



Umspannwerke - stadttechnische Infrastruktur mit erheblichem Flächenbedarf.
Foto: Adobe Stock/ABCDstock.

Integrierte Infrastrukturplanung

Räumliche Perspektiven auf stadttechnische Infrastrukturen

Integrated Infrastructure Planning

Spatial Perspectives on Urban Technical Infrastructures

Robert Riechel, Elke Plate, Jan Hendrik Trapp

Keywords: Stadttechnische Infrastrukturen; Stadt(entwicklungs)planung; Transformation
Technical infrastructures; urban (development) planning; transformation

Abstract

Stadttechnische Infrastrukturen sichern die flächendeckende Ver- und Entsorgung – sie sind die Grundlage für die Funktionsfähigkeit von Städten und eine nachhaltige Stadtentwicklung. Je nach Ausgestaltung können sie einen wichtigen Beitrag leisten, die Klima- und Ressourcenziele zu erreichen und damit die urbane Lebensqualität erhalten. Angesichts des fortschreitenden Klimawandels besteht für stadttechnischen Infrastrukturen ein erheblicher Transformationsbedarf mit Blick auf ihre Klimaneutralität bis 2045 und ihre Klimaresilienz. Im Mittelpunkt des Artikels steht die Frage, ob es für die räumliche Planung Steuerungs- beziehungsweise Koordinierungsbedarf hinsichtlich der integrierten Entwicklung und Transformation technischer Infrastrukturen gibt. Zur Präzisierung des spezifischen Zugangs wird der Begriff der räumlich-integrierten stadttechnischen Infrastrukturplanung (RISTIP) genutzt. Gegenüber anderen Verständnissen einer integrierten Infrastrukturplanung betont der Begriff die räumliche Perspektive und den stadttechnischen Fokus.

Urban infrastructure ensures comprehensive supply and disposal services and is therefore a crucial foundation for the functioning of cities and the realisation of sustainable urban development. It makes an important contribution to achieving climate and resource targets and thus to maintaining the quality of urban life. In view of climate change and the goal of climate neutrality by 2045, there is a considerable need for transformation in urban technical infrastructures. The article focuses on the question of whether there is a need for spatial planning control or coordination with regard to the integrated development of technical infrastructures in cities. The term spatially integrated urban technical infrastructure plan (RISTIP) is used to clarify the specific approach. Compared to other understandings of integrated infrastructure planning, the term emphasises the spatial perspective and the urban technical focus.

Robert Riechel, Deutsches Institut für Urbanistik

Robert Riechel, German Institute of Urban Affairs

Elke Plate, Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen Berlin

Elke Plate, Senate Department for Urban Development, Building and Housing Berlin

Jan Hendrik Trapp, Deutsches Institut für Urbanistik

Jan Hendrik Trapp, German Institute of Urban Affairs

Essentielle Stadtfunktionen planen

Stadttechnische Infrastrukturen sichern die flächendeckende Versorgung von Städten und anderen Siedlungsräumen mit Wasser und Energie sowie die Entsorgung oder Verwertung von Abwasser, Abwärme und Abfällen (Schmidt und Monstadt 2018). Sie sind die Grundlage für die Funktionsfähigkeit von Städten. Zugleich stehen sie aufgrund vielfältiger Entwicklungen unter Veränderungsdruck. Zudem stellt u.a. ihre Transformation im Sinne der Nachhaltigkeit einen wichtigen Hebel dar, um die Klima- und Ressourcenziele zu erreichen und damit die urbane Lebensqualität zu erhalten (WBGU 2016).

Die Planung stadttechnischer Infrastrukturen ist durch ein breites Spektrum an Akteuren und vielfältige Planungsprozesse gekennzeichnet. Dabei erfolgt sie vorwiegend sektoral durch öffentliche oder auch private Infrastrukturbetreiber, die jeweils spezifische Transformations- und Anpassungsstrategien verfolgen und - abhängig vom Sektor - in unterschiedlichen Regimen und Wettbewerbsmodellen agieren. Neben Rahmen gebenden Regularien (zum Beispiel Wasserhaushaltsgesetz) stehen öffentliche lokale Fachplanungen (zum Beispiel kommunale Wärmeplanung) oder andere, in der Regel informelle kommunale Entwicklungsstrategien (Libbe et al. 2010; Libbe 2014).

Immer deutlicher wird zudem die Raumrelevanz stadttechnischer Infrastrukturen. Im Zuge der Transformation stadttechnischer Infrastrukturen entsteht zusätzlicher oder veränderter Flächenbedarf. Dieser zeigt sich etwa in Form einer veränderten Niederschlagswasserbewirtschaftung mittels blau-grüner Infrastrukturen im Zuge der Klimaanpassung (unter anderem Trapp 2024) oder eines Ausbaus der Stromverteilnetze für eine Elektrifizierung von Mobilität und Wärmeversorgung (Dena 2025). Damit steigen insbesondere in wachsenden Städten mit angespannten Bodenmärkten Flächenkonkurrenzen. Aus städtebaulichen Vorhaben wie neuen Stadtquartieren, der Ansiedlung von Großprojekten (zum Beispiel Rechenzentren) oder größeren Nachverdichtungsmaßnahmen entsteht ein vielfältiger und neuer Infrastrukturbedarf. Zugleich ergibt sich mit der Energiewende die Notwendigkeit, Abwärmepotenziale und erneuerbare Energien möglichst systematisch und effizient zu nutzen, was eine sektorenübergreifende Perspektive erfordert. Hinzu kommen Sicherheits- und Resilienzanforderungen aufgrund veränderter geopolitischer Bedingungen. Wie vor diesem Hintergrund dem bestehenden sektorenübergreifenden Koordinierungsbedarf raumrelevanter Infrastrukturentwicklungen begegnet werden kann, ist in der Praxis bisher offen und damit klärungsbedürftig (Stein et al. 2023).

Auf Basis einer Sondierungsstudie, die das Deutsche Institut für Urbanistik (Difu) im Auftrag der Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen des Landes Berlin erarbeitet hat, wird in diesem Artikel eine Konzeption für eine *räumlich integrierte stadttechnische Infrastrukturplanung* (RISTIP) präsentiert. Im Sinne eines fachlichen Diskussionsimpulses werden vor allem verallgemeinerbare Ergebnisse präsentiert, die sich auf andere städtische Kontexte übertragen lassen. Wenn geeignet, dienen Berliner Beispiele der Illustration. Ziel ist es, die räumlichen Implikationen der Entwicklung und Transformation stadttechnischer Infrastrukturen offenzulegen und den daraus entstehenden Steuerungs- und Koordinierungsbedarf für die Stadt(entwicklungs-)planung herauszuarbeiten. Daraufhin werden Konturen eines möglichen Instruments beziehungsweise

Planungsprozesses herausgearbeitet. Handlungsansätze adressieren insbesondere Bereiche, in denen vor dem Hintergrund bestehender fach- und stadtplanerischer Instrumente Regelungslücken beziehungsweise Optimierungsbedarf erkennbar werden.

Veränderungen stadttechnischer Infrastruktur

Stadttechnische Infrastrukturen sichern die kommunale Daseinsvorsorge. Maßgebliche Herausforderungen sind der Schutz insbesondere kritischer Infrastrukturen, der Infrastrukturaus- oder -rückbau im Kontext von wachsender oder schrumpfender Siedlungsentwicklung sowie die Versorgungssicherheit zum Beispiel durch eine reduzierte Abhängigkeit von internationalen Energierohstoffen. Neue Anforderungen an Infrastrukturen führen vielfach zu einem neuen Bedarf an Flächen. Der Ausbau von Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) und die zunehmende Digitalisierung der Infrastrukturen ermöglicht zudem neue Formen der Sektorkopplung und Interaktion zwischen vormals getrennten Infrastruktursystemen. Beispielsweise führt der Megatrend der Digitalisierung zu erheblichem neuem Strombedarf für Anwendungen künstlicher Intelligenz und für neue technische Infrastrukturen, wie Rechenzentren, was wiederum einen zusätzlichen Infrastrukturbedarf (zum Beispiel Ausbau der Stromnetze) nach sich ziehen kann. Größere Rechenzentren sind nicht nur flächenrelevant, sie haben auch einen hohen Strombedarf von circa 100 bis 250 Megawatt (MW) und können daher nur dort angesiedelt werden, wo das Stromnetz diese Mengen bereitstellen kann. Gleichzeitig sind sie auch flächenrelevant. Gleichzeitig entstehen derzeit in Rechenzentren regelmäßig erhebliche Mengen an Abwärme, die – nach gegenwärtigem Kenntnisstand – ein wesentliches Potenzial für eine klimaneutrale Wärmeversorgung darstellen. In Berlin wird dies beispielsweise mit einer Kooperation zwischen einem Telekommunikations- und einem Energieversorgungsunternehmen sowie einer städtischen Wohnungsbaugesellschaft für ein denkmalgeschütztes Gebäude mit 500 Wohneinheiten genutzt (Deutsche Telekom Aktiengesellschaft 2025). Ein anderes Beispiel der Sektorkopplung ist die in Hauptsammlern der Kanalisation entstehende Abwärme aus Abwasser als Potenzial für eine regenerative Wärmeversorgung. Hierfür gibt es in Berlin unter anderem im neuen Stadtquartier Buckower Felder einen realisierten Anwendungsfall.

Je nach räumlichen Gegebenheiten ist es Herausforderung, Hemmnis oder Chance, dass der kosteneffiziente Einsatz stadttechnischer Infrastruktur ein möglichst optimales Verhältnis von Quellen und Senken sucht. Die Abwärmenutzung aus Rechenzentren und Abwasser erfordert neben den komplexen Planungs- und Kooperationsverfahren in der Regel eine entsprechende räumliche Nähe zu Abnehmern der Wärme.

Die Ausführungen zeigen, dass die Umgestaltung und Anpassung stadttechnischer Infrastrukturen neben dem Klimawandel durch vielfältige weitere Treiber bestimmt wird. In Summe besteht ein erheblicher Transformationsbedarf für stadttechnische Infrastrukturen.

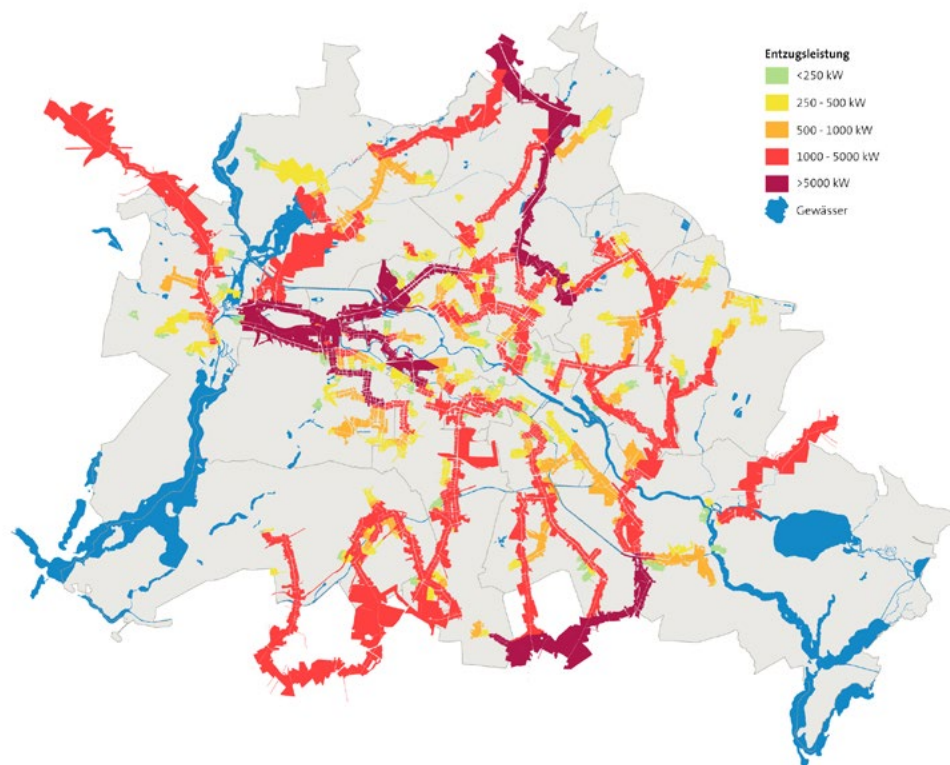


Abbildung 1: Abwasserabwärmekarte der Berliner Wasserbetriebe als Beispiel für Sektorkopplung auf der planerischen Ebene. Quelle: Berliner Wasserbetriebe 2022.

Neue Erfordernisse an Flächen und Standorte

Die Raumrelevanz stadttechnischer Infrastrukturen ist unbestritten. Sie sind nicht nur selbst flächenrelevant, indem sie Flächen für Anlagen und Standorte zur Erzeugung beziehungsweise Gewinnung oder Behandlung, Verwertung beziehungsweise Verbringung sowie Leitungsnetze in Anspruch nehmen. Sie erschließen auch den Zugang zu natürlichen Ressourcen und Flächen (Schmidt und Monstadt 2018).

Für räumliche Planende werden die engen Wechselbeziehungen zwischen technischen Infrastrukturen und Stadtentwicklung immer virulenter (Libbe 2014). Denn die Transformation stadttechnischer Infrastrukturen erzeugt zusätzliche beziehungsweise veränderte Erfordernisse an Flächen und Standorte. Zum Beispiel entsteht neuer Flächenbedarf durch Neubau oder Erweiterung technischer Anlagen. Gleichzeitig werden wechselseitige Bezüge zwischen verschiedenen Infrastruktursektoren deutlich. Damit mögliche Synergieeffekte tatsächlich gehoben werden können (zum Beispiel Abwasserwärme), müssen Investitions-, das heißt Netz- und Standortentwicklungsstrategien und -maßnahmen an infrastrukturellen Teilsystemen und abnahmeseitig an Gebäuden und Quartieren räumlich und zeitlich synchronisiert erfolgen. Auch kann sich durch bauliche Großvorhaben oder Standortentscheidungen von Unternehmen der Bedarf an Infrastrukturleistungen sowie dafür notwendige Kapazitäten stadttechnischer Infrastrukturen verändern.

Raumrelevante Veränderungen im urbanen Energiesystem

Vor dem Hintergrund der Umstellung auf erneuerbare Energien und der Dekarbonisierung des Energiesektors befindet sich der Energiebereich mit den Teilsektoren Strom, Wärme und Gas) in einer tiefgreifenden Transformation. Wesentlich für den Strombereich ist der allgemeine Trend der Digitalisierung und der insbesondere mit künstlicher Intelligenz (KI) verbundene Ausbau von Rechenzentren sowie die Elektrifizierung bei der Wärmeversorgung (ein erheblicher Teil der Wärmeversorgung wird zukünftig mittels Wärmepumpen durch erneuerbaren Strom gedeckt) und im Mobilitätsbereich (Umstellung der Flotten auf Elektroantrieb, steigende Zahl von Ladestationen). All dies führt zu einer stärkeren Kopplung der genannten Infrastrukturektoren. Hinzu kommt der zusätzliche Strombedarf, der durch Neuansiedlungen, Neubauvorhaben oder Nachverdichtungen im Stadtgebiet entsteht. Auch die volatile Einspeisung von dezentral erzeugter erneuerbarer Energie (dezentrale Photovoltaik-Anlagen auf Dächern oder Balkonen) stellt neue Anforderungen an das Stromnetz – sowohl auf regionaler als auch auf örtlicher Ebene im Verteilnetz. In vielen Fällen betreiben die Stromnetzbetreiber gewissermaßen eine *Stromnetzverstärkungsplanung*.

In Berlin muss beispielsweise die Netzkapazität des Stromverteilnetzes in den kommenden zehn Jahren von 2,2 Gigawatt (GW) auf 4,1 GW nahezu verdoppelt werden (Stromnetz Berlin 2024). Das zieht Investitionen des öffentlichen Unternehmens Stromnetz Berlin in nie gekannten Höhen nach sich. Die steigenden Anforderungen an die Stromverteilnetze in Berlin und andernorts führen dazu, dass neben der Weiterentwicklung von Bestandsflächen auch Erweiterungsflächen benötigt werden. Beispielsweise benötigt Stromnetz Berlin für neue Umspannwerke etwa 30 Grundstücke à 2.500 m² und für die Errichtung von zusätzlichen fünf bis sechs Netzknoten jeweils Grundstücke von circa 8.000 m². Durch Flexibilisierungsmaßnahmen bei der Netzsteuerung könnte zusätzlicher Flächenbedarf für infrastrukturelle Anlagen teilweise abgemildert werden (zum Beispiel weniger neue Umspannwerke oder Netzknoten). Dazu gehören technische Anlagen und Verfahrensweisen wie flexible Wärmepumpen, dezentrale Stromspeicher, bi-direktionales Laden und intelligente Laststeuerung, die in der Zuständigkeit der Infrastrukturbetreiber liegen. Hinzu kommt der Flächenbedarf der Übertragungsnetzbetreiber, wenn diese über Umspannwerke mit einem Flächenbedarf bis zu 11 Hektar (ha) den Strom vom Übertragungsnetz (380/220 Kilovolt (kV)) auf die regionale und lokale Verteilnetzebene (30 – 0,4 kV) abregeln müssen.

Im Wärmebereich ist vorrangig die kommunale Wärmeplanung zu nennen. Mit dem Instrument der kommunalen Wärmepläne, die bis spätestens 2028 für alle Kommunen in Deutschland zu erstellen sind, hat der Bundesgesetzgeber ein bislang fehlendes koordinierendes Element eingezogen („Gesetz für die Wärmeplanung und zur Dekarbonisierung der Wärmenetze“, kurz: Wärmeplanungsgesetz – WPG). Als strategisches fachplanerisches Instrument ohne Umsetzungsverpflichtung bietet der Wärmeplan auf gesamtstädtischer Ebene Orientierung über den Weg zur treibhausgasneutralen Wärmeversorgung des Gebäudesektors bis 2045 und nimmt mit der kartografischen Darstellung des gesamten Gemeindegebiets dezidiert eine räumliche Perspektive ein.

Mit dem Ausbau von Wärmenetzen können Abwärmequellen und Abwärmesenken miteinander verbunden werden (zum Beispiel bei gewerblichen Ansiedlungen). Damit einher geht ein (unterirdischer) Flächenbedarf, meist in öffentlichen Straßenräumen, die schon heute durch verschiedene Leitungen dicht belegt sind. Wärmeerzeugungs- und Speichertechnologien wie Erdwärmekollektoren für oberflächennahe Geothermie oder Erdbeckenwärmespeicher haben zusätzlichen spezifischen Flächenbedarf. Auch bei der quartiersbezogenen Versorgung werden regelmäßig Flächen für Energieerzeugungsanlagen benötigt. Infolge des Ausbaus des deutlichen Ausbaus netzgebundener Wärmeversorgung und des Ausstiegs aus fossilen Energieträgern wie Erdgas, wird das Gasnetz in Zukunft wahrscheinlich ausgedünnt und deutlich grobmaschiger ausfallen (Agora Energiewende 2023).

Raumrelevante Veränderungen in der urbanen Wasserbewirtschaftung

Über viele Jahrzehnte hinweg war es vorrangiges Ziel der Planung und der Wasserbewirtschaftung im urbanen Raum, Wasser zu bändigen und möglichst schnell und schadlos abzuleiten (Tietz 2007) – in aller Regel unterirdisch in Kanälen. Zugleich war und ist es Aufgabe der Siedlungswasserwirtschaft, die Privathaushalte, Gewerbe und Industrie mit ausreichend Trinkwasser kontinuierlich, in entsprechender Qualität und zu erschwinglichen Preisen zu versorgen und die anfallenden Abwässer zu behandeln. Der Klimawandel und die mit diesem einhergehenden hydroklimatischen Folgen (in Häufigkeit und Intensität zunehmende Starkregenereignisse, Hitze und Dürreperioden) rücken Wasser nun verstärkt in den Fokus. Ein Ziel ist dabei die (Wieder-) Annäherung des urbanen an den naturnahen Wasserhaushalt (LAWA 2021; Pallasch 2021).

Unter dem Schlagwort einer klimaangepassten, wassersensiblen Stadtentwicklung werden seit Jahrzehnten und in den letzten Jahren verstärkt Ansätze dezentraler beziehungsweise neuartiger Wasserinfrastrukturen (Bieker und Frommer 2010; Hiesl und Hillenbrand 2010; Kluge und Libbe 2010; Winker et al. 2017) und blau-grün-grau gekoppelte Infrastrukturen (Trapp und Winker 2020) diskutiert. Anders als bisher gilt es, blaue (zum Beispiel urbane Gewässer), grüne (zum Beispiel Grünflächen, Straßenbäume, Gründächer) und graue (technische) Infrastrukturen in ihrem Zusammenhang zu verstehen und integral zu planen, zu implementieren und zu betreiben.

Die klimaangepasste Niederschlagswasserbewirtschaftung als Verknüpfung von kanalgebundener Ableitung und blau-grünen Infrastrukturen nur im Zusammenspiel von städtebaulicher Gestaltung (zum Beispiel Flachdächer als Grün- und Retentionsdächer), Freiflächen (zum Beispiel multifunktionale Regenrückhalteräume) und stadttechnischer Infrastruktur möglich. Typische Maßnahmen, die in der Stadtplanung und -entwicklung diskutiert werden, sind die grüne Infrastrukturen zum Regenwasserrückhalt, -verdunstung und -versickerung, die Renaturierung von Gewässern in der Stadt sowie die Förderung von Wassereffizienz beispielsweise durch Water-Reuse etwa in Form der Nutzung von Regenwasser oder aufbereitetem Grauwasser für die Toilettenspülung (DWA 2021; Trapp und Winker 2020). All diesen Maßnahmen ist gemein, dass sie sowohl in verändertem Maße Flächenrelevanz entfalten, wenn etwa Regenwasser in Grünflächen eingestaut und über Stadtbäume verdunstet werden soll, als auch sich die Vielfalt, Konfigurationen und Granularität der

Infrastrukturelemente verändern. Dies resultiert aus Verschiebungen zwischen zentralen, semizentralen und dezentralen Lösungen. Stark vereinfacht formuliert: weg vom großtechnischen, zentralen System hin zu einem um kleinteilige und kleinräumliche Bausteine ergänzten System, das Wasserressourcen auf Gebäudeebene und/ oder im Quartier bewirtschaftet und (wieder)nutzt.

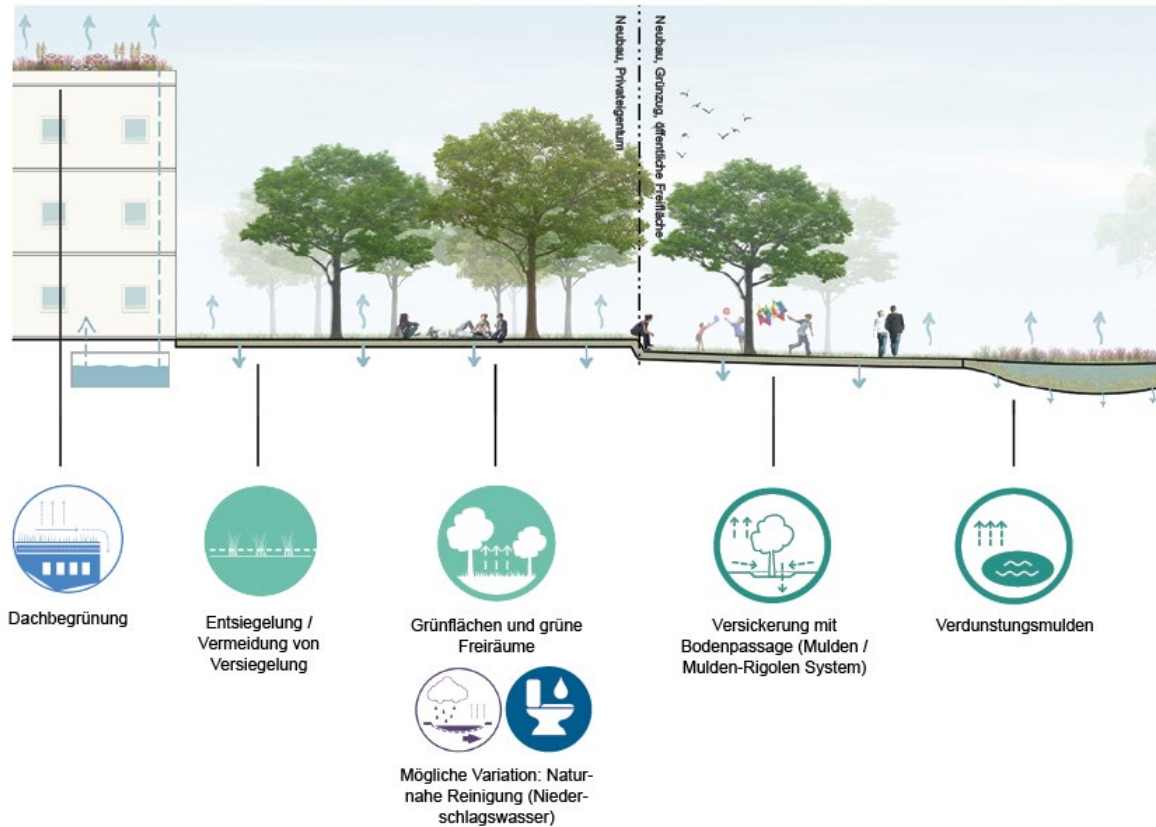


Abbildung 2: Beispiele blau-grüner Infrastrukturen. Quelle: Anterola et al. 2020: 105.

Neue Anforderungen an die Planung

Die Planung stadttechnischer Infrastrukturen erfolgt nach wie vor zu großen Teilen sektorbezogen. Dort, wo inhaltliche Schnittstellen, das heißt potenzielle Synergien oder Zielkonflikte zwischen stadttechnischen Infrastrukturektoren erkannt und bearbeitet werden, erfolgt die Koordinierung in der Regel durch formelle und informelle Instrumente der jeweiligen Fachplanungen (zum Beispiel Abwasserbeseitigungskonzepte, Wärmeplanung). Mit dem Rechenzentrenkonzept der Stadt Frankfurt/Main existiert auch ein Beispiel mit Pilotcharakter, in dem die räumliche Planung sich mit der Steuerung aktueller Infrastrukturentwicklungen befasst (Stadtplanungsamt Frankfurt am Main 2024).

DerverändertebeziehungsweisezusätzlicheFlächenbedarftrittsowholober-alsauchunterirdischauf.ZudemwäreinderPlanungstadttechnischerInfrastrukturendieräumlicheDimension unterbelichtet, wenn Flächen- und Standortfragen (zu) spät in den Betrachtungsfokus

rücken würden. Gleichzeitig können städtebauliche Großvorhaben auch für die Umsetzung innovativer Konzepte stadttechnischer Infrastrukturen genutzt werden. An allen diesen Stellen besteht dringender Abstimmungsbedarf zwischen räumlicher Planung und Fachplanung. Auch wenn der jeweilige Bedarf teilweise relativ kleinteilig und heterogen ist, ist er gleichwohl in der Summe nicht zu vernachlässigen und im Einzelnen im Quartierskontext umsetzungsrelevant. Begrenzte Flächenverfügbarkeiten können ein wesentliches Hemmnis in der Transformation stadttechnischer Infrastrukturen insbesondere im Siedlungsbestand, aber auch mit Blick auf neue Standorte und Quartiere in der wachsenden Stadt darstellen.

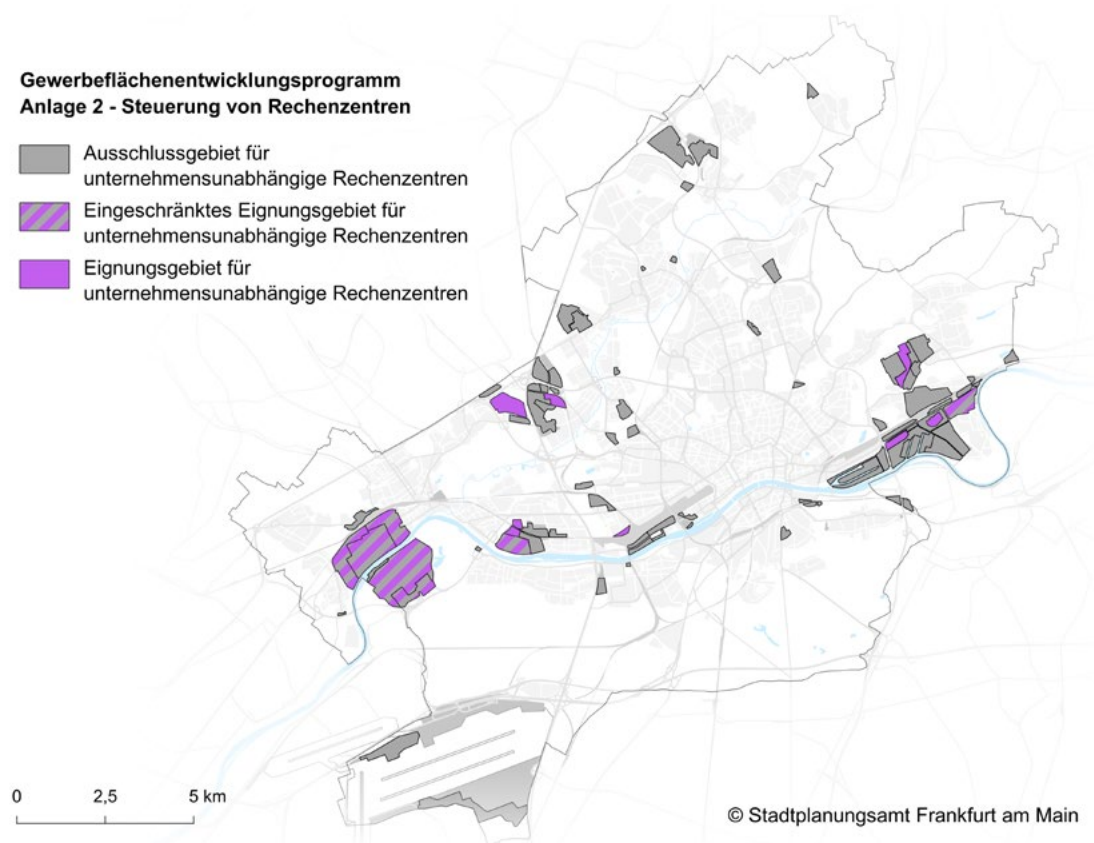


Abbildung 3: Räumliche Steuerung von Rechenzentren in Frankfurt am Main.
Quelle: Stadtplanungsamt Frankfurt am Main

Angesichts der vielfältigen Ver- und Entsorgungssysteme mit ihren Transformationsanforderungen ist in der Summe von einem bedeutsamen Flächen- und räumlichen Koordinationsbedarf auszugehen. Hinzukommen aufgrund der sektor- und politikfeldbezogenen Verantwortungsbereiche erhebliche Abstimmungserfordernisse beziehungsweise gegebenenfalls auch konfligierende Rechtsnormen. Aufgrund des Mangels an öffentlichen Flächen sowie der vielfach bereits hohen Auslastung des öffentlichen Straßenraums mit stadttechnischen Infrastrukturen bestehen teilweise erhebliche Flächenkonkurrenzen, sowohl ober- wie auch unterirdisch. Bei engen Straßenquerschnitten können Konkurrenzen zwischen verschiedenen Infrastrukturleitungen bestehen, was Erweiterungsmaßnahmen erschwert und fallweise eine grundlegende Neuordnung/ Reorganisation der unterirdischen Leitungsführung erfordern kann.

Ein positives Beispiel der politikfeldübergreifenden Kooperation war in diesem Kontext das gemeinsame Rundschreiben der für Stadtentwicklung und Umwelt zuständigen Senatsverwaltungen zum Umgang mit Niederschlagswasser in Bebauungsplänen (Nr. 4 / 2018 vom 15. Nov. 2018). Es umfasste Hinweise für die verbindliche Bauleitplanung, um Quartiere abflussfrei zu gestalten und damit das zentrale Abwassernetz zu entlasten. Zwischenzeitlich wurde der Inhalt in Kapitel 09.05. des Handbuchs der verbindlichen Bauleitplanung integriert. Grundsätzlich werden damit in der Freiraumgestaltung neuer Quartiere Konzepte erforderlich, die Flächen für die Retention und Versickerung von Niederschlagswasser einplanen beziehungsweise vorsehen. Multicodierte Flächen müssen in neuen Quartieren daher Standard sein.

Komplex ist die Situation in Berlin auch für unterschiedliche öffentliche Nutzungen und Räume, von Schulhöfen und Sportplätzen sowie Straßen über Plätze bis hin zu Park- und Grünanlagen, wenn diese mehrfach genutzt werden sollen. Viele dieser Flächen bieten das Potenzial, sie neben der oberirdischen Zwecke unterirdisch beispielsweise als Wärme- oder Niederschlagswasserspeicher zu nutzen. Hierzu sind gegenwärtig umfangreiche Klärungen nötig, deren Komplexität durch unzureichend durchlässige Rechtsnormen sehr hoch ist. Dabei ist auch nicht davon auszugehen, dass dies zu unmittelbaren finanziellen Einsparungen im Betrieb führt. Angesichts der Unvermehrbarkeit von Flächen ist Mehrfachnutzung jedoch das planerisch-konzeptionelle wie betriebliche Gebot.

Zusammenfassend lassen sich bisher folgende Kernbefunde ableiten. Es bestehen

- veränderter Abstimmungs- und Koordinationsbedarf nicht nur zwischen unterschiedlichen Infrastrukturbetreibern, sondern auch zwischen fachlicher und räumlicher Planung;
- veränderter und zusätzlicher Flächenbedarf aus den transformierten beziehungsweise in Transformation befindlichen neuen Infrastrukturkonstellationen;
- sich verstärkende Flächenkonkurrenzen, insbesondere in Städten mit hohem Druck auf den Wohnungsmarkt und hohen Bodenpreisen;
- Chancen, infrastrukturelle Synergien (z. B. Nutzung vorhandener Abwärme, Nähe zu Wärmenetzen) zu heben, wenn bei der Planung neuer Stadtquartiere und von Großvorhaben Kopplungspotenziale zwischen den Sektoren berücksichtigt werden.

Bislang gibt es kaum systematische Berührungspunkte zwischen einer gesamtstädtischen, strategisch ausgerichteten räumlichen Planung und stadttechnischen Infrastrukturen. Aus den zuvor skizzierten Veränderungen in den einzelnen Infrastruktursektoren kann ein deutlicher Handlungsbedarf für die räumliche Planung mit Blick auf die Resource Fläche abgeleitet werden. Der Befund, dass andersherum auch Infrastrukturunternehmen und öffentliche Fachplanungen teilweise erst in fortgeschrittenen Stadien ihrer Planungsprozesse ihren Flächenbedarf bestimmen und kommunizieren, verstärkt die Notwendigkeit integrierter Prozesse an der Schnittstelle von räumlicher Planung und Infrastrukturplanung.

Das Konzept einer RISTIP

Zum besseren Verständnis wird hier zunächst der Begriff der integrierten Infrastrukturplanung eingeordnet. Stadttechnische Infrastrukturen werden als sozio-technische Systeme (Mayntz 1988) mit eng miteinander verwobenen, sich wechselseitig beeinflussenden technischen, wirtschaftlichen, organisatorischen und institutionellen Teilsystemen verstanden (Stein et al. 2023). Eine integrierte Infrastrukturplanung wird damit über eine rein technische Komponente hinausgehen müssen. Denn die technische Dimension des Systems wirkt zurück auf seine Wirtschaftlichkeit, die betriebliche Organisation und Personal sowie auf die gesellschaftliche Funktion und Nutzen. Es geht mit der integrierten Infrastrukturplanung immer auch um das Zusammenwirken von Akteuren und Institutionen. Die Forderung nach einer integrierten Infrastrukturplanung ist nicht neu, und es lassen sich in der Literatur mindestens drei unterschiedliche Begriffsverständnisse unterscheiden. Prominent diskutiert wird (1) der Begriff im Energiebereich mit den Teilsektoren Strom, Wärme und Gas. Hier liegt der Fokus auf einer *integrierten Netzplanung* (Herpich et al. 2023; Deutsche Energie Agentur 2022), in der wechselseitige Bezüge und Kopplungen zwischen den Teilsektoren bestimmt werden und die auch auf nationaler und regionaler Ebene einen abgestimmten Netzausbau ermöglichen soll. Teilweise versteht sich auch die kommunale Wärmeplanung als integrierende Planung für Gas-, Strom- und Wärmenetze sowie Abwasserkanäle in Städten.

Mit (2) Blick auf *soziale* und *grüne Infrastruktur* hat die Berliner Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen im Jahr 2021 eine Strategie zur integrierten Infrastrukturplanung (SIIP) (SenStadt 2021a) vorgelegt. Hier geht es primär um die Deckung des Flächenbedarfs für die genannten, mit Richtwerten hinterlegten Infrastrukturen in Quartieren mit Bevölkerungswachstum und im sozio-demografischen Wandel. Leitend für diese Studie ist ein aus der wissenschaftlichen Literatur stammendes Begriffsverständnis an der Schnittstelle von räumlicher Planung und Infrastrukturplanung (Libbe et al. 2010; Schmidt und Monstadt 2018). Dieses betont (3) die *Raumwirksamkeit stadttechnischer Infrastrukturen* und beinhaltet Faktoren wie räumlich bestimmbare Quellen und Senken für infrastrukturell bewältigte Stoff- und Ressourcenströme beziehungsweise erbrachte Leistungen, Flächenbedarfe und Standortanforderungen sowie die Zusammenarbeit und Abstimmung zwischen unterschiedlichen Infrastruktursektoren.

Vor dem Hintergrund der vielfältigen Verwendung des Begriffs integrierte Infrastrukturplanung schlagen wir eine Akzentuierung in zweifacher Hinsicht vor: Mit dem Zusatz *stadttechnische* wird die thematische Fokussierung auf Energieversorgung (Gas, Strom, Wärme), Wasserver- und Abwasserentsorgung sowie weitere technische Infrastrukturen (z. B. Abfall- und Kreislaufwirtschaft, Rechenzentren) unterstrichen. Der Zusatz *räumlich* betont den Fokus auf Flächenbedarf und Standortanforderungen. Im Weiteren wird daher von einer *räumlich integrierten stadttechnischen Infrastrukturplanung* gesprochen.

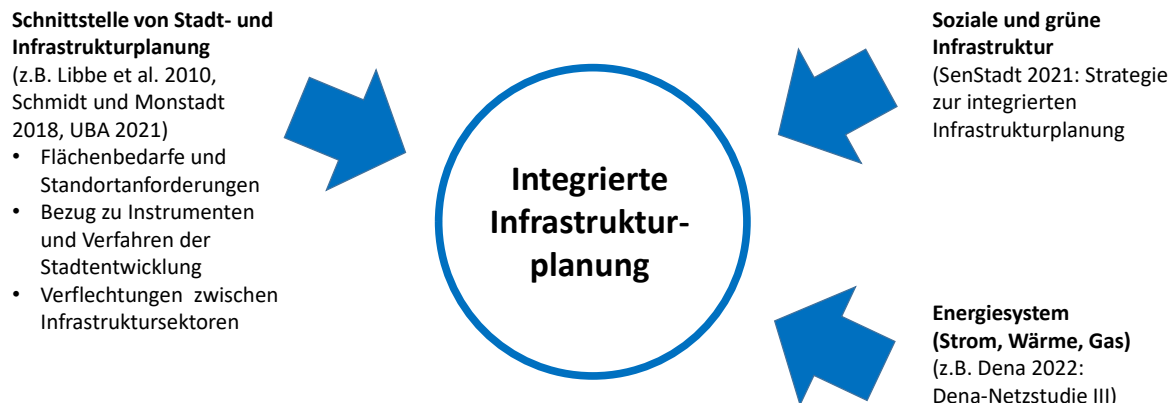


Abbildung 4: Integrierte Infrastrukturplanung – unterschiedliche Begriffsverständnisse.
Quelle: Eigene Darstellung.

Ziele und Grundprinzipien

Eine räumlich integrierte stadttechnische Infrastrukturplanung zielt

- auf eine strategisch angelegte, langfristig ausgerichtete Flächenpolitik, um ein *Windhundrennen* der Infrastrukturbetreiber nach verfügbaren Flächen zu umgehen,
- auf die Schaffung von Datengrundlagen und Transparenz durch die Sammlung, Aufbereitung und Bereitstellung von Daten zur Planung und
- auf eine bessere horizontale wie vertikale Koordination zwischen den unterschiedlichen Akteuren in der Planung, um mögliche Synergien auch im Sinne von Flächeneffizienz durch Mehrfachnutzung oder Multicodierung zu heben.

Sie unterstützt damit die Transformation und räumliche Stadtentwicklung sowohl in der Bestandsqualifizierung als auch im Neubau auf dem Weg zur Flächenkreislaufwirtschaft und Klimaneutralität. Wir verstehen RISTIP darüber hinaus als einen kooperativen, lernenden Prozess zwischen den relevanten Akteuren. Das sind: Infrastrukturunternehmen, seien sie privat oder öffentlich, sowie Verwaltungseinheiten (in Berlin Senatsressorts und Bezirksverwaltungen) aus den Themen Stadt(entwicklungs)planung, Straßen/ Mobilität und Tiefbau, Grünflächen, Umwelt- und Naturschutz sowie Klimaschutz und -anpassung. In der Umsetzung können weitere Akteure wie das (bezirkliche) Gebäude- und Liegenschaftsmanagement relevant werden.

Eine räumlich integrierte stadttechnische Infrastrukturplanung setzt dort an, wo gängige infrastrukturelle Fachplanungen Leerstellen lassen. Dies gilt gleichermaßen für formelle Fachplanungen wie für informelle Fachpläne, beispielsweise die kommunale Wärmeplanung und stadt(entwicklungs)planerische Instrumente wie integrierte Stadtentwicklungskonzepte (ISEK) oder in Berlin beispielsweise der Stadtentwicklungsplan Klima 2.0 (SenStadt 2021b), der räumliche Aspekte der Klimaanpassung im Land Berlin ausführlich behandelt.

Zentraler Mehrwert der RISTIP ist der Fokus auf die Dimension Fläche. Die für die infrastrukturelle Transformation erforderlichen Flächen sind nicht nur zügig zu aktivieren, sondern es gilt insgesamt, eine möglichst effiziente und vorausplanende Flächennutzung zu verfolgen. Dazu sind Flächen und Flächenbedarf möglichst frühzeitig und systematisch zu analysieren, um geeignete Flächen beziehungsweise absehbare Nutzungskonflikte zu identifizieren, Nutzungen abzuwägen und zu priorisieren und die Flächen dann entsprechend vorzuhalten beziehungsweise zu aktivieren.

Mit ihrem Prozesscharakter führt die RISTIP bisher mehr oder weniger isolierte Planungsprozesse zusammen. Vor dem Hintergrund der Entwicklungs- und Planungszeiträume stadtechnischer Infrastrukturen ist ein Zeithorizont von zehn bis 15 Jahren plausibel.

Die RISTIP erfolgt auf gesamtstädtischer Ebene und ist damit in ihrem Maßstab entsprechend grob. Sie ist durch weitere Planungen, Diskurs- und Vertiefungsprozesse räumlich und sachlich zu konkretisieren und dadurch umzusetzen.

Handlungsansätze

Als Annäherung an eine räumlich integrierte stadtechnische Infrastrukturplanung werden im Folgenden verschiedene Handlungsansätze skizziert. Sie beziehen sich auf notwendige Datengrundlagen, Flächenvorsorge und -bevorratung, die mehrfache Nutzung von Flächen sowie die Konkretisierung der strategischen Planung auf teilräumlicher Ebene.

Datengrundlagen

Keine Planung ohne Datengrundlagen – eine räumlich integrierte stadtechnische Infrastrukturplanung benötigt valide Daten, um ihr Ziel einer strategischen Flächenvorsorge verfolgen zu können. Dazu zählen unter anderem

- der Flächenbedarf - von der Errichtung über den Betrieb bis gegebenenfalls zum Rückbau,
- seine zeitliche Dimension - gegebenenfalls kurz-, insbesondere jedoch mittel-, langfristig,
- Angaben zur Lage und weiteren Standortqualitäten beziehungsweise -anforderungen, darunter unter anderem den Optionen von Mehrfachnutzung beziehungsweise Multicodierung,
- ein Konzept zur Erhebung, Plausibilisierung und Pflege der Daten sowie der Zugriffsrechte - dies auch vor dem Hintergrund der Sensibilität kritischer Infrastruktur.

In den im Land Berlin vorliegenden Datengrundlagen wie dem Energieatlas oder dem Wärmekataster sind flächenbezogene Angaben nicht enthalten beziehungsweise nicht für stad(entwicklungs)planerische Zwecke zugänglich. Gleichzeitig liegen mit

geografischen Informationssystemen zu den flächenbezogenen Nutzungen Wohnen und Wirtschaft in der strategischen räumlichen Planung Grundlagen vor, die Anknüpfungspunkte bieten können. So werden beispielsweise Sonderbauflächen für Ver- und Entsorgung regelmäßig erfasst und auch im Flächennutzungsplan abgebildet. Daten zu Flächen, die für stadttechnische Infrastruktursysteme von Belang sind, verfügbar zu machen, ist daher grundlegende Voraussetzung für eine strategische und integrierte Konzeption und Koordination.

Daten zu technischen Anlagen und Netzen liegen in der Regel bei den jeweiligen Infrastrukturbetreibern. Eine systematische Zusammenführung (bzw. räumliche Überlagerung) der flächen- und anlagenbezogenen Daten der verschiedenen Akteure erfolgt bislang nicht. Zwar ist eine Veröffentlichung von Daten teilweise gesetzlich vorgegeben. Und die öffentliche Verwaltung stellt Daten für die Öffentlichkeit bereit, beispielsweise über das Geoportal oder den Umweltatlas für den Wassersektor. Je nach Datenschutz-Stufe sind weitere Datensätze intern für die Verwaltung sichtbar. Allerdings liegen Daten häufig fragmentiert bei unterschiedlichen, die Daten haltenden Stellen vor.

RISTIP braucht eine im Zuge der jeweiligen Fachplanungen unterstützte und gegebenenfalls normierte Durchlässigkeit zu den Datengrundlagen für die räumliche Stadt(entwicklungs)planung, damit beispielsweise Daten, die im Zuge der gesamtstädtischen Wärmeplanung gewonnen werden, auch unmittelbar zu Zwecken in der räumlichen wie baulichen Stadtentwicklung genutzt werden können. Dies erfordert im Land Berlin ein weiterentwickeltes Begriffsverständnis der planungsverantwortlichen Stelle.

Langfristige Flächenvorsorge und strategische Flächenbevorratung

Neben einer strategischen Flächensicherung ist auch eine entsprechende Flächenbevorratung nötig. Diese langfristige Bevorratung erfordert finanzielle Mittel, da die Flächen zu erwerben, zu bewirtschaften beziehungsweise zu unterhalten sind. Sind diese Ressourcen nicht verfügbar, kann dies die räumliche Stadtentwicklung blockieren. Eine strategische Flächenvorratspolitik erspart angesichts der in den letzten Jahrzehnten zu verzeichnenden Entwicklung auf den städtischen Bodenmärkten Kosten in der Zukunft, zumal die Aufwendungen unabhängig von der Flächendimension seitens aller Haushalte und Unternehmen zu tragen sind. Die Flächenvorsorge für stadttechnische Infrastruktur hat langfristig eine soziale Dimension, wenn durch heutige Investitionen höhere Zukunftskosten vermieden werden. Vor dem Hintergrund der kommunalen Finanzkrise (Raffer und Scheller 2025) ist die mittel- und langfristige Flächenvorsorge eine Herausforderung, die gemeinwohlorientierte Innovationen erfordert. Aus planerischer Sicht sind daher im Zuge von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen zu erforderlichen Flächen für stadttechnische Infrastruktursysteme Bewertungszeiträume anzulegen, die über die üblichen Betrachtungszeiträume hinausgehen.

Transparenz über die verfügbaren und erforderlichen Flächen für planende und umsetzende Akteure bietet die Chance, bei der Planung neuer Quartiere und der Standortsuche für Infrastrukturvorhaben Synergien frühzeitig und umfassend zu erschließen, darunter beispielsweise die Nutzung von Abwärme und die Verortung von Nahwärmenetzen.

Zudem kann daraus die Option entstehen, Planungs- und Realisierungsaufgaben zeitlich besser in Einklang zu bringen. Dies bezieht sich neben dem Neubau auch auf die Anpassung von Bestandsquartieren.

Mehrfache Flächennutzung

Um die ohnehin bestehenden und weiter zunehmenden Flächenkonkurrenzen im Zusammenhang mit der Transformation stadttechnischer Infrastrukturen bewältigen zu können, kann das Prinzip einer multifunktionalen Flächennutzung zielführend sein. Beispielsweise können öffentliche Flächen für eine kombinierte Nutzung durch soziale und technische Infrastrukturen in Betracht gezogen und als solche planerisch codiert werden. Verbreitet ist das Prinzip der Multicodierung im Kontext der klimaangepassten Stadtentwicklung, um vielfältige, sich überlagernde Nutzungsansprüche zu bedienen (Becker 2012; Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) 2017, Selle 2000). Neue Optionen für die Schaffung und Entwicklung von Grün- und Freiflächen als multicodierte Flächen eröffnen sich durch die Entsiegelung und Begrünung von „grauen Potenzialflächen“, das heißt un- oder untergenutzter bebauter und versiegelter Flächen wie Dächer und Fassaden, Erschließungs- und Freiflächen sowie Verkehrsflächen, die Teil der grün-blauen Infrastruktur werden können.

Die Mehrfachnutzung öffentlicher Flächen und Räume, von Schulhöfen und Sportplätzen sowie Straßen über Plätze bis hin zu Park- und Grünanlagen, ist jedoch alles andere als trivial. Zum einen kann die Multicodierung als temporär differenzierte Nutzungen gestaltet werden, etwa wenn ein Park lediglich für den Fall eines Starkregenereignisses als Überflutungsfläche genutzt wird. Zum anderen kann die Multicodierung auch in unterschiedlichen Layern erfolgen. Denn viele der zuvor genannten Flächen bieten Potenziale, neben einer Nutzung auf der Fläche auch unter der Fläche eine Nutzung beispielsweise als Wärme- oder Niederschlagswasserspeicher einzurichten. Hierzu sind jedoch in der Regel umfangreiche Klärungen nötig, deren Komplexität durch oftmals unzureichend durchlässige Rechtsnormen sehr hoch ist. Bestehende Organisationsstrukturen, Zuständigkeiten und Finanzierungsmechanismen können als Hemmnis wirken. Das Schulamt ist für Schulangelegenheiten zuständig, das Sportamt für sportliche Nutzungen und nicht für Regenwasserbewirtschaftung oder energetische Belange. Vor dem Hintergrund der bestehenden fachlichen Zuständigkeiten müssen Aufgabenzuständigkeiten geklärt und neu definiert sowie Trägerverfahren geschaffen werden. Hinzukommt, dass sich in der aktuellen Form der Kosten- und Leistungsrechnung multifunktionale Flächennutzungen schlecht abbilden lassen.

Auch bei den Infrastrukturunternehmen sind Flächenpotenziale zu erwarten, wenn beispielsweise Kraftwerksstandorte infolge technologischer Transformation umstrukturiert werden, so dass hier weitere infrastrukturelle Nutzungen realisiert werden können. Angesichts der Unvermehrbarkeit von (öffentlichen) Flächen ist Mehrfachnutzung das planerisch-konzeptionelle wie betriebliche Gebot.

Konkretisierung auf teilräumlicher Ebene

Die Notwendigkeit der räumlichen Konkretisierung strategischer gesamtstädtischer Konzepte in teilräumlichen Betrachtungen ist nicht neu. Selten haben gesamtstädtische Betrachtungen die notwendige Granularität, um direkt in die Umsetzung einzusteigen. Hier wünschen sich Infrastrukturbetreiber wie lokale Planungsakteure zumeist genauere Daten für die Detailplanung und damit für die Überbrückung der Lücke zwischen strategischer Planung und praktischer Umsetzung. Die Betrachtung von Teilräumen lässt eine stärkere Umsetzungsorientierung zu. Ein derartiger Ansatz könnte sich auch als Einstieg für die Analyse von Flächenbedarf und -potenzialen oder weitere Priorisierungsanforderungen eignen.

Priorisierungen für die stadttechnische Transformation können somit infrastruktureseitig wie städtebaulich hergeleitet sein, beispielsweise als Suchräume mit besonderem Flächenbedarf unterschiedlicher stadttechnischer Infrastrukturen. Es können auch Teilräume in der Stadt mit besonderen städtebaulichen Neuentwicklungen beziehungsweise Nachverdichtungen sein, aus denen sich veränderte Anforderungen und Bedarf mit Blick auf stadttechnische Infrastrukturen ergeben. Suchräume kommen dann zum Tragen, wenn Infrastrukturbetreiber ihre Flächen nicht grundstücksscharf formulieren können, sondern einen Korridor benennen. Innerhalb dieses Korridors können mögliche Grundstücke genauer analysiert werden.

Auf teilräumlicher Ebene (z. B. im Quartier) lässt sich auch die Synchronisierung von Planungsabläufen von Infrastrukturbetreibern untereinander und mit städtebaulichen Planungen bearbeiten. Eine Herausforderung für die systematische Erschließung von Synergien einer integrierten Infrastrukturplanung stellt die Ungleichzeitigkeit von Investitionen beziehungsweise Baumaßnahmen an verschiedenen Infrastrukturen dar. Für die systematische Nutzung von Abwasserabwärmepotenzialen muss beispielsweise die Sanierung eines Abwasserkanals (mit Einbau eines Wärmetauschers) zeitlich abgestimmt zum Ausbau eines Nahwärmenetzes erfolgen, in dem die bereitgestellte Wärme zur Versorgung eines Bestandsquartiers weitertransportiert wird. Dazu müssen sich in Verbindung mit dem städtebaulichen Konzept und Planungsprozess Abwasserentsorger und Energiedienstleister über anstehende Baumaßnahmen und Investitionsabläufe abstimmen. Über synchronisierte Tiefbauarbeiten können in erheblichem Umfang Kosten eingespart werden.

Worauf es für eine RISTIP ankommt

Angesichts der komplexen Rahmenbedingungen ist die Konzeption und Umsetzung einer RISTIP derzeit ein explorativer und ergebnisoffener Prozess. Zusammenfassend lassen sich einige Aspekte hervorheben.

Eine räumlich integrierte stadttechnische Infrastrukturplanung zielt auf eine langfristige Flächenvorsorge und strategische Flächenbevorratung, Flächeneffizienz durch Mehrfachnutzung beziehungsweise Multicodierung sowie das Heben von Synergien, die sich aus der räumlichen Nähe von Quellen und Senken ergeben.

Eine räumlich integrierte stadttechnische Infrastrukturplanung unterstützt damit die Transformation und räumliche Stadtentwicklung in der Bestandsqualifizierung sowie dem Neubau auf dem Weg zur Flächenkreislaufwirtschaft und Klimaneutralität. Mit einer RISTIP können durch die Sammlung, Aufbereitung und Bereitstellung von Daten über die Grenzen von Infrastruktursektoren hinweg für die planenden Fachleute transparente Planungsgrundlagen entstehen. Aus planerisch-fachlicher Sicht braucht eine RISTIP eine im Zuge der jeweiligen Fachplanungen unterstützte und gegebenenfalls normierte Durchlässigkeit zu den Datengrundlagen für die räumliche Stadt(entwicklungs)planung, damit beispielsweise Daten unmittelbar genutzt werden können. Angesichts der veränderten geopolitischen Rahmenbedingungen mit zunehmender Sabotage und hybrider Kriegsführung unterliegt die Datensammlung, -haltung und -veröffentlichung besonderen Schutzanforderungen. Planende Akteure sind einzubeziehen damit die erforderlichen Planungsprozesse ausgestaltet werden können und gleichzeitig sind diese Daten mit besonderer Sensibilität zu beachten.

Um eine RISTIP zu erarbeiten, ist ein kooperativer, lernender Prozess zwischen den Akteuren, das heißt den Infrastrukturunternehmen, seien sie privat oder öffentlich, sowie den betroffenen öffentlichen Stellen von der Stadtplanung, den Straßen- und Grünflächenämtern über die Umwelt- und Naturschutzämter bis hin zu den Klimaschutzbeauftragten durchzuführen. In der Umsetzung sind weitere Akteure wie das Gebäude- und Liegenschaftsmanagement relevant. Der Mehrwert einer RISTIP ist ihr aktiver Beitrag, die Resilienz stadttechnischer Infrastrukturen strategisch zu stärken. Denn wenn Flächenanforderungen frühzeitig in räumliche Stadtentwicklungsprozesse eingebunden werden, steigt bei allen Akteuren die dringend erforderliche Sensibilität für diese essentiellen städtischen Funktionen.

Stadttechnische Infrastrukturen: Handlungsbedarf

Den Jahresbeginn 2026 prägte für die Menschen und Unternehmen des Berliner Südwestens eine wenig vertraute Erfahrung. Die ausgerufene Großschadenslage infolge eines terroristischen Angriffs beförderte den Eindruck, dass die in Westberlin ehemals auf Autarkie ausgerichtete Energieversorgung nach wie vor nicht ausreichend ins regionale Netz eingebettet ist. Mit der zerstörten Kabelbrücke, fehlendem Strom und Ausfall der Heizung bei starken Minusgraden zeigte sich zum wiederholten Mal, dass ein resilientes Infrastrukturnetz weitergehende Anforderungen an die politischen Akteure wie technische Ausgestaltung stellt. Neben dem baulich-physischen Schutz von Infrastruktur, der angesichts des Netzzumfangs beziehungsweise der räumlichen Dimension von Infrastrukturstandorten nicht vollständig sein kann, erfordert infrastrukturelle Resilienz auch eine Standort- und Netzauslegung, die größere Erzeugungs-, Speicher- und Netzkapazitäten aufweist. Aus den für diese Kapazitäten erforderlichen weiteren Infrastrukturstandorten resultiert ein zusätzlicher Flächenbedarf, der – abhängig von klimatischen oder geopolitischen Parametern – unter Umständen auch über das Redundanz-Prinzip $n + 1$ hinausreicht. Die damit verbundenen finanziellen Investitionen, Planungsprozesse, Schutzanforderungen sowie Umsetzungen sind unverzichtbar und zeitkritisch. Jetzt ist die Zeit.

Literatur

- Agora Energiewende (2023): Ein neuer Ordnungsrahmen für Erdgasverteilnetze. Analysen und Handlungsoptionen für eine bezahlbare und klimazielkompatible Transformation.
- Anterola, Jeremy; Trapp, Jan Hendrik und Brüning, Herbert (2020): An den Klimawandel angepasste Wasser- und Grün-Infrastrukturen im Planungsgebiet „Sieben Eichen“, Norderstedt – planerische Machbarkeitsstudie. In: Difu (Hg.): netWORKS-Papers, 35. <https://repository.difu.de/handle/difu/577669>, Zugriff am 26.01.2026.
- Becker, Carlo W. (2012): Mit Freiraum Stadt machen – aber wie? In: IzR (3/4), S. 91–102. https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/veroeffentlichungen/izr/2012/3_4/Inhalt/DL_Becker.pdf?__blob=publicationFile&v=1, Zugriff am 11.03.2024.
- BWB (Berliner Wasserbetriebe) 2022: Abwasserwärme. Ein Leitfaden. <https://www.bwb.de/de/assets/downloads/leitfaden-abwasserwaerme.pdf>, Zugriff am 26.01.2026.
- Bieker, Susanne und Frommer, Birte (2010): Potenziale flexibler integrierter semizentraler Infrastruktursysteme in der Siedlungswasserwirtschaft. Neue Handlungsräume für die Infrastrukturentwicklung in der Bundesrepublik Deutschland? In: Raumforschung und Raumordnung 68 (4), 311–326. DOI: [10.1007/s13147-010-0037-3](https://doi.org/10.1007/s13147-010-0037-3).
- LAWA (Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) (2021): Auf dem Weg zur wassersensiblen Stadtentwicklung. Erfordernisse aus Sicht der Wasserwirtschaft. Positionspapier Klimawandel. Berlin. https://www.lawa.de/documents/lawa-positionspapier-wassersensible-stadtentwicklung-barrierefrei_1689856479.pdf. Zugriff am 26.01.2026.
- BMUB (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit) (2017): Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. Berlin. <https://www.bmwsb.bund.de/SharedDocs/downloads/Webs/BMWSB/DE/publikationen/wohnen/weissbuch-stadtgruen.pdf?blob=publicationFile&v=3>, Zugriff am 11.03.2024.
- Dena (Deutsche Energie Agentur GmbH) (2022): Abschlussbericht dena-Netzstudie III. Stakeholderdialog zur Weiterentwicklung der Planungsverfahren für Energieinfrastrukturen auf dem Weg zum klimaneutralen Energiesystem. Hg. v. Deutsche Energie Agentur.
- Dena (Deutsche Energie-Agentur GmbH) (Hrsg.) (2025): „dena-Verteilnetzstudie II – Weichenstellungen bei Verteilnetzbetreibern für Klimaneutralität – eine spartenübergreifende Perspektive.
- Deutsche Telekom AG (2025): Berliner „Pallasseum“ heizt mit Abwärme aus Telekom Rechenzentrum. <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/berliner-pallasseum-heizt-mit-abwaerme-aus-telekom-rechenzentrum-1100044>. Zugriff am 26.01.2026:
- DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall) (2021): DWA-Positionen. Wasserbewusste Entwicklung unserer Städte (DWA-Positionen). https://de.dwa.de/files/_media/content/01_DIE_DWA/Politikinformationen/Positionspapiere/Positionspapier_Wasserbewusste_Entwicklung_unserer_St%C3%A4dte_2021_Netz.pdf. Zugriff am 26.01.2026

- Herpich, Philipp; Holz, Franziska und Löffler, Konstantin (2023): Wärmewende in Berlin: Versorgungssicherheit nach dem Erdgas mit erneuerbaren Energien gewährleisten. Hg. v. Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung e. V. Berlin.
- Hiessl, Harald; Hillenbrand, Thomas (2010): Dezentrales Urbanes InfrastrukturSystem DEUS 21. Abschlussbericht. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.
- Kluge, Thomas; Libbe, Jens (2010): Transformationsmanagement für eine nachhaltige Wasserwirtschaft. Handreichung zur Realisierung neuartiger Infrastrukturlösungen im Bereich Wasser und Abwasser. Institut für sozial-ökologische Forschung (ISOE); Deutsches Institut für Urbanistik (Difu); Forschungsverbund netWORKS. Berlin Difu-Sonderveröffentlichung.
- Libbe, Jens und Beckmann, Klaus J. (2014): Orientierungen für kommunale Planung und Steuerung. Ein Handlungsleitfaden, Berlin In: Difu (Hg.): Stadt Forschung Praxis, Bd. 13. Berlin. <https://repository.difu.de/handle/difu/211118>. Zugriff am 26.01.2026.
- Libbe, Jens; Köhler, Hadia und Beckmann, Klaus J. (2010): Infrastruktur und Stadtentwicklung. Technische und soziale Infrastrukturen - Herausforderungen und Handlungsoptionen für Infrastruktur- und Stadtplanung. In: Difu (Hg.): Stadt, Forschung, Praxis, Bd. 10. Berlin. <https://repository.difu.de/handle/difu/127248>, Zugriff am 26.01.2026.
- Mayntz, Renate (Hrsg.) (1988): The development of large technical systems. Frankfurt am Main, Boulder, Colorado: Campus-Verlag.
- Pallasch, Matthias Georg (2021): Implementation von dezentraler Regenwasserbewirtschaftung in kommunale Planungsprozesse als Beitrag zu einer wassersensiblen Stadtentwicklung. Unter Mitarbeit von Matthias Barjenbruch, Heiko Sieker und Mathias Kaiser. Berlin: Technische Universität Berlin.
- Raffer, Christian und Henrik Scheller (2025): Kommunale Grundfinanzierung. Für starke Kommunen und gerechte Lebensverhältnisse.
- Schmidt, Martin und Monstadt, Jochen (2018): Infrastruktur. Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Ausgabe 2018. Hannover: Akademie für Raumforschung und Landesplanung, 975–988. <https://www.arl-net.de/system/files/media-shop/pdf/HWB%202018/Infrastruktur.pdf>. Zugriff am 26.01.2026
- Selle, Klaus (2000): Vom sparsamen Umgang zur nachhaltigen Entwicklung. Programme, Positionen und Projekte zur Freiraum- und Siedlungsentwicklung. Ein Lesebuch für Studierende und andere Interessierte. 2. Aufl. Hannover, Dortmund: Dortmunder Vertrieb für Bau- und Planungsliteratur (Werkbericht der AGB, 41).
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen) (2021a): Strategie zur integrierten Infrastrukturplanung. Grundsätze sowie raumbezogene Planungsgrundlagen und -verfahren für die soziale und grüne Infrastruktur. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung, Bauen und Wohnen. Berlin.
- SenStadt (Senatsverwaltung für Stadtentwicklung; Bauen und Wohnen) (2021b): Stadtentwicklungsplan Klima 2.0.

- Stadtplanungsamt Frankfurt am Main (2024): Gewerbeflächenentwicklungsprogramm. https://www.stadtplanungsamt-frankfurt.de/commercial_real_estate_development_program__22136.html?psid=d, Zugriff am 26.01.2026
- Stein, Christian; Libbe, Jens; Riechel, Robert und Trapp, Jan Hendrik (2023): Transformation urbaner Infrastrukturen. Hemmnisse und Lösungsansätze aus drei transdisziplinären Forschungs-vorhaben zu netzgebundenen Infrastrukturen in Berlin. In: disP - The Planning Review 59 (4), 50–62. DOI: [10.1080/02513625.2023.2323821](https://doi.org/10.1080/02513625.2023.2323821).
- Stromnetz Berlin (2024): Nachtragshaushalt / Finanzierung / Investitionen – die Umsetzung der Energiewende für Berlins Klimaziele gewinnt an Tempo. Pressemitteilung Stromnetz Berlin vom 17.4.2024. <https://www.stromnetz.berlin/uber-uns/presse/pressemitteilungen-2024/nachtragshaushalt-finanzierung-investitionen-die-umsetzung-der-energiewende-fur-berlins-klimaziele-gewinnt-an-tempo/>. Zugriff am 26.01.2026.
- Tietz, Hans-Peter (2007): Systeme der Ver- und Entsorgung. Funktionen und räumliche Strukturen. Wiesbaden: Teubner.
- Trapp, Jan Hendrik (2024): Wassersensible Stadtentwicklung. Der Schlüssel für eine lebenswerte Stadt im Klimawandel. In: Forum Wohnen und Stadtentwicklung (2), 58–62. https://www.vhw.de/fileadmin/user_upload/08_publicationen/verbandszeitschrift/FWS/2024/FWS_2_2024/FWS_2_24_Trapp.pdf, Zugriff am 26.01.2026
- Trapp, Jan Hendrik und Winker, Martina (Hg.) (2020): Blau-grün-graue Infrastrukturen vernetzt planen und umsetzen. Ein Beitrag zur Klimaanpassung in Kommunen. In: Difu (Hg.): Sonderveröffentlichung Forschungsverbund netWORKS. Berlin.
- WBGU (Wissenschaftlicher Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (2016): Der Umzug der Menschheit: Die transformative Kraft der Städte. Berlin: WBGU.
- Winker, Martina; Trapp, Jan Hendrik; Libbe, Jens und Schramm, Engelbert (Hg.) (2017): Wasserinfrastruktur: Den Wandel gestalten. Technische Varianten, räumliche Potenziale, institutionelle Spielräume. In: Difu (Hg.): Stadt, Forschung, Praxis, 16. Berlin.