: Bauen und Sanieren als Schadstoffquelle in der urbanen Umwelt; Hinweise zum schadstoffarmen Bauen bietet das Portal Nachhaltig Planen und Bauen <https://www.nachhaltigesbauen.de/>

⁸⁴ Weiterführender Link: <https://www.klimaschutz.de/de>

⁸⁵ Nationale Klimaschutzinitiative, Geförderte Projekte, Suchbegriff Masterplan 100% Klimaschutz <https://www.klimaschutz.de/de/projekte>. Zzgl. 8 Anschlussförderungen.

⁸⁶ Weiterführender Link: <https://energetische-stadtsanierung.info/>

- Nachhaltige Wärme- und Kälteversorgung
- ▶ Strategiebereich 2: Mobilität
 - Senkung des Mobilitätsaufwandes
 - Stadt und Region der kurzen Wege
 - Senkung des Verkehrsaufwandes
- ▶ Strategiebereich 3: Elektrizität
 - Minimierung des Energiebedarfs in der Nutzungsphase
 - Klimaschützende Stromproduktion
 - Transmission und Speicherung
- ▶ Strategiebereich 4: Kohlenstoffsenken
 - Vermehrung von Mooren, Feuchtwiesen, Wald
 - Eine umfassende Übersicht über Handlungsansätze im kommunalen Klimaschutz finden sich bei (Ahlhelm et al. 2012) oder auch bei (DIFU 2018).
- ▶ Strategiebereich 5: Regionaler und interkommunaler Klimaschutz
 - Regionale Strategien zur erneuerbaren Energieproduktion, Verteilung und zur Energieeinsparung

Im Handlungsfeld Klimaschutz und Energiewende haben in wachsenden Metropolregionen interkommunale bzw. regionale Kooperationen wichtige Funktionen übernommen, da diese die kommunale Ebene in ihren Bestrebungen unterstützt, strategische Abstimmungen in regionalen Nachhaltigkeitsthemen voranzutreiben und die Energiewende entsprechend umzusetzen.

Und dies in mehrfacher Hinsicht:

- ▶ Viele klimaschutzrelevante Aufgabenfelder wie der Verkehr oder das Flächenmanagement sind klassische Stadt-Umland- bzw. Ballungsraumthemen, die sich nur im Rahmen verbindlicher interkommunaler Zusammenarbeit und regionaler Kooperation angemessen bewältigen lassen.
- ▶ Das Thema der Regionalisierung des Klimaschutzes wird in vielen Regionen bereits durch eine Reihe interkommunaler bzw. regional angelegter Projekte forciert. Zudem antizipiert eine forcierte Energiewende mit Blick auf die Nutzung von Potenzialen für Erneuerbare Energien auch neue Arbeitsteilungen im Stadt-(Um-)Land Verhältnis.
- ▶ Überregionale Trends in Regionen (bspw. ökonomischer Strukturwandel, Demografie, sozialer Wandel), die unter Klimaschutz- und Energiewendegesichtspunkten von hoher Relevanz sind, lassen sich kaum auf kommunaler Ebene alleine steuern, sondern zeigen mindestens im regionalen Maßstab ihre sozialen und räumlichen Wirkungen.
- ▶ Eine Vielzahl von Kommunen unterliegt der Kommunalaufsicht und besitzt weder die personellen Möglichkeiten noch die finanziellen Ressourcen, eigenständig Klimaschutzkapazitäten in allen relevanten Handlungsfeldern systematisch aufzubauen oder

weiter umzusetzen. Die regionale Ebene kann daher Kommunen Unterstützungsleistungen zuteil kommen lassen oder diese unterstützen externe Fördermittel zu akquirieren.

Verstärkte interkommunale bzw. regionale Kooperationen bilden daher eine wichtige Möglichkeit, Kapazitätsprobleme von Kommunen in der Gestaltung und Umsetzung der Energiewende auf lokaler Ebene angemessener zu adressieren.

Regionale Energiekonzepte wurden indes für die meisten wachsenden Metropolregionen in Deutschland entwickelt. 151 interkommunale Verbände haben sich unterdessen informell zusammengeschlossen, um bis 2050 eine zu 100% auf Erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung aufzubauen (www.100ee.de).

Allerdings werden große Hindernisse einer verstärkten regionalen/interkommunalen Kooperation

- ▶ in der die Einbindung in die kommunalen Verwaltungsprozesse,
- ▶ in den begrenzten personellen, finanziellen und zeitlichen Ressourcen,
- ▶ in den zu erfüllenden Anforderungen nationaler und europäischer Förderprogramme an Konzeptinhalte und
- ▶ in der mangelnden Verfügbarkeit und Qualität der zur Konzepterstellung erforderlichen Daten genannt (Jahn et al. 2015).

Strategische Handlungsansätze auf regionaler/interkommunaler Ebene wurde im Rahmen des Projektes „Energiewende Ruhr“⁸⁷ systematisiert. Folgende Rollen und Handlungsansätze sind darin für die regionale/interkommunale Ebene im Klimaschutz in den Handlungsfeldern vorgeschlagen (vgl. Schüle et al. 2017):

- ▶ Gebäude und Quartiere/Energieeffizienz
- ▶ Mobilität und Siedlungsentwicklung
- ▶ Energieumwandlung und Netze
- ▶ Strukturpolitik und Raumökonomie
- ▶ Regionale Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Klimafolgenanpassung

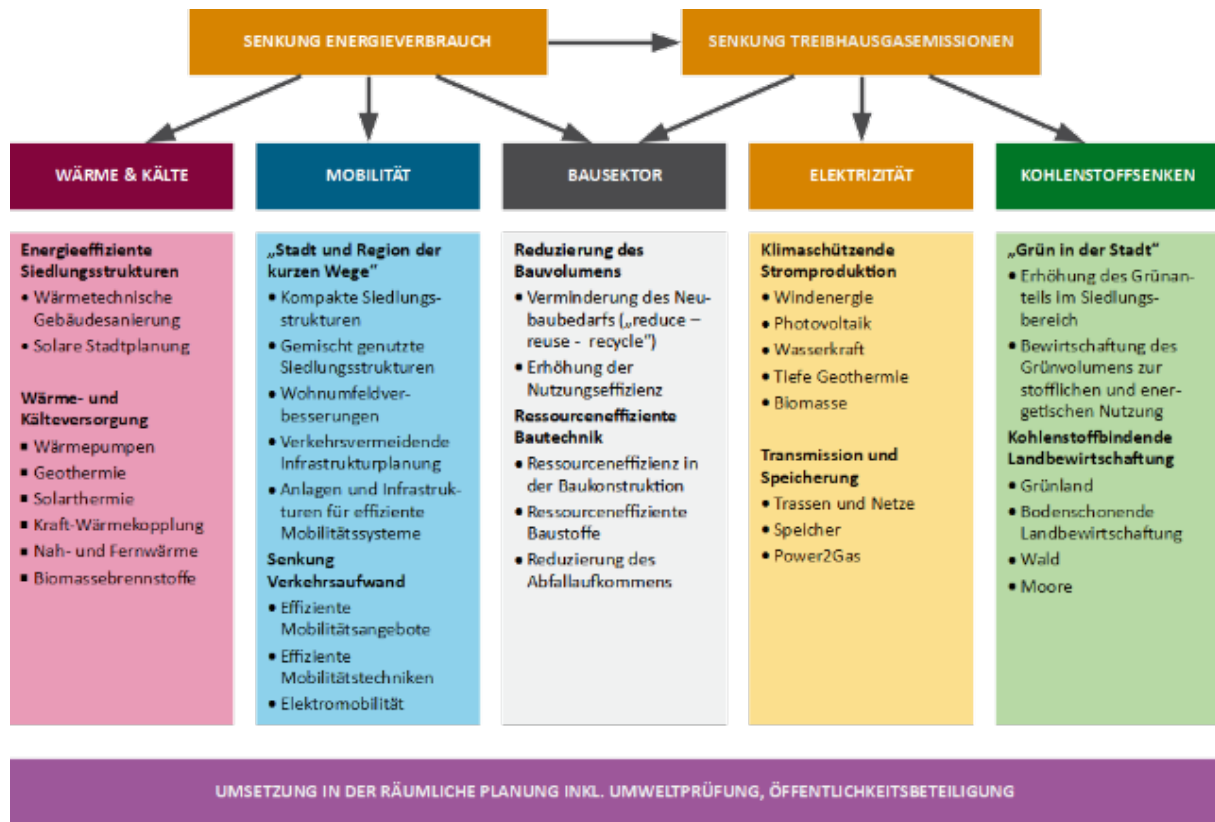
Der Klimaschutz in der Siedlungsentwicklung stellt somit ein eigenständiges und mittlerweile gut dokumentiertes Handlungsfeld⁸⁸ dar. Im Wesentlichen geht es dabei darum, durch eine kompakte Bau- und Stadtstruktur den Energieverbrauch bzw. -aufwand für die Wärme- und Stromversorgung – soweit dies in den Bestandsgebäuden möglich ist – sowie für die Mobilität zu reduzieren und den verbleibenden Energiebedarf effizient und klimaneutral zu produzieren und zu verteilen. Die energetische Sanierung von Wohngebäuden (und anderen Gebäuden) – d. h. Wärmedämmung – auch in der denkmalgerechten Ausführung – in einem auch wirtschaftlichen Umfang, kombiniert mit verschiedenen erneuerbaren Energien – lässt sich dabei gut mit dem

⁸⁷ Weiterführende Informationen zu den Projektergebnissen und Veröffentlichungen sind auf der Webseite verfügbar: www.energie-wende-ruhr.de.

⁸⁸ Siehe bspw. Ahlhelm, Inge, Andreas Bula, Stefan Frerichs, Klaus-Martin Groth, Ajo Hinzen, Susann Kerstan, Thomas Madry, Ralf Schüle, Tanja Freund und Ulrich Jansen. 2012. Klimaschutz in der räumlichen Planung: Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung – Praxishilfe. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-in-raeumlichen-planung>. DIFU. 2018. Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden. 3. Auflage. Berlin: Deutsches Institut für Urbanistik. <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de>.

oben skizzierten Umbau des Gebäudebestandes zur Anpassung an geänderte und neue Nutzungsbedürfnisse kombinieren.

Abbildung 51: Handlungsfelder einer klimaschützenden Siedlungsentwicklung



Quelle: Ergänzt nach Frerichs, Hinzen und Schüle (2011)

Die großen Waldgebiete bieten sich überdies an, nicht allein als Ressource für den Bau oder die Energiegewinnung (dies wird mittlerweile auch zunehmend kritisch gesehen) zu betrachten, sondern als Kohlenstoffsenke, denn gesunde Wälder können viel davon speichern⁸⁹. Ob und in welchem Umfang dies im laufenden Klimawandel in waldreichen Gebieten (noch) möglich ist, muss allerdings noch genauer untersucht werden, bspw. im Hinblick auf den notwendigen Waldumbau mit neuen Baumarten und ihren spezifischen Wachstumsraten und Speichermöglichkeiten im Verhältnis zur Waldnutzung / Entnahme von Holz für die materielle und energetische Nutzung. Von kommunaler Seite kann hier über den Landschaftsplan Einfluss genommen werden und vor allem informierend, unterstützend und motivierend gegenüber den privaten Waldbesitzer:innen wirken sowie im eigenen Waldbestand vorbildmäßig wirken.

6.2.4 Zielbereich 6: Anforderungen, Strategien, Werkzeuge und Instrumente für eine umweltgerechte Siedlungsentwicklung.

Schließlich spielen in der nachhaltigen klimagerechten Siedlungsentwicklung nicht nur die Handlungsfelder Flächenverbrauch, Materialverbrauch und Energie, sondern auch die übrigen Umweltgüter eine Rolle.

⁸⁹ Kompetenz- und Informationszentrum Wald und Holz: 02.07.2019 Wald in Zahlen: Die Kohlenstoffinventur <https://www.kiwuh.de/presse/themendossiers/kohlenstoffspeicher/details/wald-in-zahlen-die-kohlenstoffinventur>

6.2.4.1 Strategiebereich 1: Bodenschutz und Entsiegelung

Die effiziente Flächennutzung für Wohnen und Gewerbe reduziert nicht nur den Siedlungsflächenverbrauch im Außenbereich, sondern schützt auch den Boden im Innenbereich, der damit vermehrt entsiegelt und begrünt werden kann und so der Aufenthaltsqualität der Menschen, aber auch der biologischen Vielfalt, dem Wasserhaushalt oder auch dem Stadtklimaschutz dienen kann. Information und Werbung, Entsiegelungs- und Begrünungsprogramme, aber auch planungsrechtliche Festsetzungen zu den bebaubaren und unbebaubaren Grundstücksflächen und ihrer Nutzung (siehe auch oben) sowie vertragsrechtliche Regelungen können helfen, diese Potenziale auch nutzbar zu machen.⁹⁰

6.2.4.2 Strategiebereich 2: Verbesserung der Luftqualität

Lärmbelastungen und Belastungen der Lufthygiene insbesondere durch den Autoverkehr und den Hausbrand stellen heute in vielen (vor allem größeren) Städten wesentliche und konfliktbelastete Beeinträchtigungen der Umweltqualität dar. Die Verfolgung und Umsetzung von Zielen einer ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung kann auch eine Verbesserung in diesen Umweltbereichen erreichen: die Reduzierung des motorisierten Verkehrs zugunsten des Umweltverbundes oder die Umsetzung von Klimaschutzzielen weisen vielfältige Synergien mit der Reduzierung von Luft- und Lärmbelastungen auf.⁹¹

6.2.4.3 Strategiebereich 3: Anpassung an die Folgen des Klimawandels⁹²

Zunehmend wird erkennbar, dass neben dem Klimaschutz auch das Handlungsfeld Klimaanpassung an die unvermeidbaren Folgen des Klimawandels von großer Bedeutung für eine nachhaltige klimagerechte Siedlungsentwicklung ist. Wie auch im Handlungsfeld Klimaschutz sind in den letzten Jahren für die Klimawandelanpassung umfangreiche Materialien, Informationsgrundlagen und Handlungsempfehlungen erstellt und den Kommunen und anderen Akteuren zugänglich gemacht worden.⁹³

Hitze und Dürre (anhaltende Trockenheit) haben in den letzten Jahren zu erheblichen Schäden in Land- und Forstwirtschaft geführt und auch die städtischen Grünflächen und den öffentlichen Baumbestand beeinträchtigt. Hitzesensible Personen wie Kinder, Kranke und alte Menschen leiden dabei in besonderem Maße unter anhaltender Hitze ebenso wie Menschen, die ihren Tagesablauf nicht an besonders heiße Phasen des Tages anpassen können. Daneben sind immer wieder extreme Niederschlagsereignisse aufgetreten, die Stadtbereiche überflutet und zu Schäden an öffentlichen und privaten Gebäuden geführt haben.

Die planerische Vorsorge vor und der Umgang mit den Folgen von extremen Wetterereignissen stellen erst einmal keine grundsätzlich neuen Aufgaben für die Raum-, Siedlungs- und Infrastrukturplanung dar, sondern spielen in vielen alltäglichen Planungsprozessen bereits jetzt eine je nach örtlichen Verhältnissen mehr oder minder große Rolle. So befasst sich mit Blick auf die Klimaanpassung die räumliche Planung schwerpunktmäßig mit folgenden Aufgaben (Ahlhelm et al. 2016, 14):

⁹⁰ Siehe hierzu bspw. Pannicke-Prochnow et al. 2021: Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung; Sieker et al. 2019: Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten.

⁹¹ Siehe hierzu bspw. UBA Portal Umweltbelastungen durch Verkehr <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/umweltbelastungen-durch-verkehr> Zuletzt abgerufen 19.05.2022

⁹² Ahlhelm, Inge, Stefan Frerichs, Ajo Hinzen, Bernd Noky, André Simon, Christoph Riegel, Anika Trum, Astrid Altenburg, Gerold Janssen und Carolin Rubel. (2016): Praxishilfe – Klimaanpassung in der räumlichen Planung. Raum- und fachplanerische Handlungsoptionen zur Anpassung der Siedlungs- und Infrastrukturen an den Klimawandel

⁹³ Ebenda

- ▶ Flächenvorsorge und Flächensteuerung zur Verbesserung des Wasserrückhalts in der Fläche und zum Schutz vulnerabler Siedlungs- und Infrastrukturen vor Hochwasser, Sturzfluten und Erdmassenbewegungen (durch Erosion, Erdbeben oder Murgang),
- ▶ Flächenvorsorge zur Freihaltung, Sicherung und Entwicklung klimaökologisch (und lufthygienisch) bedeutsamer Frei- und Ausgleichsfläche (bzw. Entlastungsflächen) im Siedlungsraum und zur Sicherung der Frischluftzufuhr,
- ▶ Schadensminderung durch Regenwassermanagement,
- ▶ Vorbeugung/Minderung zu erwartender/Abbau bestehender Hitzebelastungen im Siedlungsraum sowie Vorsorge vor Dürreereignissen.

Diese grundlegenden Strategieansätze zur Risikominderung von Vorsorge in der Planung werden – wo möglich und sinnvoll – ergänzt um räumliche Strategien zur Begrenzung des Energieverbrauchs und klimarelevanter Emissionen und um eine flächensparende und umweltschonende Fortentwicklung der bestehenden Siedlungs- und Infrastrukturen.

Ahlhelm et al. (2016, 36ff.) identifizieren folgende Handlungsansätze:

- ▶ Vorsorge und Schutz vor Hochwasser und Sturzfluten:
 - Freihaltung überschwemmungsgefährdeter Gebiete und Überschwemmungsgebiete,
 - Wiedergewinnung von Rückhalteräumen (gemäß Wasserrahmenrichtlinie),
 - Technische Hochwasserschutzmaßnahmen sowie ggf. Maßnahmen zur hochwasserangepassten Bebauung.
 - Strategie der wassersensiblen Stadtentwicklung (Frerichs et al. 2003, 69ff.; Pinnekamp et al. 2008, 26). Zu ihr zählt u. a.
 - naturnahe Regenwasserbewirtschaftung,
 - Beschränkung von Flächenversiegelungen,
 - Überflutungsmanagement
 - hochwasserangepasste Bauflächengestaltung
- ▶ Vorsorge und Schutz vor Hitzebelastungen
 - Anpassung von Belastungsräumen: Minderung von Überwärmungstendenzen:
 - Anpassung baulicher Strukturen (Dichte, Gebäudestellung, Gebäudeform, Gebäudevolumen),
 - Albedowerte (Rückstrahlvermögen) von Dächern,
 - Verbesserung der Grün- und Freiraumausstattung,
 - hitzeangepasster Umbau des Gebäudebestands,
 - dauerhafte Sicherung und Verbesserung der Funktion klimatischer Ausgleichs- und Entlastungsräume zur Sicherung/Verbesserung der nächtlichen Abkühlung:
 - Erhalt, Optimierung und nach Möglichkeit Neuschaffung klimatisch entlastender Frei- und Grünflächen,

- Verbesserung der wohnungsnahen Grünflächenversorgung,
- Sicherung/Verbesserung der Belüftungssituation (bspw. durch Verzahnung von Grün- und Siedlungsflächen, „Grünfinger“),
- dauerhafte Sicherung/Schaffung von Kaltluftentstehungsgebieten und Kaltluftbahnen, Freihaltung von durch-/überströmten Bereichen, Vermeidung/Beseitigung von Kaltfluthindernissen, Sicherung des Volumens der Kaltluftflüsse durch Vermeidung von Bebauung oder Vegetation.

6.2.4.4 Strategiebereich 4: Reduzierung von Lärmbelastungen⁹⁴

Lärmbelastungen sind – wie auch die Lufthygiene in Strategiebereich 2 – vor allem an viel befahrenen Verkehrsachsen gegeben. Auf der einen Seite können sich Bewohner:innen in ihren Wohnungen durch bauliche Maßnahmen, wie etwa Schallschutzfenster, die Belastung mindern, baulicher Lärmschutz kann aber auch entlang von Verkehrsachsen durch Schallschutzwände entstehen. Besondere Synergien zwischen ressourcenschonender Siedlungsentwicklung, Klimaschutz, Anpassung und der Minderung von Lärmbelastungen zeigt aber die Minderung des motorisierten Verkehrs. Hierbei stehen den Kommunen Möglichkeiten zur Verfügung, die den Umweltverbund (Fuß- und Radverkehr, öffentlicher Personennahverkehr) befördern.⁹⁵

6.2.4.5 Strategiebereich 5: Umweltprüfung⁹⁶

Eine wichtige Möglichkeit, die unterschiedlichen Anforderungen, Ziele und Belange einer ressourcenschonenden klimagerechten Siedlungsentwicklung in konkreten Planungen und Entscheiden zu identifizieren und umfassend integrierend abzuwägen besteht in der Anwendung des Instrumentes der Umweltprüfung. Dabei kann das Instrument sowohl in formalen Verfahren der Bauleitplanung als auch informell in der Form einer freiwilligen UVP angewendet werden. Vorteilhaft ist hier, dass die Expertise, das Fachwissen und die örtlichen Kenntnisse in unterschiedlichen Ämtern und Behörden sowie bei Verbänden und Akteuren systematisch erfasst und nutzbar gemacht werden kann. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit der genannten Beteiligten.

⁹⁴ Preuß et al. 2020; Gute Praxisbeispiele kompakter und zugleich lärmarmer städtischer Quartiere. Texte 195/2020. Umweltbundesamt; Frerichs et al. 2018 a. a. O.

⁹⁵ Preuß et al. 2020

⁹⁶ Frerichs et al. 2022; Köppcke et al. 2020: UVP-Änderungsrichtlinie 2014/52/EU und Klimawandel

7 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Während sich auf der einen Seite gezeigt hat, dass auf kommunaler Seite schon eine Reihe von Möglichkeiten bestehen, eine ressourcen- und flächenschonende Siedlungsentwicklung umzusetzen, wurden auch Grenzen und Schwierigkeiten kommunalen Handelns deutlich. Diese äußern sich auf der einen Seite in bestehenden Gesetzen und Regularien auf den übergeordneten politischen Ebenen und auf der anderen Seite in Schwierigkeiten der Umsetzung auf der kommunalen Ebene.

So ist beispielsweise in den Landesbauordnungen festgeschrieben, dass bei der Errichtung von Wohnungen (wie auch für andere bauliche Anlagen) sogenannte notwendige Stellplätze für PKW zu errichten sind oder – ist dies nicht möglich – diese durch eine von der Kommune festzulegende Summe abzulösen sind. Zwar haben Kommunen bei der Festsetzung des Stellplatzschlüssels einen gewissen Handlungsspielraum, dennoch bleibt eine Erstellungspflicht die Regel, während Entwicklungsprojekte mit deutlich reduziertem Autobesitz und -verkehr die Ausnahme bleiben, die langwierige Genehmigungsprozesse mit sich bringen können.

Bezüglich der Umsetzung der heute schon bestehenden Möglichkeiten einer ressourcen- und flächenschonenden Siedlungsentwicklung auf kommunaler Ebene wurde im Rahmen des Projekts von einer bisher teilweise fehlenden Sensibilisierung für das Thema in relevanten Verwaltungseinheiten oder in der lokalen Politik berichtet, aber auch von Kapazitätsproblemen verbunden mit dem Hinweis auf die Schwierigkeiten, im laufenden Tagesgeschäft neue Ansätze, Prozesse oder Richtlinien zu entwickeln und umzusetzen⁹⁷. Im Folgenden werden dementsprechend nicht nur die in Kapitel 6 ausführlich dargestellten Handlungsempfehlungen für die kommunale Ebene zusammengefasst, sondern auch Empfehlungen für die Bundes- und Landesebene formuliert.

7.1 Handlungsempfehlungen für die kommunale Ebene

Interkommunale Kooperation zur Entwicklung einer regional verankerten Entwicklungsstrategie unter Anwendung eines Demografiechecks kann diesen Treiber des Flächenverbrauchs mindern⁹⁸. So können gemeinsame Prognosen zur Bevölkerungsentwicklung und damit verbunden der Wohnraumversorgung koordiniert werden. Im Ergebnis kann ein regionales Wohnraummanagement entstehen, um die Bestände besser und gezielter an die Dynamiken in der Bevölkerungs- und Haushaltsstruktur anzupassen. (siehe Kapitel 6.1.1)

Eng damit verbunden sind – gerade im regionalen Verbund – die Schaffung und Verknüpfung nachhaltiger Mobilitätsinfrastrukturen und die Entwicklung multimodaler Verkehrsangebote in einem integrierten Mobilitätssystem. So kann eine Orientierung der Siedlungsentwicklung entlang leistungsfähiger Mobilitätsachsen unterstützt werden. Der Ausbau leistungsfähiger Informations- und Kommunikationsnetze kann vor dem Hintergrund flexibler werdender Arbeits(zeit)modelle zu einer Minderung insbesondere von Pendelverkehren beitragen. (siehe Kapitel 6.1.1.4)

Eine Art Paradigmenwechsel in der Siedlungsentwicklung braucht es bezüglich des Vorrangs eines bedarfsgerechten Umbaus des Gebäudebestands vor der Neuentwicklung von Flächen. Auch wenn „Innen- vor Außenentwicklung“ als Prämisse viel verwendet wird, sieht es in der

⁹⁷ Hinweise dieser Art kamen wiederholt im Rahmen der Workshops, die mit den Fallbeispielkommunen durchgeführt wurden, ebenso wie im Rahmen des Abschlussworkshops am 21. April 2021.

⁹⁸ Informationen und Beispiele finden Kommunen auf dem Portal „Aktion Fläche“: https://aktion-flaeche.de/aus_der_praxis.html

Realität oft noch anders aus:⁹⁹ Um eine Bestandsentwicklung zu etablieren, braucht es zunächst eine Datengrundlage und damit eine Bestands- und Bedarfserhebung. (siehe Kapitel 6.2.1.2) Um die Anpassung an sich ändernde Haushaltsgrößen und demografische Struktur von Wohnungen und Gebäuden zu adressieren, braucht es im nächsten Schritt entsprechende Aufklärung, Information und Beratung von Gebäudeeigentümer:innen (siehe Kapitel 6.1.2.1, 6.1.2.2). Sinnvoll ist auch die Integration entsprechender Maßnahmen in bestehende Förderprogramme (etwa zur energetischen Sanierung oder zur Barrierefreiheit¹⁰⁰).

Auf Quartiersebene bietet sich eine planerische Prozessbegleitung an (siehe Kapitel 6.1.2.3). Über Konzeptvergaben und kommunale Bodenpolitik wie das Erbbaurecht können Kommunen zusätzlich auf eine ressourcen- und flächeneffiziente Entwicklung von Wohnraum einwirken. Bevorzugt sollten hierbei bereits baulich genutzte Flächen sowie vorhandene Bausubstanz (neu) entwickelt werden. Zu letzterem können auch Strategien zur Umnutzung von Nicht-Wohngebäuden und die vertikale Nachverdichtung gerechnet werden. Zur Berücksichtigung der Umweltqualität und der Anpassung an den Klimawandel sollten dabei die Grundsätze des Konzeptes der Doppelten Innenentwicklung (Grünvorsorge, Hitzevorsorge) berücksichtigt werden sowie die Integration von blauen Infrastrukturen in den Siedlungsbestand (Starkregenvorsorge, Dürrevorsorge) (siehe Kapitel 6.2.1.4, 6.2.4.1, 6.2.4.2, 6.2.4.3, 6.2.4.4). Dabei kann die Anwendung des Instruments der Umweltprüfung helfen (siehe Kapitel 6.2.4.5).

Kommunen verfügen lediglich über begrenzte Einflussmöglichkeiten (insbesondere Information und Beratung, teilweise auch Bereitstellung eigener oder Vermittlung von Fördermitteln des Bundes und der Länder), um Eigentümer*innen zu überzeugen, vertikale Nachverdichtung umzusetzen. Auf der regionalen Ebene ist es teilweise schwierig, die Nachbarkommunen zur Beteiligung an regionalen Wohnbau- und Gewerbeflächenkonzepten zu motivieren. Klare Vorgaben von Seiten des Bundes und der Länder auf dem Wege der Raumordnung und Regionalplanung zu Planungs- und Baustandards können den Kommunen hier „Rückendeckung“ und Argumente geben. Die Regionalplanung könnte in vielen Fällen auch eine aktive Rolle bei der Initiierung und Moderation derartiger Kommunikations- und Abstimmungsprozesse einnehmen, die über die Zuteilung von Flächenkontingenten hinausgeht (siehe Kapitel 5.1).

Ressourcenschutz im Bau

Im Jahr 2019 fielen gut 55 % des Abfalls in Deutschland durch Bau- und Abbruchabfälle an¹⁰¹. Zudem hat der Bausektor eine hohe Materialintensität (siehe Kapitel 3.2). Eine Reduktion des Neubaubedarfs und Verbesserung der Wiederverwertbarkeit von Gebäuden, Bauteilen und Baustoffen gemäß der Hierarchie zur Abfallminderung „reduce, reuse, recycle“ trägt also wesentlich zum Ressourcenschutz bei. Hierzu gehört der langfristige Erhalt der baulichen Grundstrukturen und der gespeicherten grauen Energien auf der einen und – wo passend – Bauausführung in Leicht- oder Modulbauweisen auf der anderen Seite (siehe Kapitel 6.2.3). Die Langlebigkeit und eine langfristige Nutzbarkeit kann dabei durch eine hochwertige Architektur und Materialwahl unterstützt werden, so dass Gebäude „gut“ und ästhetisch altern, d. h. bei Bedarf umfunktioniert oder umgenutzt werden können, sich also an veränderte Anforderungen

⁹⁹ Ein laufendes Projekt des BBSR findet sich hier:

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/refo/staedtebau/2018/innenentwicklung-kleinere-staedte/01-start.html> Zwar fokussiert das Projekt auf schrumpfende und sich stabilisierende Orte, der Anpassungsbedarf des

Wohngebäudebestands aber ist in wachsenden Regionen vor dem Hintergrund des demografischen Wandels und der Notwendigkeit, die Neuinanspruchnahme von Flächen zu mindern, ebenso gegeben.

¹⁰⁰ Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz: Ihr Weg zum passenden Förderprogramm
<<https://www.foerderdatenbank.de/FDB/DE/Home/home.html>>

¹⁰¹ Statistisches Bundesamt 2021a: Pressemitteilung vom 4. Juni 2021.

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21_261_321.html;jsessionid=2A49C2D9F26BB802E518141BA4C869CF.live721

gut anpassen lassen. Befördert werden kann zudem die Verwendung von Recyclingbaustoffen, nachwachsenden und / oder regionalen Baustoffen, bspw. durch vertragsrechtliche Regelungen in Städtebaulichen Verträgen, Kauf- und Pachtverträgen, durch kommunale Förderprogramme, Baustoffbörsen oder durch Informationsmaterialien (siehe Kapitel 6.2.2.1).

Die Konstruktion von Bauteilen hat einen wesentlichen Einfluss auf die Wiederverwertung gebrauchter Bauteile. Insbesondere lassen sich die heute weit verbreiteten geklebten Verbindungen kaum sortenrein trennen. Um die Wiederverwendung und das Recycling von Baustoffen (zukünftig) zu erleichtern, ist es sinnvoll, das Verkleben von unterschiedlichen Baustoffen gegenüber reversiblen Verbindungen bspw. auf dem Weg der Baustoffzertifizierung und Baunormung zu erschweren. Kommunen können die Verwendung geklebter Baukonstruktionen vertragsrechtlich (städtebauliche Verträge, Kauf- und Pachtverträge) ausschließen.

Umweltgerechte Siedlungsentwicklung

Die umweltgerechte Siedlungsentwicklung in wachsenden Regionen stellt die Frage nach einer Neuaufteilung der Flächennutzungen für die unterschiedlichen Belange der bebauten- und der Freiflächen. Insbesondere die öffentlichen Flächen (Straßen, Plätze, Grünflächen) eröffnen besondere Handlungsoptionen für die Kommunen, da hier unmittelbarer Zugriff besteht. Diese Flächenkulisse kann durch die Kommunen zur Umsetzung der Ziele einer kompakten, klima- und umweltgerechten Siedlungsentwicklung verstärkt in den Blick genommen und strategisch genutzt werden, bspw. zur Anlage von grünen und blauen Infrastrukturen, zur Verbesserung der Umwelt- und Aufenthaltsqualitäten in verdichteten Stadtbereichen oder zur Unterstützung der Mobilitätswende.

Um Gestaltungsoptionen nutzen zu können, die sich aus den ständigen Bau- und Erneuerungsprozessen technischer Infrastrukturen im öffentlichen Raum ergeben (bspw. Kanalsanierungen, Einbau und Erneuerung von Informations- und Kommunikationsnetzen), empfiehlt sich die Erstellung und der Beschluss eines Gestaltungshandbuchs für die öffentlichen Räume zur Begrünung und zur Materialverwendung (bspw. Wasserdurchlässigkeit der Konstruktion, Verwendung von Recyclingbaustoffen u. v. m.), den die Kommune den Konzessionsträgern zur Umsetzung bei der Wiederherstellung der Baustellenbereiche vertraglich aufgeben kann; Regelungen zu möglichen Mehrkosten sind dabei erforderlich.

Die Ausstattung urbaner Räume mit Grünelementen auf Flächen und an und auf Gebäuden geht weit über die „Begrünung“ hinaus, wie sie viele Jahre und teilweise bis heute planerisch noch verstanden werden. Verständnis geprägt, d.h. Begrünungsmaßnahmen werden oft noch als „on top“ der fertigen Lösung aufgesetzt. Tatsächlich übernehmen die Grünstrukturen (auch in Verbindung mit Wasserinfrastrukturen) so viele Funktionen für einen nachhaltige und umweltgerechte Siedlungsentwicklung, dass ihre Entwicklung mittlerweile unter dem Begriff der „Grünen Infrastrukturen“ analog zu den technischen und baulichen Infrastrukturen verfolgt wird. Grüne Infrastrukturen müssen tatsächlich vom Anfang an Gegenstand planerischer Prozesse sein und in die Ziellösung integriert werden. Für diesen erforderlichen Wandel leisten programmatische Politiken und Strategien des Bundes einen wichtigen Beitrag (siehe Kapitel 1.1).

Die Nutzung der Potenziale offener Böden für Grünflächen, Flora und Fauna, Wasserwirtschaft und Stadtklima sind ebenso ein Beitrag zur Hitzevorsorge wie der nachhaltige Umbau des öffentlichen Raums, sprich, eine Neuaufteilung des öffentlichen Raums, um Begrünung zur Verbesserung der (Stadt)Klimavorsorge zu ermöglichen. Hierfür braucht es effiziente Mobilitätssysteme, vor allem auch in Anbindung mit der Region. Ein reduzierter motorisierter Verkehr und höherer Grünanteil verbessert die Lufthygiene und Lärmvorsorge in Städten und

erhöht dabei auch die Aufenthalts- und damit Lebensqualität der Bewohner:innen Verbesserung. Sowohl die Nutzung von Umweltprüfungen wie auch die Bauleitplanung bieten Möglichkeiten, um diese Aspekte integriert zu bearbeiten, planen und letztlich umzusetzen. (siehe Kapitel 6.2.1.4, 6.2.4.1, 6.2.4.2, 6.2.4.3, 6.2.4.4). Dabei kann die Anwendung des Instruments der Umweltprüfung helfen (siehe Kapitel 6.2.4.5).

7.2 Handlungsempfehlungen für die Bundes- und Landesebene

Während der Recherchen im Rahmen des Projekts, vor allem aber in den Gesprächen und Workshops mit den kommunalen Vertreter:innen zeigte sich, dass für eine ressourcen- und flächenschonende Siedlungsentwicklung die kommunalen Handlungsmöglichkeiten begrenzt sind. Die vorgestellten Handlungsempfehlungen im Besonderen wie auch die zunehmenden Anforderungen an das Planen und Bauen im Allgemeinen stellen für viele Gemeinden eine Überforderung dar. Gerade in kleineren Kommunen sind die Mitarbeitenden in der Verwaltung für mehrere Themen zuständig und damit eher Generalist:innen als Expert:innen. So wurde deutlich, dass Kommunen ohne ausreichende personelle und finanzielle Ausstattung die Anforderungen an eine flächen- und ressourcenschonende Siedlungsentwicklung nicht alleine werden umsetzen können. Zudem wurden inhaltliche Aspekte deutlich, wie eine Unterstützung von übergeordneter politischer Ebene der Länder und des Bundes aussehen könnte. Die Anpassung der Rahmenbedingungen:

- ▶ Die Weiterentwicklung der planungsrechtlichen Steuerungsmöglichkeiten, um Kommunen mehr Möglichkeiten einer flächenschonenden Entwicklung zu ermöglichen. Dies betrifft etwa die Möglichkeiten von Nutzungsmischungen, Verkehrs- und Stellplatzentwicklungen wie auch die Ansätze zur baulichen Innenentwicklung in Gebäuden und Quartieren (vertikale und horizontale Nachverdichtung) unter gleichzeitiger Berücksichtigung grüner Dach-, Fassaden- und Freiflächen.
- ▶ Die Unterstützung zur Verbesserung der Datenlage zum Gebäudebestand und kleinräumlicher sozio-demografischer Entwicklung, um Leerstände, mindergenutzte Wohnungen und Gebäude identifizieren und gezielter adressieren zu können.
- ▶ (Weiter-)Entwicklung von planungs- und bauordnungsrechtlichen Regelungen zur Integration von Ressourcenaspekten.
- ▶ (Weiter-)Entwicklung von Förderprogrammen zur Integration von Flächen- und Ressourcenaspekten in Sanierungs- und Stadtentwicklungsprogramme. Die Integration von Ressourcenaspekten wie die Aktivierung von Wohnungspotenzialen im Altbaubestand, die Formulierung von Nachhaltigkeitskriterien oder die Verfolgung der Vision einer „Stadt für Morgen“ könnte zukünftig vermehrt in den Förderprogrammen berücksichtigt werden und so die Kommunen unterstützen.
- ▶ Berücksichtigung von demografischen Entwicklungen bei Standortsteuerung für administrative Einrichtungen / Demografie-Check für arbeitsplatzintensive öffentliche und private Einrichtungen.
- ▶ Initiierung und Unterstützung interkommunaler Kooperationen

- ▶ Operationalisierung der flächenpolitischen Ziele, etwa durch strikte Mengenbegrenzungen im Rahmen der Raumordnung und / oder eines Handels mit Flächenzertifikaten, wie es im „Planspiel Flächenhandel“¹⁰² erprobt wurde.
- ▶ Weiterentwicklung der Musterbauordnung zur erleichterten nachhaltigen Verwendung von Recyclingbaustoffen, nachwachsenden und / oder regionalen Baustoffen und zum Ausschluss problematischer Baustoffe und Baukonstruktionen wie bspw. geklebten Verbindungen zwischen unterschiedlichen Baustoffen.

Zur Integration von Flächen- und Ressourcenschutz in die kommunale Siedlungsentwicklung braucht es eine deutlich verbesserte und stringente Ausrichtung der Rahmenbedingungen auf allen politischen Ebenen. Auch wenn Planung kommunales Recht und Aufgabe ist, zeigen sich an verschiedenen Stellen die limitierenden Aspekte und Zielkonflikte, die eine Kommune nicht (allein) adressieren kann. Planungs- und bau(ordnungs)rechtliche Anpassungen sind eine notwendige Voraussetzung für eine nachhaltige und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung.

¹⁰² Siehe hierzu auch die Internetseite beim Umweltbundesamts mit Berichten und Texten zum Download: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/handel-flaechenzertifikaten/start-planspiel-flaechenhandel>. Zuletzt abgerufen 01.11.2021

Quellenverzeichnis

- Adrian, L.; Bock, S.; Bunzel, A.; Preuß, T.; Rakel, M. (2018): Instrumente zur Reduzierung der Flächeninanspruchnahme. Aktionsplan Flächensparen. Texte 38/2018. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2018-05-24_texte_38-2018_reduzierung-flaecheninanspruchnahme.pdf.
- Agentur für Arbeit (2023): Pendleratlas. <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Navigation/Statistiken/Interaktive-Statistiken/Pendleratlas/Pendleratlas-Nav.html>.
- Ahlhelm, I.; Bula, A.; Frerichs, S.; Groth, K.; Hinzen, A.; Kerstan, S.; Madry, T.; Schüle, R.; Freund, T.; Jansen, U. (2012): Klimaschutz in der räumlichen Planung: Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung - Praxishilfe. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaschutz-in-raeumlichen-planung>.
- Ahlhelm, I. Frerichs, S.; Hinzen, A.; Noky, B.; Simon, A.; Riegel, C.; Trum, A.; Altenburg, A.; Janssen, G.; Rubel, C. (2016): Klimaanpassung in der räumlichen Planung - Starkregen, Hochwasser, Massenbewegungen, Hitze, Dürre – Gestaltungsmöglichkeiten der Raumordnung und Bauleitplanung (Praxishilfe). Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/klimaanpassung-in-der-raeumlichen-planung>.
- Aktion Fläche: https://aktion-flaeche.de/aus_der_praxis.html
- Bundesarbeitsgemeinschaft Wohnungsanpassung e.V. (o. J.): Unsere Themen. <https://www.wohnungsanpassung-bag.de/>.
- BauNetz Wissen (o. J.): Muster-Holzbaurichtlinie 2004 M-HFHolzR. <https://www.baunetzwissen.de/holz/fachwissen/regelwerke/muster-holzbaurichtlinie-2004-m-hfhholz-6970262>.
- BfN – Bundesamt für Naturschutz (2017): Urbane grüne Infrastruktur – Grundlage für attraktive und zukunftsfähige Städte. Hinweise für die kommunale Praxis. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Bonn. https://www.bfn.de/fileadmin/BfN/planung/siedlung/Dokumente/UGI_Broschuere.pdf.
- Bierwirth, A.; Augenstein, K.; Baur, S.; Bettin, J.; Buhl, J.; Friege, J.; Holtz, G. u. a. (2016): Wissen als transformative Energie: zur Verknüpfung von Modellen und Experimenten in der Gebäude-Energiewende. Oekom Verlag, München. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-65001>.
- BIHK – Industrie- und Handelskammern in Bayern (2018): Standortfaktor Fläche. Flächennutzung in Bayern. https://www.bihk.de/downloads.html?tx_reintdownloadmanager_reintdlm%5Bdownloaduid%5D=30616&cHash=47427f052e4cfae377cd4b04cdefc34e.
- Blesl, M. (2002): Räumlich hoch aufgelöste Modellierung leitungsgebundener Energieversorgungssysteme zur Deckung des Niedertemperaturwärmebedarfs. Forschungsbericht der Universität Stuttgart, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Band 92. <https://elib.uni-stuttgart.de/handle/11682/1586>
- Blum, A.; Deilmann, C.; Gutting, R.; Gruhler, K.; Krauß, N.; Martinsen, M. (2022): Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Nutzung von natürlichen Ressourcen. Texte 144/2022. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/auswirkungen-des-demographischen-wandels-auf-die>
- Bock, S.; Deutsches Institut für Urbanistik (Hrsg.) (2011): Nachhaltiges Flächenmanagement - ein Handbuch für die Praxis: Ergebnisse aus der REFINA-Forschung. Berlin. <http://edoc.difu.de/edoc.php?id=K8934QW7>.

Böhm, J.; Böhme, C.; Bunzel, A.; Kühnau, C.; Reinke, M. (2016): Urbanes Grün in der doppelten Innenentwicklung. Abschlussbericht zum F+E-Vorhaben „Entwicklung von naturschutzfachlichen Zielen und Orientierungswerten für die planerische Umsetzung der doppelten Innenentwicklung sowie als Grundlage für ein entsprechendes Flächenmanagement“. Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.), Berlin.
https://www.bmu.de/fileadmin/Daten_BMU/Pool/Forschungsdatenbank/fkz_3513_82_0500_urbanes_gruen_innenentwicklung_bf.pdf

Buchert, M.; Bleher, D.; Degreif, S.; Fischer, H.; Ruther-Mehlis, A. (2021): Umweltschutz durch integrierte Planungsprozesse an der Schnittstelle von Stadt- und Infrastrukturplanung. Texte 120/2021. Umweltbundesamt (Hrsg.). Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umweltschutz-durch-integrierte-planungsprozesse-an->

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2005): Attraktive Stadtquartiere für das Leben im Alter. Ergebnisse. BBSR – Allgemeine Ressortforschung – Programm – ExWoSt, Bonn.
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ExWoSt/Studien/2005/AttraktiveStadtquartiere/01_Start.html?docId=430848¬First=true.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2006): Strategien der Landes- und Regionalplanung zur Bewältigung des demographischen Wandels. Endbericht. Allgemeine Ressortforschung.
http://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/FP/ReFo/Raumordnung/2005/StratBewaeltDemogrWandel/DL_Endbericht.pdf?__blob=publicationFile&v=2.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2009): Ressourcenschonende Stadtentwicklung: Nachhaltige Siedlungsstrukturen durch Energiekonzepte, Klimaschutz und Flächeneffizienz. Informationen zur Raumentwicklung, Nr. 3: 255–271.
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2009/3_4/Inhalt/DoschPorsche.html.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2012): Kommunale Strategien für die Versorgung einkommensschwächerer und sozial benachteiligter Haushalte. BBSR-Sonderveröffentlichung 2012, Bonn.
 urn:nbn:de:101:1-2014082011448.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2015a): Lebenslagen und Einkommenssituation älterer Menschen Implikationen für Wohnungsversorgung und Wohnungsmärkte. BBSR-Sonderveröffentlichung August 2012, Bonn.
 urn:nbn:de:101:1-201602167434.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2015b): Strategien der Anbieter von Mietwohnungen und selbstnutzender Eigentümer auf eine verminderte und veränderte Nachfrage in sich entspannenden Wohnungsmärkten. BBSR-Online-Publikation 19/2015, Bonn. urn:nbn:de:101:1-201602167422.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2015c): Umwandlung von Nichtwohngebäuden in Wohnimmobilien. BBSR-Online-Publikation, Nr. 09/2015, Bonn. urn:nbn:de:101:1-2015100811375.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2016): Studie zur Implementierung einer Innenentwicklungspotenzial-Flächenerhebung in die amtliche Statistik. BBSR-Online-Publikation 02/2016, Bonn. urn:nbn:de:101:1-201603243777.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2017a): BBSR Homepage - Immobilienmarktbeobachtung - Weitere Regionalisierung in der

Immobilienpreisbeobachtung. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/fachbeitraege/wohnen-immobilien/mieten-preise/ak-immobilienpreise/arbeitskreis-immopreise-2017.html>.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2017b): Gartenstadt21. Ein neues Leitbild für die Stadtentwicklung in verdichteten Ballungsräumen – Vision oder Utopie? Bd. 2. Gartenstadt21 grün – urban – vernetzt. Ein Modell der nachhaltigen und integrierten Stadtentwicklung. Einzelpublikation, Februar 2017, Bonn.

<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/exwost/Studien/2015/Gartenstadt-21/01-start.html;jsessionid=DD8BDA67F9CBD5B312AC340BCF0D0E9E.live11291?pos=3>

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2017c): Handlungsziele für Stadtgrün und deren empirische Evidenz. Indikatoren, Kenn- und Orientierungswerte. Einzelpublikation, April 2017, Bonn. urn:nbn:de:101:1-201801262332.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2017d): Nutzungsmischung und die Bewältigung von Nutzungskonflikten in Innenstädten, Stadt- und Ortsteilzentren – Chancen und Hemmnisse. BBSR-Online-Publikation 23/2017, Bonn. urn:nbn:de:101:1-201711287748.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2018): Forschungsinitiative Integration vor Ort leben. Zwischenergebnisse aus dem Projekt „Integration von Zuwanderern – Herausforderungen für die Stadtentwicklung“. Zwischenergebnisse. BBSR-Online-Publikation 06/2018, Bonn. urn:nbn:de:101:1-201804138369.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2021): Die neue Leipzig-Charta: Entstehungsprozess und Ergebnis gemeinsam für gemeinwohlorientierte und handlungsfähige Kommunen in Europa; Dokumentation des nationalen und europäischen Dialogprozesses. Einzelpublikation, Bonn. urn:nbn:de:101:1-2021102011402704272028.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2025a): Initiative Grün in der Stadt. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/weitere/gruen-in-der-stadt/gruen-in-der-stadt-node.html;jsessionid=BA16F2D765E8689B8A09D02500C17FC8.live21303>.

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (2025b): Innenentwicklung in kleineren Städten und Gemeinden – Strategien zur Sicherung lebendiger und nutzungsgemischter Wohn- und Versorgungsstandorte. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/refo/staedtebau/2018/innenentwicklung-kleinere-staedte/01-start.html>.

Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (2025): Zuwanderergruppen (1991-2020). <https://www.bib.bund.de/DE/Fakten/Fakt/M19-Zuwanderergruppen-ab-1991.html?nn=9992162>.

Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSJ) (Hrsg.) (2017a): Siebter Altenbericht – Sorge und Mitverantwortung in der Kommune – Aufbau und Sicherung zukunftsfähiger Gemeinschaften und Stellungnahme der Bundesregierung. 2. Auflage. Drucksache, Berlin. https://www.siebter-altenbericht.de/fileadmin/altenbericht/pdf/Der_Siebte_Altenbericht.pdf.

---, (2017b): Sorge und Mitverantwortung in der Kommune – Erkenntnisse und Empfehlungen des Siebten Altenberichts. 3. Auflage. Berlin. <https://www.bmfsfj.de/blob/112208/336c9740645535b5bab3108c49c71b11/7--altenbericht---sorge-und-mitverantwortung-in-der-kommune-data.pdf>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) (Hrsg.) (2016): Leitfaden Nachhaltiges Bauen – Zukunftsfähiges Planen, Bauen und Betreiben von Gebäuden. 2. Auflage. Berlin. https://www.nachhaltigesbauen.de/fileadmin/pdf/Leitfaden_2015/LFNB_D_final-barrierefrei.pdf.

---, (2017): Weißbuch Stadtgrün – Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. 1. Auflage. Berlin.
https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/downloads/DE/publikationen/themen/bauen/wohnen/weissbuch-stadt-gruen.pdf;jsessionid=687B8226D196EEA1AF184312A384783E.1_cid364?_blob=publicationFile&v=3.

Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2015): Studie zum Monitoring der Flächeninanspruchnahme Evaluation der einschlägigen Datenbasis. Kurzfassung des Endberichts. Berlin, Bonn.
https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/programme/refo/raumordnung/2013/MonitoringFlaecheninaanspruchnahme_Evaluation/01_Start.html?pos=2.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) und Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) (2019): URBANE FREIRÄUME – Qualifizierung, Rückgewinnung und Sicherung urbaner Frei- und Grünräume. Endbericht. Berlin, Bonn.
<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/sonderveroeffentlichungen/2019/urbane-freiraeume.html>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): Was ist „doppelte Innenentwicklung“? <https://www.bmu.de/faq/was-ist-doppelte-innenentwicklung>.

Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV): EU-Strukturförderung für Klima- und Umweltschutz. <https://www.bmu.de/themen/europa/strukturfoerderung>.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.) (2011): Wohnen im Alter: Marktprozesse und wohnungspolitischer Handlungsbedarf. Forschungen. Forschungen Heft 147, Berlin.
<https://d-nb.info/1013011619/34>.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.), Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (2012): Möglichkeiten und Grenzen des Ersatzneubaus - Als Beitrag zu Energieeinsparung und Klimaschutz bei Wohngebäuden. Forschungen. Heft 154. Berlin. Bonn urn:nbn:de:101:1-2012112116811.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2009): Einflussfaktoren der Neuinanspruchnahme von Flächen. Forschungen. Heft 139. Bonn, Berlin. urn:nbn:de:0093-FO13909R150.

Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR) (Hrsg.) (2008): Zwischennutzungen und Nischen im Städtebau als Beitrag für eine nachhaltige Stadtentwicklung. Werkstatt: Praxis. Ausgabe 57. Berlin, Bonn. urn:nbn:de:0093-WP5708R128.

Dechantsreiter, U.; Horst, P.; Mettke, A.; Asmus, S.; Schmidt, S.; Knappe, K.; Reinhard, J.; Theis S.; Jürgen Lau, J. (2015): Instrumente zur Wiederverwendung von Bauteilen und hochwertigen Verwertung von Baustoffen. Texte 93/2015. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_93_2015_wiederverwertung_von_bauteilen_0.pdf.

Degreif, S.; Minnich, L.; Fischer, H.; Ruther-Mehlis, A.; Wursthorn, H.; Diegmann V. (2022): Luftqualität in der Stadt – gemeinsam weiterdenken. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/luftqualitaet-in-der-stadt-gemeinsam-weiterdenken>.

Dehne, P. (2012): Regionalstrategie Daseinsvorsorge. Eine Methode zur interkommunalen Daseinsvorsorgeplanung. Gehalten auf: Transferwerkstatt „Potenziale bündeln in kleinen Gemeinden Städten und Gemeinden“, Bischofsheim a. d. Röhn.
http://www.staedtebaufoerderung.info/StBauF/SharedDocs/Publikationen/StBauF/KleinereStaedte/Transfer1Dehne.pdf?_blob=publicationFile&v=3.

Deilmann, C.; Lehmann I.; Mathey J. (2017): Physiognomie des Urbanen. In: Stadt im Spannungsfeld von Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität. Anwendung urbaner Metrik. Springer Spektrum, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-662-48990-1_1.

Deutsch, M.; Timpe P. (2013): The effects of age on residential energy demand. Rethink, re-new, restart. Proceedings. Gehalten auf: z, Belambra Les Criques, Toulon/Hyères, Frankreich. https://www.eceee.org/library/conference_proceedings/eceee_Summer_Studies/2013/8-dynamics-of-consumption/the-effect-of-age-on-residential-energy-demand/

Deutscher Städtetag (2014): Strategisches Flächenmanagement und Bodenwirtschaft. Positionspapier des Deutschen Städtetags, Berlin und Köln. <https://www.baufachinformation.de/strategisches-flaechenmanagement-und-bodenwirtschaft/bu/2014069014916>.

Deutscher Städtetag (2017): Neuausrichtung der Wohnungs- und Baulandpolitik. Positionspapier des Deutschen Städtetags, Berlin und Köln. <https://www.staedtetag.de/positionen/positionspapiere/wohnungs-und-baulandpolitik-2017>.

DIBt -- Deutsches Institut für Bautechnik: Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Bauteile und Außenwandbekleidungen in Holzbauweise (MHolzBauRL). <https://www.dibt.de/de/aktuelles/meldungen/nachricht-detail/meldung/muster-richtlinie-ueber-brandschutztechnische-anforderungen-an-bauteile-und-aussenwandbekleidungen-in-holzbauweise-mholzbaurl>.

Die Bundesregierung (2016): Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie. Neuauflage 2016, Berlin. https://www.bundesregierung.de/Content/Infomaterial/BPA/Bestellservice/Deutsche_Nachhaltigkeitsstrategie_Neuauflage_2016.html?nn=437032.

Deutsches Institut für Urbanistik (Difu) (2018): Klimaschutz in Kommunen – Praxisleitfaden. 3. Auflage, Berlin. <https://leitfaden.kommunaler-klimaschutz.de>.

Domhardt, H.; Mangels, K.; Wahrhusen, N.; Wieschmann, S.; Jacoby, C. (2021a): Kompakte, umweltverträgliche Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext: Potenziale, Hemmnisse und Handlungsansätze einer integrierten Siedlungs- und Verkehrsplanung im Zusammenhang von Stadt und Region. Texte 175/2021. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kompakte-umweltvertraegliche-siedlungsstrukturen-im>

Domhardt, H.; Mangels, K.; Wahrhusen, N.; Wieschmann, S.; Jacoby, C. (2021b): Kompakte, umweltverträgliche Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext. Empfehlungen für die Umsetzung. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/kompakte-umweltvertraegliche-siedlungsstrukturen-im-1>

Entwicklungsgesellschaft Indeland GmbH (2021): Faktor X-Agentur. <https://faktor-x.info/schwerpunkte>.

European Environment Agency (2015): Urban sustainability issues: what is a resource-efficient city?. Publications Office, Luxembourg. <http://dx.publications.europa.eu/10.2800/389017>.

Feist, W.; Peper, S.; Kah, O.; Oesen, M. (2001): Klimaneutrale Passivhaus-Reihenhaussiedlung Hannover-Kronsberg (CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). PASSIVHAUS INSTITUT (Hrsg.), Darmstadt. https://passiv.de/former_conferences/Passivhaus_D/pdf/Passivhaussiedlung_Kronsberg_Kurzfassung_www.pdf

Ferber, U.; Tomerius, S.; Schrenk, V.; Koschitzky, H.; Denner A. (2015): Innenentwicklung organisieren - Kommunale Organisationsstrukturen für ein effizientes Flächenressourcenmanagement im Praxistest. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Rosslau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/innenentwicklung-organisieren-kommunale>

Frerichs, S.; Hatzfeld, F.; Hinzen, A.; Kurz, S.; Lau, P.; Simon, A. (2003): Sichern und Wiederherstellen von Hochwasserrückhalteflächen. Forschungsbericht. Texte. Umweltbundesamt (Hrsg.), Berlin.
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/2330.pdf>.

Frerichs, S.; Küpper, C.; Noky, B.; Simon, A.; Adrian, L.; Bunzel, A.; Pätzold R.; Rakel M. (2018): Umwelt- und Aufenthaltsqualität in kompakt-urbanen und nutzungsgemischten Stadtstrukturen. Analysen, Fallbeispiele, Handlungsansätze unter Nutzung und Weiterentwicklung des Bauplanungs- und Umweltrechts. Texte 06/2018. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umwelt-aufenthaltsqualitaet-in-kompakt-urbanen>.

Frerichs, S.; Hamacher, K.; Küpper, C.; Simon, A.; Bunzel, A.; Michalski, D.; Preuß, T.; Schüle, R.; Lucas, R.; Fekkak, M.; Schinkel J. (2022): Anforderungen an ein klimagerechtes (Resilienz und Mitigation) Management kompakter Siedlungs- und Infrastrukturflächen - Wege zur Umsetzung sowie Evaluierung anhand ausgewählter Fallstudien. Texte 02/2022. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anforderungen-an-ein-klimagerechtes-resilienz>.

Genske, D.; Jödecke, T.; Ruff, A.; Porsche L. (2009): Nutzung städtischer Freiflächen für erneuerbare Energien: ein Projekt des Forschungsprogramms „Experimenteller Wohnungs- und Städtebau“ (ExWoSt) des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) und des Bundesamtes für Bauwesen und Raumordnung (BBR). Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.), Berlin.
<https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/ministerien/bmvbs/sonderveroeffentlichungen/2009/NutzungFreiflaechen.html>

Gill, B.; Schubert J. (2012): Energiegerechte Stadtentwicklung aus soziologischer Sicht. 17. Oktober, München.
<http://b-gill.userweb.mwn.de/Forschung/stadtentwicklung.pdf>.

Günther, J.; Lehmann, H.; Nuss, P.; Purr, K. (2019): Wege in eine ressourcenschonende Treibhausgasneutralität – RESCUE Kurzfassung. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/376/publikationen/rescue_kurzfassung_dt.pdf.

Handelsblatt (2018): Gebäudesanierung kann Arbeitsplätze schaffen und das Klima schützen. Ausgabe vom 24.08.2018. <https://www.handelsblatt.com/politik/deutschland/energiewende-gebaeudesanierung-kann-arbeitsplaetze-schaffen-und-das-klima-schuetzen/21202910.html>.

HausAufgaben Münsterland (2016): Werkstattreihe der Regionale 2016. <http://hausaufgaben.ms>.

Hegger, M.; Dettmar, J.; Martin, A.; Meinberg, T.; Boczek, B.; Drebes, C.; Greiner, M. u. a. (2012): UrbanReNet. EnEff: Stadt – Verbundprojekt Netzoptimierung – Teilprojekt: Vernetzte regenerative Energiekonzepte im Siedlungs- und Landschaftsraum. Schlussbericht. TU Darmstadt, Darmstadt.
https://www.researchgate.net/profile/Christoph-Drebes/publication/311100248_UrbanReNet_I_-_Vernetzte_regenerative_Energiekonzepte_im_Siedlungs-_und_Landschaftsraum/links/583d7ad908ae8e63e614d928/UrbanReNet-I-Vernetzte-regenerative-Energiekonzepte-im-Siedlungs-und-Landschaftsraum.pdf

Heinze, R.; Naegele, G. (2010): Ein Blick in die Zukunft – Gesellschaftlicher Wandel und Zukunft des Alterns im Ruhrgebiet. Bd. 61. Dortmunder Beiträge zur Sozial- und Gesellschaftspolitik. LIT-Verlag, Münster.

Institut der deutschen Wirtschaft Köln e.V. (2016): Das Planspiel. Planspiel Flächenhandel. 27. April.
<http://www.flaechenhandel.de/das-planspiel>.

IT.NRW (2012): Energiebilanz und CO2-Bilanz in Nordrhein-Westfalen 2010. Statistische Berichte. Information und Technik Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf. <https://webshop.it.nrw.de/gratis/E449%20201000.pdf>.

Jahn, K.; Meyer, S.; Hanusch, M.; Thimm I.; Günnewig, D. (2015): Regionale Energie-konzepte in Deutschland Fallanalysen, Analyse der Förderprogramme, Handlungsempfehlungen. Bundesministerium für Verkehr und

digitale Infrastruktur (BMVI) (Hrsg.), BMVI-Online-Publikation 06/2015, Berlin. <https://dnb.info/1075382939/34>.

Kenkmann, T.; Cludius, J.; Fischer, C.; Fries, T.; Keimeyer, F.; Schumacher, K.; Brischke, L.; Leuser, L. (2019): Flächensparend Wohnen. Texte 104/2019. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/flaechensparend-wohnen>

Kersten, S. (2014): Die Energieeinsparverordnung (EnEV 2014/2016). Vortragsfolien. 24. April. http://www.energiezentrum-willich.de/downloads/Praxistage/2015-09-25_EnEV_EZW.pdf.

Kreditbank für Wiederaufbau (KfW) (2025): Altersgerecht Umbauen – Kredit Nr. 159. Für den Abbau von Barrieren, mehr Wohnkomfort und besseren Einbruchschutz. [https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Altersgerecht-Umbauen-\(159\)/?redirect=647747](https://www.kfw.de/inlandsfoerderung/Privatpersonen/Bestehende-Immobilie/F%C3%B6rderprodukte/Altersgerecht-Umbauen-(159)/?redirect=647747).

Köppke, K.; Buchholz, G.; Stenner, L. (2020): UVP-Änderungsrichtlinie 2014/52/EU und Klimawandel. Climate Change 28/2020. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/uvp-aenderungsrictlinie-201452eu-klimawandel>

Kötter, T.; Weigt, D.; Frielinghaus B.; Schetke, S. (2009): Nachhaltige Siedlungs- und Flächenentwicklung. Inhaltliche und methodische Aspekte der Erfassung und Bewertung. In: Hepperle, E.; Lenk, H. (Hrsg.): Land development strategies: patterns, risks and responsibilities = Strategien der Raumentwicklung; Strukturen, Risiken und Verantwortung. 1. Aufl., vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich, Zürich, 61–83. <https://doi.org/10.3929/ethz-a-005751288>.

Kopatz, M. (2013): Energiewende. Aber fair! wie sich die Energiezukunft sozial tragfähig gestalten lässt. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.). Oekom Verlag, München. <https://doi.org/10.14512/9783865815545>

Krapmeier, H.; Müller, E. (2001a): Einfamilienhaus Dornbirn - Knie (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.), Dornbirn. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cepheus_detail_dornbirn.pdf?m=1469659379&

Krapmeier, H.; Müller, E. (2001b): Einfamilienhaus Horn (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.), Dornbirn. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cepheus_detail_horn.pdf?m=1469659103.

Krapmeier, H.; Müller, E. (2001c): Wohnanlage Hallein (BU/00127/97/DE/SE/A; CEPHEUS cost efficient passiv house as european standards). Energieinstitut Vorarlberg (Hrsg.), Dornbirn. https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/pdf/cepheus_detail_hallein.pdf?m=1469659327&.

Kronenberg, T.; Engel, K. (2009): Demographischer Wandel und dessen Auswirkungen auf den Energieverbrauch in Hamburg und Mecklenburg-Vorpommern. In: Zeitschrift für Energiewirtschaft. Volume 32, Springer Link, 280–290. <https://doi.org/10.1007/s12398-008-0036-z>.

Länderarbeitskreis Energiebilanzen und Statistische Ämter der Länder (o. J.): Energiebilanzen der Länder. <http://www.lak-energiebilanzen.de/laenderbilanzen/>.

Lehmann, H.; Stanetzky C. (1999): Zukunftsfähiges Bauen heißt Ressourcennutzung optimieren. In: Schmidt-Bleek, F. (Hrsg.): Das Wuppertal Haus: Bauen und Wohnen nach dem Mips-Konzept, Birkhäuser, Basel, 16–21. https://doi.org/10.1007/978-3-0348-7822-7_3.

Lindner, S.; Schmidt, A. (2009): Klimaschutzorientiertes Energiekonzept für den Gebäude-sektor in Norderstedt. Ecofys, Norderstedt. https://www.norderstedt.de/media/custom/1087_7977_1.PDF?1300383005.

Loga, T.; Diefenbach, N.; Stein B.; Born R. (2012): Further Development of the German Residential Building Typology. Wissenschaftlicher Bericht. TABULA. Institut Wohnen und Umwelt, Darmstadt.
https://www.episcope.eu/downloads/public/docs/scientific/DE_TABULA_ScientificReport_IWU.pdf.

Lützkendorf, T. (2007): Nachhaltigkeitsmanagement. In: Viering, M.G; Liebchen, J.H.; Kochendörfer, B. (Hrsg.): Managementleistungen im Lebenszyklus von Immobilien, Vieweg & Teubner-Verlag, 365–391.
https://doi.org/10.1007/978-3-8351-9089-4_10.

Moll, H.; Noorman, K.; Kok, R.; Engström, R.; Throne-Holst, H.; Clark, C. (2005): Pursuing More Sustainable Consumption by Analyzing Household Metabolism in European Countries and Cities. In: Journal of Industrial Ecology Volume 9, Issue 1-2, International Society for Industrial Ecology, 259-275.
<https://doi.org/10.1162/1088198054084662>.

Naegele, G.; Schönberg, F.; Menke, M.; Schmitt, M.; Schnabel, E. (2008): Der demographische Wandel und die Älteren in Nordrhein-Westfalen – Positionspapier des Instituts für Gerontologie an der Technischen Universität Dortmund. Positionspapier. TU Dortmund, Dortmund. <https://eldorado.tu-dortmund.de/server/api/core/bitstreams/4646eadb-1f65-4643-ab28-790f590b11fa/content>.

Naegele, G. (2010): Kommunen im demographischen Wandel. In: Gerontol Geriat 43, 98–102.
<https://doi.org/10.1007/s00391-010-0106-9>

Neitzel, M.; Bleja, J. (2017): Energetische Quartierstypen – Umsetzungsstrategien für mehr Energieeffizienz. Wissenschaftlicher Abschlussbericht. Institut für Wohnungswesen, Immobilienwirtschaft, Stadt- und Regionalentwicklung - InWIS Forschung & Beratung GmbH des Europäischen Bildungszentrum der Wohnungs- und Immobilienwirtschaft (EBZ) - gemeinnützige Stiftung. Bochum.

Netzwerkagentur GenerationenWohnen (o. J.): Beratungsstelle für Generationenwohnen in Berlin.
<https://www.netzwerk-generationen.de>.

Nullbarriere (2022): Musterbauordnung - §50 Barrierefreies Bauen.
<https://nullbarriere.de/musterbauordnung.htm>.

Pannicke-Prochnow, N.; Krohn, C.; Albrecht, J.; Thinius, K.; Ferber, U.; Eckert K. (2021): Bessere Nutzung von Entsiegelungspotenzialen zur Wiederherstellung von Bodenfunktionen und zur Klimaanpassung. Texte 141/2021. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.
<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bessere-nutzung-von-entsiegelungspotenzialen-zur>.

Penn-Bressel, G. (2014): Sustainable Land Use – Example: Land Take for Settlement and Transport in Germany. In: Angrick M.; Burger, A.; Lehmann, H. (Hrsg.): Factor X. 29, Springer Netherlands, Dordrecht, 65–91.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-5706-6_4.

Pinnekamp, J.; Doktor, S.; Haußmann, R.; Roder, S.; Siekmann M.; Stauffer P. (2008): Wassersensible Stadtentwicklung, Netzwerk für eine nachhaltige Anpassung der regionalen Siedlungswasserwirtschaft an Klimatrends und Extremwetter. RWTH Aachen, Institut für Siedlungs- und Wasserwirtschaft, Aachen.
<http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb09/594034418.pdf>.

Preuß, T.; Bunzel, A.; Hanke, S.; Michalski, D.; Pichl, J.; Steinrücke, E.; Janßen, A.; Riemer E. (2020): Gute Praxisbeispiele kompakter und zugleich lärmarmen städtischer Quartiere. Texte 195/2020. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/gute-praxisbeispiele-kompakter-zugleich-laermarmer>

Rehdanz, K. (2007): Determinants of residential space heating expenditures in Germany. In: Energy Economics. 29 Nr. 2 (März), 167–182. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2006.04.002>.

Ressourceneffiziente Stadtquartiere RES:Z (o. J.): Über RES:Z. <https://ressourceneffiziente-stadtquartiere.de/?lang=de>.

Reutter, O.; Bierwirth, A.; Gröne, M.; Lemken, T.; Lucas, R.; Mattner, T.; Meinel, U. u. a. (2012): Low Carbon City Wuppertal 2050. Sondierungsstudie. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie (Hrsg.), Wuppertal. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-46799>.

Roßnagel, A.; Hentschel, A. (2017): Rechtliche Instrumente des allgemeinen Ressourcenschutzes. Texte 23/2017. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-03-23_texte_23-2017_ressourcenschutzzinstrumente.pdf.

Sagner, P. (2021): Wer wohnt wie groß? IW-Kurzbericht, Nr. 11, Köln. <https://www.iwkoeln.de/studien/pekka-sagner-wer-wohnt-wie-gross-500238.html>.

Schiller, G. (2007): Urban infrastructure: challenges for resource efficiency in the building stock. In: Building Research & Information. 35, Nr. 4 (August), 399–411. doi:10.1080/09613210701217171.

Schiller, G.; Ortlepp, R.; Krauss, N.; Steger, S.; Schütz, H.; Fernandez, J.; Reichenbach, J.; Wagner, J.; Baumann, J. (2015): Kartierung des anthropogenen Lagers in Deutschland zur Optimierung der Sekundärrohstoffwirtschaft. Texte 83/2015. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/378/publikationen/texte_83_2015_kartierung_des_anthropogenen_lagers.pdf.

Scholz, C. (2018): Urbanes Grün. Heinrich Böll Stiftung. Kommunal-Wiki. http://kommunalwiki.boell.de/index.php/Urbanes_Gr%C3%BCn.

Schubert, S.; Büttner, A.; Lindmaier, J.; Schröder, A.; Dross, M.; Reißmann, D.; Janitzek, T.; Schmied, M. (2021): UMLANDSTADT umweltschonend – Nachhaltige Verflechtung von Wohnen, Arbeiten, Erholung und Mobilität. Texte 83/2015. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umlandstadt-umweltschonend-nachhaltige-verflechtung>

Schüle, R.; Venjakob, J.; Berlo, K.; Best, B.; Drissen, I.; Fekkak, M.; Kaselofsky, J. u. a. (2017): Die Energiewende regional gestalten. Auf dem Weg zu einer Energiewende-Roadmap im Ruhrgebiet. Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie gGmbH (Hrsg.), Wuppertal. <https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:bsz:wup4-opus-67076>.

Schultz, H.; Mineur, M.; Herz, S.; Renner, M.; Breuer, B. (2010): Reurbanisierung der Innenstadt. BMVBS-Online-Publikation. Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS) (Hrsg.), Berlin. urn:nbn:de:101:1-201011033036.

Sieker, H.; Steyer, R.; Büter, B.; Leßmann, D.; von Tils, R.; Becker, C.; Hübner, S. (2019): Untersuchung der Potentiale für die Nutzung von Regenwasser zur Verdunstungskühlung in Städten. Texte 111/2019. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/untersuchung-der-potentiale-fuer-die-nutzung-von>.

Smeets, E.; Weterings, R. (1999): Environmental indicators: Typology and overview. In: Technical Report. 25/1999, European Environment Agency, Copenhagen. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/tec25>.

Sozialdemokratische Partei Deutschlands (SPD); BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN; Freie Demokratische Partei (FDP) (2021): Mehr Fortschritt wagen. Bündnis für Freiheit, Gerechtigkeit und Nachhaltigkeit. Koalitionsvertrag 2021-2025. https://www.spd.de/fileadmin/Dokumente/Koalitionsvertrag/Koalitionsvertrag_2021-2025.pdf.

STATTBAU Stadtentwicklungsgesellschaft mbH & Netzwerkagentur GenerationenWohnen (Hrsg.) (2019): Gemeinschaftliches Wohnen im Cluster. Ein praktischer Leitfaden zum Planen, Bauen und Wohnen. Berlin. https://www.netzwerk-generationen.de/fileadmin/user_upload/PDF/Downloads_brosch%C3%BCren-dokumentationen/2019-12-13_Broschuere_Cluster_web.pdf.

Statistische Ämter der Länder (2017): Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder. Band 1 Indikatoren und Kennzahlen Tabellen. Ausgabe 2017. Arbeitskreis Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder im Auftrag der Statistischen Ämter der Länder, Düsseldorf. <http://www.ugrdl.de/veroeffentlichungen.htm>.

Statistisches Bundesamt (o. J.): Gesamtwirtschaft & Umwelt - Material- & Energieflüsse - Material, Rohstoffe, Wasser.

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Umwelt/UmwelttoekonomischeGesamtrechnungen/MaterialEnergiefluesse/Tabellen/MaterialEnergiefluesse.html>.

---. (2017b): Abfallbilanz (Abfallaufkommen/-verbleib, Abfallintensität, Abfallaufkommen nach Wirtschaftszweigen). Statistisches Bundesamt (Destatis), Wiesbaden.

https://www.statistischebibliothek.de/mir/servlets/MCRFileNodeServlet/DEHeft_derivate_00070287/5321001177004_Korr28052020.pdf

---. (2017c): Bautätigkeit und Wohnungen. Fachserie 5 Reihe 1, Wiesbaden.

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/Thematisch/Bauen/BautaetigkeitWohnungsbau/Bautaetigkeit2050100167004.pdf?__blob=publicationFile.

---, (2018): Pressemitteilungen - Wohnungsbestand Ende 2017: 42,0 Millionen Wohnungen, Destatis.

https://www.destatis.de/DE/PresseService/Presse/Pressemitteilungen/2018/07/PD18_275_31231.html.

---, (2020a): Bevölkerung und Erwerbstätigkeit. Bevölkerungsfortschreibung auf Grundlage des Zensus 2011. Wiesbaden. https://www.statistischebibliothek.de/mir/receive/DEHeft_mods_00137309.

---, (2020b): Land- und Forstwirtschaft, Fischerei. Bodenfläche nach Art der tatsächlichen Nutzung. Wiesbaden.

https://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Flaechennutzung/Publikationen/Downloads-Flaechennutzung/bodenflaechennutzung-2030510207004.pdf?__blob=publicationFile

---, (2021a): Abfallaufkommen in Deutschland im Jahr 2019 weiter auf hohem Niveau. Pressemitteilung Nr. 261 vom 4. Juni 2021.

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2021/06/PD21_261_321.html;jsessionid=2A49C2D9F26BB802E518141BA4C869CF.live721

---, (2021b): 2021 voraussichtlich erneut kein Bevölkerungswachstum. Pressemitteilung Nr. 027 vom 20. Januar 2022. https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/01/PD22_027_124.html.

---, (2022a): Pressemitteilung Nr. 027 vom 20. Januar 2022.

https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2022/01/PD22_027_124.html.

---, (2022b): Bodenfläche (tatsächliche Nutzung): Bundesländer, Stichtag 31.12.2021, Nutzungsarten

<https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=2&levelid=1673343898122&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=33111-0002&auswahltext=&werteabruf=Werteabruf#abreadcrumb>.

---, (2023a): Demographische Aspekte. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/textbaustein-taser-blau-bevoelkerungszahl.html?nn=238640>.

---, (2023b): Demographischer Wandel. <https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/inhalt.html#652034>.

Tichelmann, K.; Barillas, A. (o. J.): Nachverdichtung und Sanierung—Aufstockung dreier Wohngebäude Errichtung zweier Neubauten Heerstraße 190-212, Projektheft. TSB Ingenieurgesellschaft mbH, Frankfurt am Main.

Tomerius, S.; Frick, C. (2009): Rechtliche Instrumente des Flächensparens. Working Paper.

http://www.zbf.urnwelt-campus.de/fileadmin/user_upload/Material/ZBF_WOrking-Paper_4.pdf.

Trapp, J.; Arndt, W.; Libbe, J.; Schneider, S.; Verbücheln, M.; Winkelhaus, J. u.a. (2017): Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen – umweltschonend, robust, demografiefest. Ressourcenleichte zukunftsfähige Infrastrukturen. Texte 64/2017. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2017-08-15_texte_64_2017_infrastrukturen.pdf.

Umweltbundesamt (UBA) (2016): New Urban Agenda – Werkzeugkasten für moderne Städte.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/new-urban-agenda-werkzeugkasten-fuer-moderne>.

---, (2017): Flächeninanspruchnahme für Siedlungen und Verkehr reduzieren.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-flaeche/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten/flaecheninanspruchnahme-fuer-siedlungen-verkehr#siedlungs-und-verkehrsflächen-in-deutschland>.

---, (2020): Flächensparen – Böden und Landschaften erhalten.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-landwirtschaft/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten#flächenverbrauch-in-deutschland-und-strategien-zum-flächensparen>.

---, (2021): Übereinkommen von Paris. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris#ziele-des-ubereinkommens-von-paris-uvp>.

---, (2021): Übereinkommen von Paris. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/internationale-eu-klimapolitik/uebereinkommen-von-paris#ziele-des-ubereinkommens-von-paris-uvp>.

---, (2022): Flächensparen. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/boden-flaeche/flaechensparen-boeden-landschaften-erhalten#flächenverbrauch-in-deutschland-und-strategien-zum-flächensparen>.

---, (2023a): SDGs: Herausforderung für die Nachhaltigkeitspolitik.

<https://www.umweltbundesamt.de/themen/nachhaltigkeit-strategien-internationales/sdgs-herausforderung-fuer-die-1>.

---, (2023b): Energieverbrauch nach Energieträgern und Sektoren.

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energietraegern-sektoren>.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs (UN DESA) (2015): World Urbanization Prospects: The 2014 Revision. ST/ESA/SER.A/366. United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, New York. <https://esa.un.org/unpd/wup/>.

Weißberger, M. (2016): Lebenszyklusbasierte Analyse der ökologischen Eigenschaften von Niedrigstenergiewohngebäuden unter besonderer Berücksichtigung der Gebäudetechnik. Technische Universität München. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1325463/1325463.pdf>.

Werland, S. (2014): Handlungspotenziale und Gestaltungsmöglichkeiten der Kommunen. Kurzanalyse 7.

Arbeitspapier. Ressourcen und Politik (PolRess), Berlin. http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_000000003449/PolRessxAP2_Kurzanalyse7-HandlungspotenzialeKommunen_ffu.pdf;jsessionid=8A8A0B468013AE6C0E47DD80AD0BCA9A?hosts=

http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCs_derivate_000000003449/PolRessxAP2_Kurzanalyse7-HandlungspotenzialeKommunen_ffu.pdf;jsessionid=8A8A0B468013AE6C0E47DD80AD0BCA9A?hosts=

Wicke, D.; Tatis-Muvdi, R.; Rouault, P.; Zerball-van Baar, P.; Dünnebier, U.; Rohr, M.; Burkhardt, M. (2021): Bauen und Sanieren als Schadstoffquelle in der urbanen Umwelt. Texte 155/2021. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/bauen-sanieren-als-schadstoffquelle-in-der-urbanen>.

Wiesner, W. (Hrsg.) (2007): Energietechnik. In: Solarer Städtebau: vom Pilotprojekt zum planerischen Leitbild. Kohlhammer, Stuttgart, 101–124.

Wiest, M.; Nowossadeck, S.; Tesch-Römer, C. (2015): Regionale Unterschiede in den Lebenssituationen älterer Menschen in Deutschland (DZA Diskussionspapiere, 57). Deutsches Zentrum für Altersfragen (DZA), Berlin.

<https://www.ssoar.info/ssoar/handle/document/42475>.

Wolf, T.; Untergutsch, A.; Wensing, C.; Mittelbach, H.; Pagenkopf, F.; Kellenberger, D. (2020): Potenziale von Bauen mit Holz Erweiterung der Datengrundlage zur Verfügbarkeit von Holz als Baustoff zum Einsatz im Holzbau sowie vergleichende Ökobilanzierung von Häusern in Massiv- und Holzbauweise. Texte 192/2020. Umweltbundesamt (Hrsg.), Dessau-Roßlau.

https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5750/publikationen/2020_10_29_texte_192_2020_potenziale_von_bauen_mit_holz_aktualisiert.pdf.

Wunder, S.; Hirschnitz-Garbers, M.; Kaphengst, T. (2014): Nexus-Papier 2: Ressourceneffizienz und Flächeninanspruchnahme. Arbeitspapier. Ressourcen und Politik (PolRess). Ecologic Institute, Berlin.
http://edocs.fu-berlin.de/docs/servlets/MCRFileNodeServlet/FUDOCSDerivate/000000004762/Nexus_RE-Flaeche.pdf.

A Anhang: Auswahl und Durchführung von Fallstudien

A.1 Auswahlprozess

Innerhalb Deutschlands erfolgte die Fallstudienauswahl in den derzeitig stark wachsenden Regionen und Kommunen mit angespannten Wohnungsmärkten. Die für diese Untersuchung potenziell relevanten Regionen, Städte und Gemeinden wurden in einem mehrstufigen Prozess ausgewählt:

1. Stark überdurchschnittlich wachsenden Städte und Gemeinden zwischen 2011 und 2015 in den Kategorien:

- a) 25.000 bis 50.000 Einwohner:innen'
- b) '50.000 bis 250.000' Einwohner:innen'
- c) 'mehr als 250.000 Einwohner:innen'

⇒ **116 Kommunen**

2. Untersuchung der Entwicklung der Gebäude- und Freiflächen für Wohnzwecke sowie der Wohngebäudeentwicklung zwischen 2011 und 2015 Mietpreisentwicklung:

- a) Wohnbauflächen- und Wohngebäudeentwicklung im Verhältnis zur Bevölkerungsentwicklung lassen auf Versorgungsengpässe von (bezahlbarem) Wohnraum schließen.
- b) Anwendung des Mietrechtsnovellierungsgesetzes
- c) Bevölkerungsentwicklung und Wohnflächenentwicklung nicht (allein) auf Zuzug von Geflüchteten und Vorhaltung von Erstaufnahmeeinrichtung zurückzuführen.

⇒ **51 Kommunen**

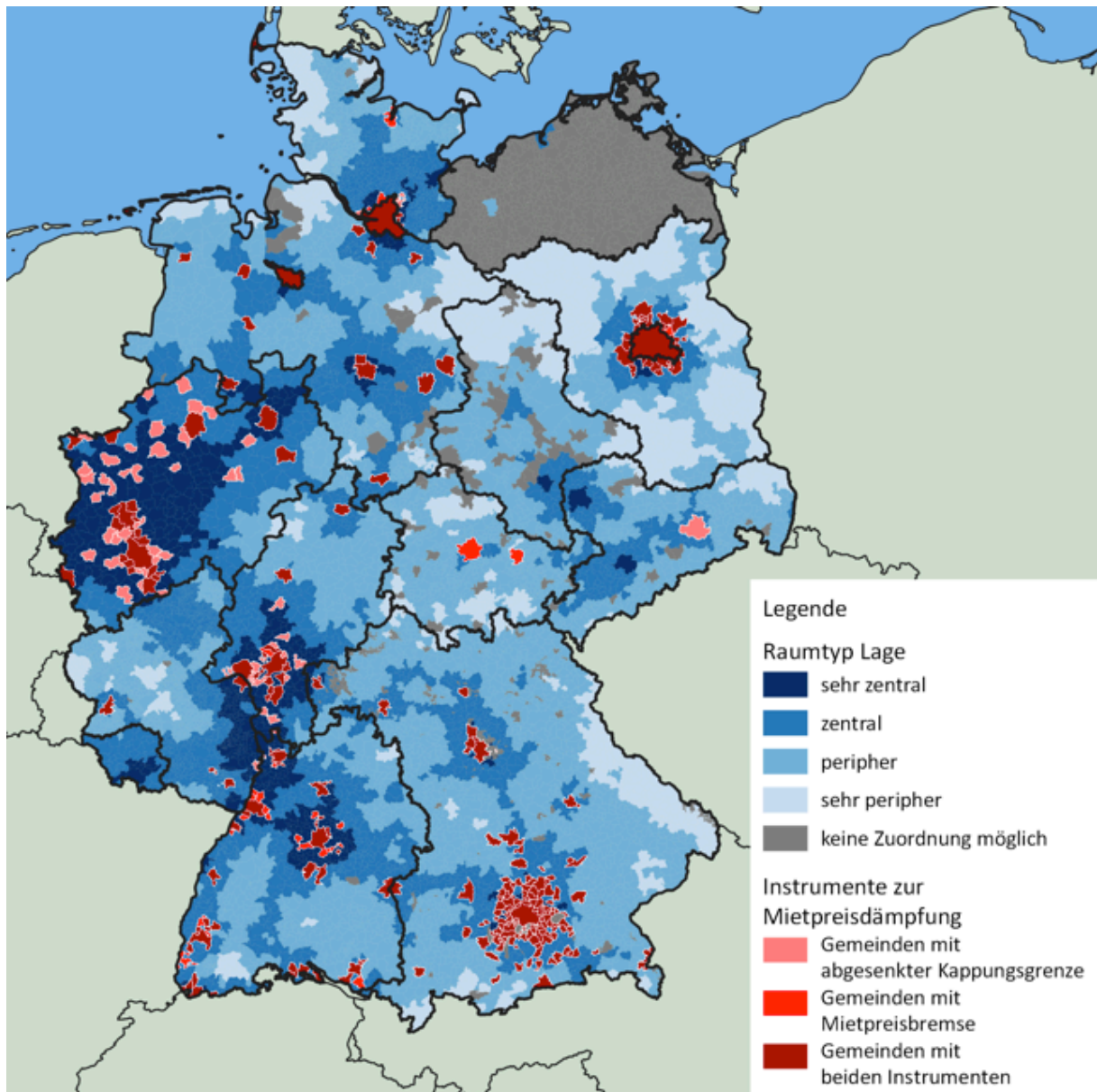
3. Auswertung formaler Planwerke und ergänzenden, informellen strategischen und konzeptionellen Instrumente hinsichtlich einer ressourcenschonenden kompakten Siedlungsentwicklung, Kriterien für die finale Auswahl:

- a) die geografische Lage der Kommunen im Sinne einer gleichmäßigen Verteilung über das Bundesgebiet,
- b) siedlungsstrukturelle Unterschiede der Kommunen und Regionen,
- c) die Eignung für Planungsebenen übergreifende Untersuchungen,
- d) die Bereitschaft der Regional- und Kommunalverwaltungen zur Teilnahme an dem Vorhaben,
- e) die Verfügbarkeit von erforderlichen Daten für die Szenarienberechnung.

⇒ **16 potenzielle Fallstudien**

⇒ **4 Zusagen von Kommunen für die Fallstudien**

Abbildung 52: Gemeinden Deutschlands nach Zentralitätsniveaus und Anwendung des Mietrechtsnovellierungsgesetz 2015



Quelle: Eigene Auswertung BKR Aachen auf Basis der Raumtypologie des BBSR (2011) und Bundestags-Drucksache 19/3945: Instrumente zur Mietpreisdämpfung.

Abbildung 53: Übersicht über die Fallstudienkandidaten – 'long list'



Quelle: Eigene Darstellung BKR Aachen auf Basis Geodaten: © GeoBasis-DE / BKG 2016 © EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenzen EU. Statistik: © Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2018.

Es konnten vier mitwirkungsbereite Modellkommunen gewonnenen werden, für die jeweils zwei kommunalspezifisch vertiefte Szenarien zur realistischen Entwicklung von Ressourceneffizienz-Szenarien für die lokale Stadtentwicklung durchgeführt wurden. Alle vier Fallstudienkommunen verzeichneten in den letzten Jahren einen kontinuierlichen Bevölkerungszuwachs und gehen auch in den nächsten Jahren von einem entsprechenden Trend aus. Daraus leiten die vier Kommunen einen Bedarf an neuen Wohneinheiten zwischen rund 3.000 und knapp 16.000 bis zum Jahr 2030 bzw. 2040 ab.

Tabelle 7: Übersicht zu wesentlichen Informationen und Indikatoren zu den vier Fallstudienkommunen

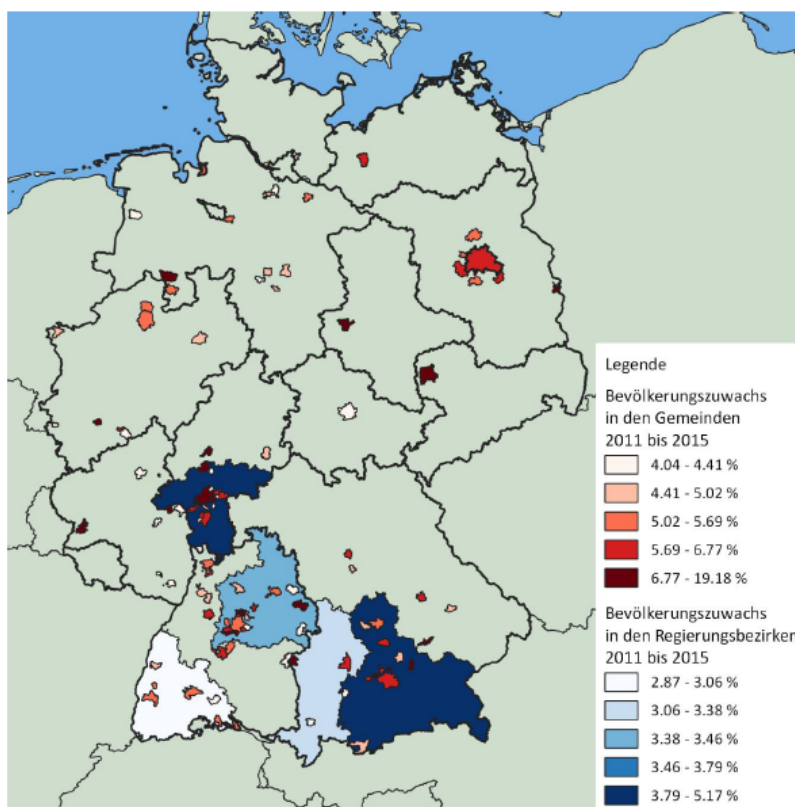
Kommune	Bundesland	Bevölkerung 2011	Bevölkerung 2015	Bevölkerungs-entwicklung 2011-2015	Wohngebäude 2011	Wohngebäude 2015	Entwicklung Wohn-gebäude 2011-2015
Kommune A	Bayern	44.642	46.806	+ 4,85%	9.769	10.135	+ 3,75%
Kommune B	Bayern	136.352	145.465	+ 6,68%	20.538	21.412	+ 4,26%
Kommune C	Baden-Württemberg	36.508	39.071	+ 7,02%	6.907	7.168	+ 3,78%
Kommune D	Brandenburg	41.370	43.526	+ 5,21%	10.873	11.451	+ 5,32%

Tabelle 8: Entwicklung der Boden-, Immobilien- und Mietpreise

Kommune A	2011	2015	Prognose
Entwicklung der Boden- und Immobilienpreise	1402,36 Euro/m ²	1949,78 Euro/m ²	5.197,83 (ab 60m ²) Euro/m ² (2018)
Entwicklung der Mietpreise	6,82 Euro/m ²	7,48 Euro/m ²	9,01 Euro/m ²
Entwicklung der Boden- und Immobilienpreise	2.606 Euro/m ²	3.726,39 Euro/m ²	5.164,1 Euro/m ² (2018)
Entwicklung der Mietpreise	8,8 Euro/m ²	9,88 Euro/m ²	11,15 Euro/m ²
Leerstandsquote in % (31.12.2016)	3,7 % (2011)		
Kommune B	2011	2015	Prognose
Entwicklung der Boden- und Immobilienpreise	2.606 Euro/m ²	3.726,39 Euro/m ²	5.164,1 Euro/m ² (2018)
Entwicklung der Mietpreise	8,8 Euro/m ²	9,88 Euro/m ²	11,15 Euro/m ²

Kommune C	2011	2015	Prognose
Entwicklung der Boden- und Immobilienpreise	2.430,44 Euro/m ²	3.494,2 (ab 60m ²) Euro/m ²	3.953 Euro/m ² (2018)
Entwicklung der Mietpreise	9,59 Euro/m ²	11,97 Euro/m ²	13,56 Euro/m ²
Kommune D	2011	2015	Prognose
Entwicklung der Boden- und Immobilienpreise	1.452,86 Euro/m ²	1.061,89 Euro/m ² (ab 60m ²)	2.818,6 Euro/m ² (2018)
Entwicklung der Mietpreise	6,26 Euro/m ²	6,93 (ab 60m ²) Euro/m ²	9,23 (ab 60m ²) Euro/m ²

Abbildung 54: Übersicht über überdurchschnittlich wachsende Gemeinden in Deutschland (n = 116) als potenzielle Fallstudienstädte



Quelle: Geodaten: © GeoBasis-DE / BKG 2016 © EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenzen EU.
Statistik: © Statistische Ämter des Bundes und der Länder, Deutschland, 2018; Darstellung BKR Aachen

	2011	2015	Differenz	Entwicklung
--	------	------	-----------	-------------

Gemeinden mit 25.000 bis 50.000 Einwohner. N = 72

Minimum	22.716	25.009	-1	0,00%
Maximum	49.172	49.830	5.796	19,18%
75%-Percentil	39.971	40.983	1.341	4,08%
Median	32.638	33.682	865	2,68%
Mittelwert	33.901	34.904	1.004	3,03%

Gemeinden mit 50.000 bis 250.000 Einwohner. N = 35

Minimum	48.623	50.284	69	0,06%
Maximum	240.543	248.645	12.159	11,04%
75%-Percentil	116.659	122.584	4.250	4,04%
Median	75.517	77.955	1.949	2,63%
Mittelwert	97.095	100.129	3.034	3,02%

Gemeinden mit mehr als 250.000 Einwohner. N = 7

Minimum	243.829	251.364	2.157	0,59%
Maximum	3.326.002	3.520.031	194.029	9,89%
75%-Percentil	590.674	620.848	31.057	5,41%
Median	509.764	537.994	16.848	3,74%
Mittelwert	656.101	685.903	29.802	3,91%

Planungsregionen. N = 5

Minimum	326.996	327.380	384	0,12%
Maximum	5.077.103	5.173.623	225.768	5,17%
75%-Percentil	3.617.971	3.678.565	79.352	3,45%
Median	1.774.104	1.834.797	43.732	2,38%
Mittelwert	2.282.558	2.344.505	61.947	2,41%

B Anhang: „Toolbox“ der kommunalen flächen- und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung¹⁰³

Aus der Analyse von Trends und Umweltwirkungen im Zusammenhang von demographischem Wandel und Ressourcenverbräuchen in wachsenden Stadtregionen sind aus der Literaturlauswertung, den Fallstudien und den durchgeführten Workshops, aber auch aus der vorhandenen Planungspraxis eine Reihe von Ziel- und Strategiebereichen identifiziert worden, die Kommunen und Regionen zumindest teilweise die Möglichkeit der Steuerung eröffnen. Dabei wird zwischen Handlungsansätzen zur Beeinflussung der treibenden Kräfte des demografischen Wandels und Wachstums (Drivers) einerseits und Handlungsansätzen zur Beeinflussung der Umweltwirkungen des Siedlungswachstums (Pressures) andererseits unterschieden werden (siehe hierzu Kapitel 2).

Instrumentell bietet das vorhandene Bauplanungs- und Bauordnungsrecht eine Fülle an Regelungsmöglichkeiten, mit denen diese Handlungsansätze und Handlungsmöglichkeiten praktisch in konkreten Planungsvorhaben umgesetzt werden können; Kapitel B bietet eine Übersicht zu den entsprechenden rechtlichen Regelungen und zu ergänzenden (informellen) Instrumenten, die den genannten und in Kapitel 6 erörterten Handlungsansätzen und Strategiebereichen zugeordnet sind.

Damit zeigt diese Toolbox Stadtplaner:innen in Kommunen und Planungsbüros in einer knappen Übersicht vorhandener bauplanungsrechtlicher sowie ergänzender bauordnungsrechtlicher, vertragsrechtlicher und weiterer Instrumente Wege zur Umsetzung der Ziele einer flächen- und ressourcenschonenden Siedlungsentwicklung auf.

B.1 Handlungsansätze zu treibenden Kräften (Drivers): Kommunale und regionale Standort- und Demografiepolitik

B.1.1 Zielbereich 1: Nachfragesteuerung (Kommunale und regionale Demografiepolitik)

Strategiebereich 1: Übergreifende Strategieentwicklung zum demografischen Wandel Land und Region/ Kommune

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Sparsame und bedarfsgerechte Darstellung, Begrenzung der Siedlungsfläche (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	./.
Angemessene und effiziente Nutzungsdichten; ggf. Darstellung differenzierter quartiersbezogener Nutzungsdichten (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	./.
Konzentration der Siedlungsentwicklung auf die leistungsfähigen Trassen des öffentlichen Nahverkehrs (§5 (2) Nr. 3 BauGB)	./.
Konzentration der Siedlungsentwicklung auf die Versorgungsbereiche (§5 (2) Nr. 2 lit. d) BauGB)	./.

¹⁰³ Stand der in der Toolbox genannten Regelungsgrundlagen: Mai 2021

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Gewährleistung angemessener gegenseitiger Schutzabstände zwischen Emissions- und Immissionsorten (§5 (2) Nr. 6 BauGB)	./.
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	./.

Strategiebereich 2: „Halten“ und Integration einkommensschwacher Gruppen im Wohnungsmarkt

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
./.	Sozialgerechte Siedlungsentwicklung: Bezahlbare Ergänzung des Wohnungsangebots durch Festsetzung von Flächen, auf denen ganz oder teilweise nur Wohngebäude, die mit Mitteln der sozialen Wohnraumförderung gefördert werden könnten, errichtet werden dürfen (§9 (1) Nr. 7 BauGB)
./.	Sozialgerechte Siedlungsentwicklung: Zielgruppenspezifische Ergänzung des Wohnungsangebots durch Festsetzung von Flächen, auf denen ganz oder teilweise nur Wohngebäude errichtet werden dürfen, die für Personengruppen mit besonderem Wohnbedarf bestimmt sind (§9 (1) Nr. 8 BauGB)
./.	Aufstellung eines Bebauungsplans zur Wohnraumversorgung für im Zusammenhang bebaute Ortsteile (§34), insbesondere zum Bau von geförderten Wohnungen (§9 (2d) BauGB)

Strategiebereich 3: Integration von Zuwanderinnen und Zuwanderern in Wohnungs- und Immobilienmärkten

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
./.	Sozialgerechte Siedlungsentwicklung: Bezahlbare Ergänzung des Wohnungsangebots durch Festsetzung von Flächen, auf denen ganz oder teilweise nur Wohngebäude, die mit Mitteln der sozialen Wohnraumförderung gefördert werden könnten, errichtet werden dürfen (§9 (1) Nr. 7 BauGB)
./.	Sozialgerechte Siedlungsentwicklung: Zielgruppenspezifische Ergänzung des Wohnungsangebots durch Festsetzung von Flächen, auf denen ganz oder teilweise nur Wohngebäude errichtet werden dürfen, die für Personengruppen mit besonderem Wohnbedarf bestimmt sind (§9 (1) Nr. 8 BauGB)

B.1.2 Zielbereich 2: Bedarfsgerechter Umbau der Wohnungsbestände

Strategiebereich 1: Demografiegerechter Umbau bestehender Wohnungsbestände

Strategiebereich 2: Demografiegerechter Umbau bestehender Wohnquartiere

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Steuerung der Nachverdichtung zur Schaffung neuer Wohnungsangebote und zusätzlicher Infrastrukturen (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Steuerung der Nachverdichtung zur Schaffung neuer Wohnungsangebote und zusätzlicher Infrastrukturen (§9 (1) Nr. 1 BauGB) Altersspezifische und bezahlbare Ergänzung des Wohnungsangebots (§9 (1) Nr. 8 BauGB)
Integration von Versorgungseinrichtungen mit Gütern und Dienstleistungen des öffentlichen und privaten Bereichs in Gebäudebestand (§5 (2) Nr. 2 lit. a) BauGB)	Integration von Versorgungseinrichtungen mit Gütern und Dienstleistungen des öffentlichen und privaten Bereichs in Gebäudebestand (§9 (1) Nr. 5 BauGB)
Integration von Gemeinbedarfseinrichtungen in Gebäudebestand (§5 (2) Nr. 2 lit. a) BauGB)	Integration von Gemeinbedarfseinrichtungen in Gebäudebestand (§9 (1) Nr. 5 BauGB)
Integration von zentralen Versorgungsbereichen in Gebäudebestand (§5 (2) Nr. 2 lit. d) BauGB)	Integration von zentralen Versorgungsbereichen in Gebäudebestand (§§9 (1) Nr. 5, 9 (2a) BauGB)
Wohnortnahe Grünflächen (Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport- und Spielangebote) (§§5 (2) Nr. 2 lit. a), 5 (2) Nr. 5 BauGB)	Wohnortnahe Grünflächen (Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport- und Spielangebote) (§§9 (1) Nr. 5, 9 (1) Nr. 15 BauGB)
	Altersgerechte Ausstattung der Baugrundstücke mit Spiel-, Freizeit- und Erholungsflächen (§9 (1) Nr. 4 BauGB)
Begründung der dargestellten Flächen, Maßnahmen, Anlagen und Standorte (§5 (5) BauGB)	Begründung der festgesetzten Flächen, Maßnahmen, Anlagen und Standorte (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

B.2 Handlungsansätze zur Eindämmung von Umweltbelastungen (Pressure)

B.2.1 Zielbereich 3: Nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung

Strategiebereich 1: Nachhaltige Steuerung der Flächenentwicklung

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Instrumente und Werkzeuge zur Steuerung der Siedlungsflächenentwicklung: Einwohnerprognosen, Bauflächenbedarfsprognosen, Dichtemodelle, Bauflächenkataster, Leerstandskataster, u. v. m. (siehe auch Frerichs et al. 2022) (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	./.
Sparsame und bedarfsgerechte Darstellung, Begrenzung der Siedlungsfläche (§5 (2) Nr. 5, 9, 10 BauGB)	./.
Angemessene und effiziente Nutzungsdichten; ggf. Darstellung differenzierter quartiersbezogener Nutzungsdichten (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	./.
Konzentration der Siedlungsentwicklung auf die Versorgungsbereiche	./.
Konzentration der Siedlungsentwicklung auf die leistungsfähigen Trassen des öffentlichen Nahverkehrs	./.
Gewährleistung angemessener gegenseitiger Schutzabstände zwischen Emissions- und Immissionsorten	./.
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	./.

Strategiebereich 2: Monitoring der Flächennutzung und Potenzialerfassung

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungenoptionen der baulichen und sonstigen Nutzung und des Besonderen Städtebaurechts in Bestandsgebieten (beplant und unbeplant)
Grundlagenermittlung und Monitoring Leerstände, Haushalts-, Alters- und Sozialstruktur, Bau- und Freiraumstrukturen etc. (siehe auch Frerichs et. al. 2022 (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	In Bestandsgebieten: Bestandsermittlung Leerstände, Haushalts-, Alters- und Sozialstruktur, Bau- und Freiraumstrukturen etc. (§29 BauGB ff. und §§136, 165, 171a, 172, 176a BauGB)
Eine umfassende Darstellung und Analyse findet sich in der UBA-Veröffentlichung Anforderungen an ein klimagerechtes (Resilienz und Mitigation) Management kompakter Siedlungs- und Infrastrukturflächen – Wege zur Umsetzung sowie Evaluierung anhand ausgewählter Fallstudien. Instrumente und Werkzeuge für eine klimagerechte Planung und Entwicklung kompakter	Eine umfassende Darstellung und Analyse findet sich in der UBA-Veröffentlichung Anforderungen an ein klimagerechtes (Resilienz und Mitigation) Management kompakter Siedlungs- und Infrastrukturflächen – Wege zur Umsetzung sowie Evaluierung anhand ausgewählter Fallstudien. Instrumente und Werkzeuge für eine

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der baulichen und sonstigen Nutzung und des Besonderen Städtebaurechts in Bestandsgebieten (beplant und unbeplant)
Siedlungsstrukturen (Frerichs et. al. 2022 (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	klimagerechte Planung und Entwicklung kompakter Siedlungsstrukturen (Frerichs et. al. 2022)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Dem Bebauungsplan (§9 BauGB) ist eine Begründung mit den Angaben nach §2a beizufügen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 3: Erhöhung der Nutzungseffizienz, Umwandlungen, Zwischennutzungen, bedarfsgerechter Wohnungstausch, Flächenkreislaufwirtschaft

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Effiziente Siedlungsnutzung durch Festsetzung von angemessenen und bedarfsgerechten sowie verträglichen unterschiedlichen Nutzungsarten sowie des besonderen Nutzungszwecks von Flächen (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Effiziente Siedlungsnutzung durch Festsetzung von angemessenen und bedarfsgerechten sowie verträglichen unterschiedlichen Nutzungsarten sowie des besonderen Nutzungszwecks von Flächen (§9 (1) Nr. 1 BauGB)
Angemessene und bedarfsgerechte Versorgungseinrichtungen, soziale und kulturelle Einrichtungen, Gemeinbedarfseinrichtungen Förderung der Mischnutzungen („Stadt der kurzen Wege“) (§5 (2) Nr. 2 lit. a) BauGB)	./.
./.	Steuerung der Nachverdichtung durch Festsetzung von angemessenen und bedarfsgerechten Baudichten und Bauweisen; dabei bevorzugt Kombination von geringer GRZ (§19 BauNVO) und hoher GFZ (§20 BauNVO) zur Begrenzung der Bodenbeanspruchung (§§9 (1) Nr. 1, 9 (1) Nr. 2 BauGB)“
./.	Reduzierung des Erschließungsaufwandes durch Verkehrsflächen im Städtebaulichen Entwurf; ggf. Weiternutzung bestehender Verkehrsflächen (§9 (1) Nr. 11 BauGB)
./.	Festsetzung von Zwischennutzungen und von bedingten Nutzungsarten (§§9 (2) Nr. 1, 9 (2) Nr. 2 BauGB)“
./.	Vertikale Festsetzung von unterschiedlichen Nutzungsarten (§9 (3) BauGB)
./.	Multifunktionale und verträgliche Festsetzung von Flächen für Gemeinschaftsanlagen (§9 (1) Nr. 22 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Umsetzungsinstrumente	Umsetzungsinstrumente
./.	Ausübung von Vorkaufsrechten zur Bebauung von unbebauten Baugrundstücken ggf. in Verbindung mit Städtebaulichen Verträgen (§11, 24 (1) Nr. 6 und Nr. 8 BauGB)
./.	Aufstellung einer Vorkaufsrechtssatzung (§25 BauGB)
./.	Befreiung von den Festsetzungen eines Bebauungsplans (§§31 (3), 34 (3a) BauGB)
./.	Baugebote (§§175, 176 BauGB)
./.	Städtebauliches Entwicklungskonzept zur Stärkung der Innenentwicklung (§176a BauGB)

Strategiebereich 4: Erhalt und Entwicklung von Grün- und Freiflächen

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Angemessene und bedarfsgerechte Versorgung durch Darstellung von Flächen für Sport- und Spielanlagen, Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe, Flächen für die Landwirtschaft und Wald, Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft (§§5 (2) Nr. 2 lit. a, 5 (2) Nr. 5, 5 (2) Nr. 9 lit. a, 5 (2) Nr. 10, 5 (2a) BauGB)	./.
./.	Festsetzung von grundstücksbezogenen Grünflächen und Freihaltung von Grundstücksflächen von baulichen Anlagen und Nebenanlagen (§§9 (1) Nr. 4, 9 (1) Nr. 10 BauGB)
./.	Bedarfsgerechte Festsetzung von Flächen für den Gemeinbedarf sowie für Sport- und Spielanlagen sowie von öffentlichen und privaten Grünflächen (§§9 (1) Nr. 5, 9 (1) Nr. 15 BauGB)
./.	Multifunktionale Grün- und Freiflächennutzung durch Überlagerung mit verträglichen Nutzungsarten bzw. Nutzung von Synergien zwischen Festsetzungen, Kennzeichnungen, nachrichtlichen Übernahmen und Vermerken (bspw. Überschwemmungsgebiete und überschwemmungsgefährdete Gebiete, Hochwasserentstehungsgebiete, Notwasserwege, Klimafunktionsflächen, Grünflächen, Spiel- und Sportflächen, landwirtschaftliche Flächen) (§§9 (1) Nr. 16 lit. b), 9 (1) Nr. 16 lit. c, 9 (1) Nr. 24 BauGB), 9 (1) Nr. 24 BauGB), 9 (5) Nr. 1 BauGB), 9

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
./.	(5) Nr. 2 BauGB), 9 (5) Nr. 3 BauGB), 9 (6a) Nr. 1 BauGB), 9 (6a) Nr. 1 BauGB
./.	Integration von Versickerungsflächen und Vorsorgeflächen vor Hochwasser und Starkregenabfluss (§9 (1) Nr. 16 lit. d BauGB)
Flächen für die Landwirtschaft und Wald (§5 (2) Nr. 9 BauGB)"	Flächen für die Landwirtschaft und Wald (§9 (1) Nr. 18 lit. a BauGB)
./.	Temporäre Grün- und Freiflächennutzungen (§9 (2) Nr. 1 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

B.2.2 Zielbereich 4: Reduktion und Effizienzsteigerung im Materialverbrauch, Reduzierung des Abfallaufkommens

Strategiebereich 1: Verminderung des Baubedarfes (Reduce, Reuse, Recycle)

Siehe Zielbereiche 1 und 2

Strategiebereich 2: Ressourceneffizienz in der Baukonstruktion

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Kompakte, ressourceneffiziente Stadtstrukturen Kompakte und ressourceneffiziente Baudichten und Bauweisen durch zielgerechte Festsetzung des Maßes der baulichen Nutzung mit niedriger GRZ bei hoher GFZ, der Bauweise, der überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Größe der Baugrundstücke (siehe bspw. FNP Berlin ¹⁰⁴ ; §5 (2) Nr. 1 BauGB)	Kompakte, ressourceneffiziente Stadtstrukturen Kompakte und ressourceneffiziente Baudichten und Bauweisen durch zielgerechte Festsetzung des Maßes der baulichen Nutzung mit niedriger GRZ (§19 BauNVO) bei hoher GFZ (§20 BauNVO), der Bauweise, der überbaubaren und die nicht überbaubaren Grundstücksflächen sowie der Größe der Baugrundstücke (§§9 (1) Nr. 1, 9 (1) Nr. 2, §9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 3 BauGB)
Reduzierung des Aufwandes für Abwasserversorgungsanlagen durch Abkopplung von der zentralen Abwasserbeseitigung (Option ist gegebenenfalls zu prüfen) (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Verzicht auf aufwändige Kanalanschlüsse durch dezentrale Abwasserbehandlungsanlage oder Schmutzwasserspeicher (ggf. §9 (1) Nr. 14 BauGB (sofern nicht gebäudeintegriert), Rückhaltung und Versickerung von Niederschlagswasser
Sparsame und bedarfsgerechte Darstellung von Verkehrsflächen / Hauptverkehrsstraßen Sparsame Festsetzung von Verkehrsflächen durch effiziente Erschließungsstrukturen; ggf. Weiternutzung bestehender Verkehrsflächen (§5 (2) Nr. 8 BauGB)	Sparsame und bedarfsgerechte Darstellung von Verkehrsflächen / Hauptverkehrsstraßen Sparsame Festsetzung von Verkehrsflächen durch effiziente Erschließungsstrukturen; ggf. Weiternutzung bestehender Verkehrsflächen (§9 (1) Nr. 11 BauGB)

¹⁰⁴ Wohnbauflächen W1 bis W4 mit differenzierter GFZ von bis 0,4 bis über 1,5 <
<https://www.berlin.de/sen/stadtentwicklung/planung/flaechennutzungsplanung/flaechennutzungsplan-fnp/>>

Regelungsoption der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Hinweise für die nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsschritte Begründung der Darstellungen bzw. der Festsetzungen (§5 (5) BauGB)	Hinweise für die nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsschritte Begründung der Darstellungen bzw. der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 3: Ressourceneffiziente Baustoffe

Ergänzende Hinweise zur Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur Bebauungsplanung
./.	Indirekt durch Verfolgung der Ziele in Strategiebereich 2: Ressourceneffizienz in der Baukonstruktion
./.	Hinweise für die nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsschritte, bspw. Beratungsangebote zur Verwendung ressourceneffizienter Baustoffe und Baukonstruktionen

Strategiebereich 4: Reduzierung des Abfallaufkommens

Ergänzende Hinweise zur Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur Bebauungsplanung
./.	Hinweise für die nachfolgenden Planungs- und Genehmigungsschritte, bspw. durch Informations- und Beratungsangebote zur Reduzierung von Bauabfällen und zur geordneten Entsorgung mit dem Ziel der Wiederaufbereitung und des Recyclings

Ergänzende Hinweise auf Maßnahmenoptionen	Regelungsgrundlagen
Außenanlagen, Freiflächengestaltung:	./.
Gestaltung privater Verkehrsanlagen, Flächen für das Parken von Fahrzeugen	Gestaltungssatzung, Bebauungsplan-Festsetzung
Größe und Gestaltung von Terrassen	Gestaltungssatzung
Materialwahl Außenanlagen, Einfriedungen o.ä.	Gestaltungssatzung
Bauliche Anlagen	./.
Verwendung bestimmter Baustoffe	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge

Ergänzende Hinweise auf Maßnahmenoptionen	Regelungsgrundlagen
Verwendung von Baustoffen aus Recyclingmaterialien/mit Umweltgütezeichen	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Transport von Bodenaushub, ggf. Vermeidung	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Verwendung von Holzfenstern, Tonziegeln, Lehmbauweise, Gründächern u.a.m.	Gestaltungssatzung
Verwendung umweltverträglicher Dämm- und Dichtstoffe	Gestaltungssatzung, städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Verwendung von rückführbaren Baumaterialien	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Anforderungen an den Wärmeschutz	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Anforderungen an Dachformen, Wintergärten	Gestaltungssatzung, städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge, Bebauungsplan-Festsetzung
Ausschluss von PVC-Fenstern, PVC-Fußbodenbelägen, PVC-Abwasserleitungen	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge
Anforderungen an schadstoffarme/-freie Innenausbaustoffe	städtebaulicher Vertrag, Kaufverträge

Quelle: nach Arno Bunzel, Stefan Frerichs, Ajo Hinzen, Birgit Kahmann, Gerd Ohligschläger (1998): Umweltschutz im Baugenehmigungsverfahren. Stuttgart (Raabe Verlag)

B.2.3 Zielbereich 5: Senkung des Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen in wachsenden Metropolregionen

Siehe UBA-Praxishilfe Klimaschutz in der räumlichen Planung u. a.

Strategiebereich 1: Wärme und Kälte

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Kompakte und nutzungsgemischte Siedlungsstrukturen (siehe Zielbereich 3, Strategiebereich 3) Kompakte Siedlungsstrukturen (§5 (2) Nr. 1 BauGB) Kompakte Siedlungsstrukturen (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Kompakte und nutzungsgemischte Siedlungsstrukturen (siehe Zielbereich 3, Strategiebereich 3) Kompakte Siedlungsstrukturen (§§9 (1) Nr. 1, 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2a, 9 (1) Nr. 4, 9 (1) Nr. 4 BauGB)
Solare Stadtplanung, die sich an der passiven und aktiven Nutzung der solaren Energie für Wärme und Strom durch die Ausrichtung von Gebäuden und Fensteröffnungen orientiert	Solare Stadtplanung, die sich an der passiven und aktiven Nutzung der solaren Energie für Wärme und Strom durch die Ausrichtung von Gebäuden und Fensteröffnungen orientiert (§§9 (1) Nr. 2 BauGB), 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2a, 9 (1) Nr. 3 BauGB)

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Vorrangfläche für bestimmte erneuerbare Energieversorgung Ziel- und bedarfsgerechte Festsetzung von Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung im Außenbereich und im Innenbereich inkl. Überlagerungen mit verträglichen Nutzungsarten (§5 (2) Nr. 2 lit. b) BauGB)	Vorrangfläche für bestimmte erneuerbare Energieversorgung Ziel- und bedarfsgerechte Festsetzung von Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung im Außenbereich und im Innenbereich inkl. Überlagerungen mit verträglichen Nutzungsarten (§9 (1) Nr. 12 BauGB)
Trassen für erneuerbare Energien (Wärme) Festsetzung von Leitungstrassen für erneuerbare Energien, ggf. als Leitungsrecht (§5 (2) Nr. 4 BauGB)	Trassen für erneuerbare Energien (Wärme) Festsetzung von Leitungstrassen für erneuerbare Energien, ggf. als Leitungsrecht (§§9 (1) Nr. 13 BauGB), 9 (1) Nr. 21 BauGB)
Ausschluss luftverunreinigender Brennstoffe (§5 (2) Nr. 6 BauGB)	Ausschluss luftverunreinigender Brennstoffe (soweit lufthygienisch begründbar) (§9 (1) Nr. 23 lit. a BauGB)
Steuerung von Flächen und Standorten für erneuerbare Energien (Wärme, Kälte; umstritten: Biomasse) (§5 (2b) BauGB)	Flächen und Standorten für erneuerbare Energien (Wärme, Kälte, Biomasse) (§9 (1) Nr. 12 BauGB)
Satzung über Anschluss- und Benutzungszwang (§5 (4) BauGB)	Satzung über Anschluss- und Benutzungszwang (§9 (4) BauGB)
./.	Nachrichtliche Übernahme von gemeindlichen Regelungen zum Anschluss- und Benutzungszwang (§9 (6) BauGB)
./.	Ggf. Steuerung von Dachflächenphotovoltaikanlagen durch Gestaltungssatzungen aufgrund von Gründen des (Stadt)Denkmalschutzes und Ortsbildes (§9 (6) BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 2: Mobilität

Verträgliche Verkehrskonzepte im Rahmen der Bebauungsplanung beinhalten insofern in erster Linie Ansätze für das Plangebiet selbst und seine unmittelbare Nachbarschaft. Dabei stehen

- Stadt der kurzen Wege
 - Ausrichtung der Siedlungsbereiche an den Trassen des SPNV
 - Fuß- und Radwegekonzepte und ihre Verknüpfung mit dem vorhandenen Wegenetz
 - Kompakte Baustrukturen
- Nutzungsmischung und hohe Nutzungsdichten

- Art und Umfang der Verkehrs- und Erschließungsflächen
- Organisation und Unterbringung des ruhenden Verkehrs und Integration des öffentlichen Personennahverkehrs
- Nutzung und Gestaltung des öffentlichen und halböffentlichen (Straßen-)Raumes
- Hohe Aufenthaltsqualitäten in den öffentlichen Grün- und Freiräumen (Straßen, Plätze, Grünflächen)

im Vordergrund.

Integriertes Mobilitätskonzept

- Minimierung der Verkehrsflächen
- Art und Umfang der Verkehrs- und Erschließungsflächen
- Nutzung und Gestaltung des öffentlichen und halböffentlichen (Straßen-)Raumes
- Organisation und Unterbringung des ruhenden Verkehrs
- Minderung bzw. Aussetzung der Stellplatzverpflichtungen
- Gemeinschaftsstellanlagen
- Integration des öffentlichen Personennahverkehrs
- Fuß- und Radwegekonzepte und ihre Verknüpfung mit dem vorhandenen Wegenetz im Vordergrund.

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Kompakte Siedlungsstrukturen (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Kompakte Siedlungsstrukturen (§§9 (1) Nr. 2 BauGB), 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 3, (9 (1) Nr. 4, 9 (1) Nr. 4 BauGB)
	Sparsame Darstellung von Verkehrstrassen und -flächen (§§9 (1) Nr. 11, 9 (1) Nr. 11 BauGB)
	Nutzung für Fuß- und Radwege (§9 (1) Nr. 21 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 3: Elektrizität

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Anlagen, Standorte und Flächen für erneuerbare Energieerzeugung Festsetzung von Flächen für Anlagen und Einrichtungen zur dezentralen und zentralen Erzeugung, Verteilung, Nutzung oder Speicherung von Strom, Wärme oder Kälte aus erneuerbaren Energien oder Kraft-Wärme-Kopplung (§5 (2) Nr. 2 lit. b) BauGB)	Anlagen, Standorte und Flächen für erneuerbare Energieerzeugung (§9 (1) Nr. 12 BauGB)

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Trassen für erneuerbare Energien (Elektrizität) Festsetzung von oberirdischen oder unterirdischen Versorgungsanlagen und -leitungen Festsetzung von Leitungstrassen für erneuerbare Energien, ggf. als Leitungsrecht (§5 (2) Nr. 4 BauGB)	Trassen für erneuerbare Energien (Elektrizität) Festsetzung von oberirdischen oder unterirdischen Versorgungsanlagen und -leitungen Festsetzung von Leitungstrassen für erneuerbare Energien, ggf. als Leitungsrecht (§§9 (1) Nr. 13, (9 (1) Nr. 21 BauGB)
Steuerung von Flächen und Standorten für erneuerbare Energien (Elektrizität; umstritten: Biomasse) über sachliche und räumliche Teilflächennutzungspläne für die Zwecke des §35 Absatz 3 Satz 3 (§5 (2b) BauGB)	
	Bauliche und technische Vorkehrungen für erneuerbare Energieanlagen (§9 (1) Nr. 23 lit. b BauGB)
	Zeitlich befristete oder bedingte Festsetzung von Freiflächenphotovoltaikanlagen, Windkraftanlagen, Biomasseanlagen etc. (§§9 (2) Nr. 1, 9 (2) Nr. 2 BauGB)
	Nachrichtliche Übernahme von gemeindlichen Regelungen zum Anschluss- und Benutzungszwang (§9 (4) BauGB)
	Ggf. Steuerung von Dachflächenphotovoltaikanlagen durch Gestaltungssatzungen (§9 (6) BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 4: Kohlenstoffsenken

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Kohlenstoffspeichernde Flächennutzung durch Darstellung von Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe bzw. durch Festsetzung von öffentlichen und privaten Grünflächen (§5 (2) Nr. 5 BauGB)	Kohlenstoffspeichernde Flächennutzung durch Darstellung von Grünflächen, wie Parkanlagen, Dauerkleingärten, Sport-, Spiel-, Zelt- und Badeplätze, Friedhöfe bzw. durch Festsetzung von öffentlichen und privaten Grünflächen (§9 (1) Nr. 15 BauGB)
Hochwasserschutz, Wasserabfluss: kohlenstoffspeichernde Flächennutzung (Feuchtgebiete: Sumpf, Moor, Feuchtgrünland etc.) Versickerungsflächen und Vorsorgeflächen gegen Starkregen (§§5 (2) Nr. 7, 5 (4a) BauGB)	Hochwasserschutz, Wasserabfluss: kohlenstoffspeichernde Flächennutzung (Feuchtgebiete: Sumpf, Moor, Feuchtgrünland etc.) Versickerungsflächen und Vorsorgeflächen gegen Starkregen (§§9 (1) Nr. 14, 9 (1) Nr. 16 b) BauGB)
Darstellung von Flächen für Wald (Sicherung und Vermehrung) (§5 (2) Nr. 9 lit. b) BauGB)	Festsetzung von Flächen für Wald (Sicherung und Vermehrung) (§9 (1) Nr. 18 lit. b) BauGB)

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Darstellung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft mit Entwicklungsziel Kohlenstoffspeicherung (Feuchtgebiete, Moore etc.) (§5 (2) Nr. 10 BauGB)	Festsetzung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft mit Entwicklungsziel Kohlenstoffspeicherung (Feuchtgebiete, Moore etc.) (§9 (1) Nr. 20 BauGB)
Nutzung von Ausgleichsflächen zu den Eingriffsflächen für Entwicklung von natürlichen Kohlenstoffspeichern (§5 (2a) BauGB)	Nutzung von Ausgleichsflächen zu den Eingriffsflächen für Entwicklung von natürlichen Kohlenstoffspeichern (§9 (1a) BauGB)
Synergetische Flächennutzungen zu Kennzeichnungen, nachrichtlichen Übernahmen und Vermerken (Grünflächen, Feuchtgebiete, Moore, Sümpfe, Wald im Bereich von Hochwasserschutzflächen, Immissionsschutzflächen) (§5 (3, 4a) BauGB)	Synergetische Flächennutzungen zu Kennzeichnungen, nachrichtlichen Übernahmen und Vermerken Grünflächen, Feuchtgebiete, Moore, Sümpfe, Wald im Bereich von Hochwasserschutzflächen, Immissionsschutzflächen) (§§9 (1) Nr. 16 lit. d, 9 (1) Nr. 24, 9 (1) Nr. 25 lit. a, 9 (1) Nr. 25 lit. b, 9 (1a), 9 (6a) Nr. 1, 9 (6a) Nr. 1 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 5: Regionaler und interkommunaler Klimaschutz

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Regionales erneuerbares Energiekonzept; Abstimmung Anlagen, Standorte und Flächen; Sicherung über regionale Teilflächennutzungspläne (Konzentrationszonen für Gartenbaubetriebe, öffentliche Ver- oder Entsorgung oder standortgebundene gewerbliche Betriebe, Forschung, Entwicklung oder Nutzung der Wind- und Wasserenergie, Biomassenutzung im Rahmen eines landwirtschaftlichen oder Gartenbaubetriebs) (§5 (2b) BauGB)	./.
Ggf. Vorbereitung der Umsetzung regional abgestimmter Maßnahmen auf lokaler Ebene durch Flächennutzungsplanung – sachliche und räumliche Teilflächennutzungspläne, sachliche regionale Flächennutzungspläne	Ggf. Umsetzung regional abgestimmter Maßnahmen auf lokaler Ebene durch Bebauungsplanung
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

B.2.4 Zielbereich 6: Umweltgerechte Siedlungsentwicklung

Strategiebereich 1: Bodenschutz und Entsiegelung

Schlüsselgröße für den Umfang der Freirauminanspruchnahme und für die Wahrung der ökologischen Funktionsfähigkeit des Bodens ist die angestrebte Siedlungsstruktur, insbesondere die bauliche Dichte. Zur Steuerung dieser Größen siehe Zielbereiche 2 und 3

Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Generelle Steuerung der baulichen und sonstigen Inanspruchnahme von Böden im Gemeindegebiet (Grad der Überbauung/Versiegelung)	Schutz seltener und besonders empfindlicher Böden vor baulicher Inanspruchnahme
Erhaltung und Schutz der natürlichen Bodenfunktionen zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts	Kompakte Bauformen bei unabweisbaren Siedlungserweiterungen
Standortbestimmung neuer Nutzungen unter Berücksichtigung der natürlichen Nutzungseignung des Bodens (Schutzwürdigkeit bzw. Empfindlichkeit des Bodens, Vorbelastungen; Auswirkungen der geplanten Nutzung auf den Boden)	Schutz des Bodens in seiner natürlichen Leistungsfähigkeit vor Beeinträchtigungen (§202 BauGB Schutz des Mutterbodens Mutterboden, der bei der Errichtung und Änderung baulicher Anlagen sowie bei wesentlichen anderen Veränderungen der Erdoberfläche ausgehoben wird, ist in nutzbarem Zustand zu erhalten und vor Vernichtung oder Vergeudung zu schützen.)
Rücknahme von gewidmeten (aber noch nicht beanspruchten) Bauflächen zur Begrenzung der Inanspruchnahme von besonders schutzwürdigen, seltenen bzw. empfindlichen Böden (§42 (2) BauGB)	Minimierung von Funktionsbeeinträchtigungen natürlicher Böden durch kleinräumig differenzierende Anordnung von Baukörpern und versiegelten Flächen
Darstellung von zu erhaltenden und zu entwickelnden Bereichen mit besonderen Bodenfunktionen oder seltenen bzw. schutzwürdigen Böden als Maßnahmenflächen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft (§5 Abs. 2 Nr. 10 BauGB)	Schutz des Bodens vor weiteren stofflichen und nicht stofflichen Beeinträchtigungen
Darstellung von Bereichen mit bestimmten Einschränkungen bei der baulichen Inanspruchnahme im Bezug auf Bodenschutz (bspw. Begrenzung der Nachverdichtung in locker bebauten Wohngebieten auf Böden mit besonderen Funktionen für die Grundwasserneubildung)	./.
Abschätzung und Bewertung der durch den Plan vorbereiteten Eingriffe in Natur und Landschaft (hier Beeinträchtigung oder Zerstörung von Bodenfunktionen) sowie überschlägige Ermittlung von Ausgleichserfordernissen	./.
Kennzeichnung von Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind (Einwirkungen des Bodens auf die geplante Nutzung) (§5 (5) Nr. 3 BauGB)	Kennzeichnung von Flächen, deren Böden erheblich mit umweltgefährdenden Stoffen belastet sind (Einwirkungen des Bodens auf die geplante Nutzung) (§9 (5) Nr. 3 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 2: Verbesserung der Luftqualität

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Standortbestimmung neuer Nutzungen im Hinblick auf lufthygienische Vorbelastungen, nach Maßgabe ihres Emissionsverhaltens und ihrer Immissionsempfindlichkeit (Vermeidung des Entstehens neuer Immissionskonflikte, störungsarme Nutzungszuordnung gem. §50 BImSchG)	Im Bereich Lufthygiene muss der Vermeidung und Verminderung Kfz-verkehrsbedingter Luftverunreinigungen in den Städten Priorität eingeräumt werden. Siehe Zielbereich 5: Senkung des Energieverbrauchs, Strategiebereich 2: Mobilität
Bestandsbestätigung verträglicher Nutzungsmischungen; Zuordnung neuer Nutzungen mit dem Ziel der Verkehrs(-emissions-)vermeidung und -verminderung ("Stadt der kurzen Wege")	Nachgeordnet sind in Gemeinden mit ungünstigen topographischen und klimatischen Verhältnissen auch Vorkehrungen zu treffen, schädliche Umwelteinwirkungen durch Emissionen aus Hausbrand, Industrie- und Gewerbebetrieben zu vermeiden – siehe Zielbereich 5: Senkung des Energieverbrauchs, Strategiebereich 1: Wärme und Kälte; Strategiebereich 3 in diesem Zielbereich: Anpassung an die Folgen des Klimawandels
Standortbestimmung neuer Nutzungen unter Berücksichtigung von - lufthygienisch relevanten - klimatischen oder topographischen Besonderheiten (Frischluftleitbahnen, Tal- oder Rinnenlage)	./.
Umwidmung der Randbereiche emissionsintensiver Nutzungen (Industrie, Hauptverkehrsstraßen, ...) aufgrund von Immissionskonflikten mit benachbarten empfindlichen Nutzungen	./.
Umwidmung empfindlicher Nutzungen (bspw. Wohnnutzung, Kleingärten, ...) in Immissionsschwerpunkten mit nicht abstellbaren, unzumutbaren Störungen	./.
Schutz von gering immissionsvorbelasteten Gebieten (bspw. Kur- und Erholungsgebiete) vor zusätzlichen Immissionsbelastungen	./.
Verlagerung emissionsintensiver Betriebe aus immissionsempfindlichen Gebieten, soweit die Störungen anlage- und verfahrenstechnisch nicht auf andere Weise abgestellt werden können	./.
Darstellung von Flächen mit Nutzungsbeschränkungen oder für Vorkehrungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§5 (2) Nr. 6 BauGB)	Festsetzung von Flächen mit Nutzungsbeschränkungen oder für Vorkehrungen zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen (§9 (1) Nr. 24 BauGB)
Hinweise für Regelungsbedarf in der verbindlichen Bauleitplanung zur Vermeidung von Immissionskonflikten	./.
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 3: Anpassung an die Folgen des Klimawandels

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Allgemeine Darstellungen und Festsetzungen zur Klimavorsorge	
Bei der Siedlungsflächenentwicklung Freihaltung gefährdeter Bereiche, Berücksichtigung von Stadtklima und Hitzeinseleffekten, Berücksichtigung von Anforderungen zum Niederschlagswasserrückhalt (§5 (2) Nr. 1 BauGB)	Nutzung von Synergien / multifunktionale Flächennutzung von Kennzeichnungen, nachrichtlichen Übernahmen oder Vermerken für die Hitze- und Starkregenvorsorge (§§9 (5) Nr. 3, 9 (6a) Nr. 1, 9 (6a) Nr. 1 BauGB)
Darstellung von Anlagen, Einrichtungen und sonstigen Maßnahmen, die der Anpassung an den Klimawandel dienen als Risikobereiche und Vorsorge- und Entlastungsbereiche (§5 (2) Nr. 2 lit. c) BauGB)	Nutzung von Ausgleichsmaßnahmen zur Verbesserung des Niederschlagswasserrückhalts von geeigneten Flächen sowie zur Verbesserung der klimatischen Entlastungswirkung von geeigneten Flächen
Risikobereiche - Trassennetz der Notfallversorgung (§5 (2) Nr. 3 BauGB)	./.
Verbesserung des Niederschlagswasserrückhalts, Darstellung als potenzielle klimatische Entlastungsflächen (§§5 (2) Nr. 9 lit. a), 5 (2) Nr. 9 lit. b) BauGB)	./.
Darstellungen und Festsetzungen zur Hitze- und Dürrevorsorge	
Stadtklimatische Ausgleichsfläche (§5 (2a) BauGB)	Gewährleistung einer ausreichenden Durchlüftung zur Kühlung durch angemessene Dichte (§§9 (1) Nr. 1, 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2a, 9 (1) Nr. 10 BauGB)
Gebiete mit Vorrang für effiziente Kälteversorgung (§5 (2) Nr. 2 lit. b) BauGB) Effiziente Kälteversorgung zur Hitzevorsorge (§5 (2) Nr. 2 lit. c) BauGB)	Festsetzung von Flächen und Standorten für effiziente und erneuerbare Kälteversorgungsanlagen (§9 (1) Nr. 12 BauGB)
Darstellung von Grünflächen mit dem Ziel Niederschlagswasserrückhalt für extreme Niederschlagsereignisse, oder mit dem Ziel Klimawandel-angepasster Umbau / Kühlungsleistungen für das städtische Umfeld in Belastungsgebieten (§5 (2) Nr. 5 BauGB)	Festsetzung von Grünflächen als klimatische Entlastungsflächen (§9 (1) Nr. 15 BauGB) Festsetzung von Dach- und ggf. Fassadenbegrünung als klimatische Entlastungsmaßnahme (§9 (1) Nr. 25 lit. a BauGB) Pflanzlisten mit Hitze- und Trockenheits-resistente Pflanzenarten
Darstellungen und Festsetzungen zur Starkregen-, Sturzfluten und Hochvorsorge	
Hinweise zur Freihaltung von relevanten Fließwegen (§5 (2) Nr. 3 BauGB)	Freihaltung von abflusswirksamen Grundstücksbereichen / Steuerung der Versiegelung (§§9 (1) Nr. 2, 9 (1) Nr. 2a, 9 (1) Nr. 10 BauGB) Festsetzung von Verkehrsflächen als Notwasserweg und Notrückhalt (§9 (1) Nr. 11 BauGB) Festsetzung von Flächen mit Geh- und Fahrrechten als temporäre ausnahmsweise Notwasserweg (§9 (1) Nr. 21 BauGB) Festsetzung von Flächen für die

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
	Abwasserbeseitigung als Notwasserrückhalt oder -weg (§9 (1) Nr. 14 BauGB) Festsetzung von Sportanlagen als Notwasserwege und Notrückhalt (§9 (1) Nr. 5 BauGB)
Darstellung von Flächen, die im Interesse des Hochwasserschutzes und der Regelung des Wasserabflusses freizuhalten sind - bedeutsame Notwasserwege (§5 (2) Nr. 7 BauGB) Darstellung von Grünflächen, Sport- und Spielanlagen mit Potenzial für Notwasserweg und Notwasserrückhalt (§5 (2) Nr. 2 lit. a) BauGB)	Festsetzung von Flächen für die Wasserwirtschaft (Rückhaltung), Hochwasserschutzanlagen, Regelung des Wasserabflusses - Gräben, Kanäle, Vorfluter (§§9 (1) Nr. 16 lit. a), 9 (1) Nr. 16 lit. b) BauGB)
Darstellung von Grünflächen mit dem Ziel Niederschlagswasserrückhalt für extreme Niederschlagsereignisse (§5 (2) Nr. 5 BauGB)	Festsetzung von Grünflächen mit Zusatznutzen temporäre Notwasserwege und Notrückhalt (§9 (1) Nr. 15 BauGB) Festsetzung von Dach- und ggf. Fassadenbegrünung zum Niederschlagsrückhalt (§9 (1) Nr. 25 lit. a BauGB)
Darstellung von Flächen für Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft mit Entwicklungsziel Niederschlagswasserrückhalt, Darstellung mit Entwicklungsziel klimatische Entlastungsflächen (§5 (2) Nr. 10 BauGB)	Kombination von Ausgleichsflächen und -maßnahmen im Rahmen der Eingriffsregelung mit Maßnahmen zur Verbesserung des Niederschlagsrückhalt und als stadtklimatische Entlastungsfläche (§9 (1) Nr. 20 BauGB)
./.	Gewährleistung einer ausreichenden Versickerung durch angemessene Dichte zur Steuerung der Versiegelung (§9 (1) Nr. 1 BauGB) Festsetzung von Flächen zur Niederschlagswasserversickerung (§9 (1) Nr. 14 BauGB) Festsetzung von Versickerungsflächen auf Baugrundstücken ggf. in Verbindung mit Rückhaltungsmöglichkeiten und Abflussbeiwerten für die Grundstücke (§9 (1) Nr. 16 lit. d BauGB) Abhängig von landesrechtlichen Regelungen - LBO, bspw. zur Versickerung, Verrieselung oder Einleitung des anfallenden Niederschlagswasser (§9 (4) BauGB) Ggf. Festsetzungen zur Wasserdurchlässigkeit (Mächtigkeit von Bodenmaterial - abhängig von landesrechtlichen Regelungen - LBO) (§9 (1) Nr. 20 BauGB) Hinweis zu Zisternen und anderen Rückhaltevorrückungen für Trockenperioden
Kennzeichnung von potenziellen Überflutungsbereichen aufgrund extremer Niederschlagsereignisse und Hinweise zu den Sicherungsmaßnahmen, soweit Bau- und Nutzungsverträglich: Kennzeichnung als Warnung vor potenziellen Gefahren durch Bodenbewegungen und	Festsetzung von Gebieten, in denen bei der Errichtung baulicher Anlagen bestimmte bauliche oder technische Maßnahmen getroffen werden müssen, die der Vermeidung oder Verringerung von Hochwasserschäden einschließlich Schäden durch Starkregen dienen, sowie die Art dieser Maßnahmen (§9 (1) Nr. 16 lit. c) BauGB)

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Hinweise zu den notwendigen Sicherungsmaßnahmen (§5 (3) Nr. 1 BauGB)	Kennzeichnung von Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen oder bei denen besondere bauliche Sicherungsmaßnahmen gegen Naturgewalten erforderlich sind als Warnung vor potenziellen Überflutungsgefahren durch Hochwasser und Sturzfluten und Hinweise zu den notwendigen Sicherungsmaßnahmen (§9 (5) Nr. 1 BauGB) Soweit Bau- und Nutzungsverträglich: Kennzeichnung als Warnung vor potenziellen Gefahren durch Bodenbewegungen und Hinweise zu den notwendigen Sicherungsmaßnahmen Festsetzung der Höhenlage der Erschließungsstraßen (Endausbau!), des Geländes und der Aufenthaltsräume in Gebäuden zum Überflutungsschutz vor Hochwasser und Sturzfluten (§9 (3) BauGB)
Nachrichtliche Übernahme von festgesetzten Überschwemmungsgebieten, Risikogebieten außerhalb von Überschwemmungsgebieten sowie Hochwasserentstehungsgebieten (§5 (4a) BauGB) Vermerk von noch nicht festgesetzten Überschwemmungsgebieten sowie Risikogebieten im Sinne des §73 (1) Satz 1 WHG (§5 (4a) BauGB)	Festsetzung von Schutzflächen mit Hochwasser- und Sturzflut-verträglicher Flächennutzung; Festsetzung von Schutzflächen vor Bodenbewegungen (§9 (1) Nr. 24 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 4: Reduzierung von Lärmbelastungen

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Bestandsbestätigung verträglicher Nutzungsmischungen (§5 (2) Nr. 1 BauGB) Standortbestimmung neuer Nutzungen nach Maßgabe ihrer Lärmempfindlichkeit bzw. ihres Emissionsverhaltens (Vermeidung des Entstehens neuer Immissionskonflikte; störungsarme Nutzungszuordnung gem. §50 BImSchG bei anderweitig nicht bewältigbaren Störungen) Erweiterung/Erhalt/Schutz großflächig zusammenhängender Ruhegebiete Umwidmung immissionsempfindlicher Nutzungen, wenn Emissionsminderungs- und Immissionsschutzmaßnahmen nicht in ausreichendem Maße zur Lösung des Immissionskonfliktes beitragen können (§5 (2) Nr. 1 BauGB) Umwidmung der Randbereiche emissionsintensiver Nutzungen (Gewerbe/Industrie, örtliche Hauptverkehrsstraßen, Sport- und Freizeiteinrichtungen, ...) aufgrund von	Bestandsbestätigung verträglicher Nutzungsmischungen (§9 (1) Nr. 1 BauGB) Gliederung innerhalb der einzelnen Baugebiete nach der Art der zulässigen Nutzung, nach der Art der Betriebe und Anlagen, nach den besonderen Bedürfnissen von Betrieben und Anlagen und nach den besonderen Eigenschaften von Betrieben und Anlagen (§1 Abs. 4 BauNVO) Umwidmung immissionsempfindlicher Nutzungen, wenn Emissionsminderungs- und Immissionsschutzmaßnahmen nicht in ausreichendem Maße zur Lösung des Immissionskonfliktes beitragen können (§9 (1) Nr. 1 BauGB)

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Immissionskonflikten mit benachbarten störungsempfindlichen Nutzungen	
Wahrung von Schutzabständen, Immissionsschutzflächen	Immissionsschutzflächen (§9 Abs. 1 Nr. 24 BauGB), wobei die Immissionsschutzflächen außerhalb der Betriebsflächen liegen müssen. Für die von Bebauung freizuhaltenden Schutzflächen ist eine geeignete Nutzung festzusetzen
	Maß der baulichen Nutzung (§9 (1) Nr. 2 BauGB) Immissionsabschirmende Bauweisen und Baukörperstellungen bspw. nach der Zahl der Vollgeschosse als Höchst- und Mindestmaß, ggf. auch zwingend aus Schallschutzgründen oder die Höhe baulicher Anlagen als Mindestmaß, ggf. auch zwingend Bauweise (§16 BauNVO) i.d.R. als geschlossene Bauweise und die Dachfirst-/Gebäuerichtung (§22 BauNVO) die (nicht) überbaubaren Grundstücksflächen (§23 BauNVO) in Form von Baulinien oder Baugrenzen, um bspw. durch Nähe zur Schallquelle abschirmende Wirkungen zu erzielen oder um lärmabgewandte Freiflächen zu sichern die Flächen für Nebenanlagen, (überdachte) Stellplätze und Garagen (§9 Abs. 1 Nr. 4 i. V. m. §§12, 21 a BauNVO), soweit sie lärmabschirmende Funktionen erfüllen können
Kennzeichnung von Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen erforderlich sind, wenn anders eine Lärminderung im Bestand nicht erreicht werden kann (§5 (3) Nr. 1 BauGB)	Kennzeichnung von Flächen, bei deren Bebauung besondere bauliche Vorkehrungen gegen äußere Einwirkungen erforderlich sind, wenn anders eine Lärminderung im Bestand nicht erreicht werden kann (§9 (5) Nr. 1 BauGB) Aktive und passive Lärmschutzvorkehrungen, Lärmschutzwälle, -wände und Schutzpflanzungen (§9 (1) Nr. 24 BauGB)
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 5: Flora und Fauna, biologische Vielfalt

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Sicherung von ausreichend großen Funktionsräumen zur Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes im Hinblick auf klimaökologische, hydrologische, bioökologische und landwirtschaftliche Produktionsfunktionen	Vermeidung der Inanspruchnahme neuer Flächen
Erhaltung und Entwicklung eines lokal/regional zusammenhängenden Freiraumsystems	Minimierung der Beeinträchtigungen der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Gezielte Steuerung künftiger Siedlungstätigkeit auf (wieder-) nutzbare Flächenpotenziale im Bestand (bspw. Altstandorte, Konversionsflächen); ggf. Begrenzung der Nachverdichtung im Bestand zum Schutz von Natur und Landschaft im besiedelten Bereich	Mindestens Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes durch Maßnahmen zum Ausgleich
Gezielte Steuerung der Flächenneuanspruchnahme mit sparsamem Flächenverbrauch und geringstmöglichen Eingriffen in Natur und Landschaft	Betrachtung der abiotischen (Boden, Wasser, Luft/Klima) und biotischen (Arten und Lebensgemeinschaften) Bestandteile des Naturhaushalts sowie des Naturhaushalts als System insgesamt mit seinen Wechselwirkungen mit menschlichen Nutzungen
Standortbestimmung neuer Nutzungen unter der Maßgabe einer weitgehenden Vermeidung von Beeinträchtigungen bzw. Schädigungen von schutz- und erhaltenswürdigen Lebensräumen für Pflanzen und Tiere sowie des Landschaftsbildes	Anwendung der Eingriffs-/Ausgleichsregelungen gem. §1a BauGB)
Störungsarme Nutzungszuordnung von Flächen mit ökologischen Schutzfunktionen und solchen für Freizeitaktivitäten	Als Maßnahmen zum Ausgleich bieten sich alle Maßnahmen an, die zu einer Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushalts und des Landschaftsbildes führen können, wie bspw.:
Rücknahme von noch nicht realisierten Bauflächendarstellungen auf Standorten mit erhaltenswürdigen Biotopen bzw. prägenden und gliedernden Landschaftsbestandteilen	Anpflanzung/Aussaats von standortheimischen Gehölzen, Kräutern und Gräsern (bspw. Anpflanzung von Einzelbäumen, Anpflanzung von Gehölzen, freiwachsenden Hecken und Waldmänteln, Anlage standortgerechter Wälder, Schaffung von Streuobstwiesen oder Anlage von naturnahen Wiesen und Krautsäumen)
Darstellung von Nutzungsbeschränkungen zum Schutz und zur Entwicklung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes Abschätzung und Bewertung der durch den Plan vorbereiteten Eingriffe in Natur und Landschaft (hier bspw. Beeinträchtigung von Biotopen und Arten) sowie überschlägige Ermittlung und Darstellung von Ausgleichserfordernissen (ggf. im interkommunalen / regionalen Verbund)	Schaffung und Renaturierung von Wasserflächen (bspw. Herstellung von Stillgewässern oder Renaturierung von Still- und Fließgewässern) Begrünung von baulichen Anlagen (bspw. Fassaden- oder Dachbegrünung)
Darstellung von Flächen für Maßnahmen zum Ausgleich und im Einzelfall deren Zuordnung nach §5 Abs. 2a BauGB) zu bestimmten Bauflächen oder Baugebieten	Maßnahmen zur Extensivierung (bspw. Umwandlung von Acker bzw. intensivem Grünland in Acker- und Grünlandbrache, von Acker in Ruderalflur oder extensiv genutztes Grünland, von intensivem Grünland in extensiv genutztes Grünland)
Darstellung bestehender und zu entwickelnder Grünflächen, Wasserflächen innerhalb und außerhalb des Siedlungsbereichs sowie der Flächen für Landwirtschaft und Wald	Festsetzungen, mit denen die bauliche Nutzung eines Grundstücks oder davon ausgehende Beeinträchtigungen beschränkt oder ausgeschlossen werden können (§9 (1) Nr. 2 BauGB)

Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Flächennutzungsplanung	Ergänzende Hinweise zur / Regelungsoptionen der Bebauungsplanung
Darstellung von Grünflächen in Verbindung mit einem speziellen Ziel (Biotopverbundsystem, Schutz von Talauen, Klimaschutz usw.)	Festsetzung von „Flächen zum Ausgleich“ und „Maßnahmen zum Ausgleich“ (§9 (1a) BauGB)
Konkretisierung übergeordneter Ziele von Naturschutz und Landschaftspflege aus den Landschaftsprogrammen und Landschaftsrahmenplänen	Öffentliche und private Grünflächen (§9 (1) Nr. 15 BauGB)
je nach landesrechtlicher Regelung: Darstellung von Festsetzungen aus den Landschaftsplänen	Wasserflächen sowie die Flächen für die Regelung des Wasserabflusses (§9 (1) Nr. 16 BauGB)
nachrichtliche Übernahme/Vermerk (Schutzgebiete, Entwicklungsziele)	Flächen für die Landwirtschaft oder Wald (soweit die Maßnahmen mit der land- oder forstwirtschaftlichen Nutzung in Einklang zu bringen sind) (§9 (1) Nr. 18 BauGB) Flächen und Maßnahmen zum Schutz, zur Pflege und zur Entwicklung von Boden, Natur und Landschaft (§9 (1) Nr. 20 BauGB) das Anpflanzen von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen (§9 (1) Nr. 25 lit. a) BauGB) Bindungen für Bepflanzungen und für die Erhaltung von Bäumen, Sträuchern und sonstigen Bepflanzungen sowie von Gewässern (§9 (1) Nr. 25 lit. b) BauGB) Ausführungsstandards entsprechender Maßnahmen können in einer Satzung nach §135 c Nr. 1 BauGB) festgelegt werden. Diese werden in Verbindung mit der Festsetzung der Maßnahme zum Ausgleich verbindlich
Begründung der Darstellungen (§5 (5) BauGB)	Begründung der Festsetzungen (§9 (8) Nr. 1 BauGB)

Strategiebereich 6: Umweltprüfung

Die Auseinandersetzung mit den spezifischen Umweltbelangen gem. §§1 Abs. 6 Nr. 7 und 1a BauGB in einer Umweltprüfung sind in einem Umweltbericht gem. §2a BauGB niederzulegen; der Umweltbericht wiederum richtet sich nach den Anforderungen der Anlage 1 zum BauGB. Die Umweltprüfung ist daher essentiell: Bei der Anwendung des Instruments sind die unterschiedlichen Anforderungen, Ziele und Belange einer ressourcenschonenden klimagerechten Siedlungsentwicklung in konkreten Planungen und Entscheiden zu identifizieren und umfassend integrierend abzuwägen. Dabei kann das Instrument sowohl in formalen Verfahren der Bauleitplanung als auch für informelle städtebauliche Konzepte und Strategien in der Form einer freiwilligen UVP angewendet werden. Vorteilhaft ist hier, dass die Expertise, das Fachwissen und die örtlichen Kenntnisse in unterschiedlichen Ämtern und Behörden sowie bei Verbänden und Akteuren systematisch erfasst und nutzbar gemacht werden kann. Eine wichtige Voraussetzung hierfür ist die vertrauensvolle und konstruktive Zusammenarbeit der genannten Beteiligten (Stichwort: Planungskultur, siehe Kapitel 6.1.1.1).