
Christina Wilkens

Anforderungen an Indikatoren für Raum- bilder einer nachhaltigen Raumentwicklung

Am Beispiel einer kleinen Mittelstadt mit ihrer Region

Raumbilder als informelles Planungsinstrument werden gerade bei regionalen Fragestellungen in neuerer Zeit immer häufiger in informellen Planungsprozessen eingesetzt, um sowohl Raumanalysen als auch Zukunftsvorstellungen aussagekräftig zu visualisieren. Sie können dafür genutzt werden, eine nachhaltige Raumentwicklung zu veranschaulichen und dadurch Transformations-Impulse zu setzen. Der hier verfolgte Ansatz zielt auf eine Operationalisierung des Nachhaltigkeitskonzeptes in Form von räumlichen Indikatoren ab. Diese sollen als evidenzbasierte Grundlage für Raumbilder genutzt werden, um so eine nachhaltige Raumentwicklung messbar und damit darstellbar zu machen. Als Fallstudie für die Übertragung der Indikatoren auf den konkreten Raum dient eine kleine Mittelstadt zusammen mit ihrer Region. Mittelstädte übernehmen, je nach regionalem Kontext, unterschiedliche wichtige Funktionen in ihrem Umland. Eine solche wichtige Funktion könnten kleine Mittelstädte auch in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung einnehmen und hier zu Vorreiterinnen werden.

Christina Wilkens, Doktorierende im Graduiertenkolleg Mittelstadt als Mitmachstadt, forscht am Lehrstuhl für Städtebau und Entwerfen der RWTH Aachen zu Raumbildern in und für kleine Mittelstädte und ist akademische Mitarbeiterin an der HfWU Nürtingen-Geislingen.

- Indikatoren
- Mittelstadt
- Nachhaltigkeit
- nachhaltige Raumentwicklung
- Raumbilder

Raumbilder als informelles Planungsinstrument

Die Arbeit mit Visualisierungen in Form von Karten und Plänen gehört zum Arbeitsalltag einer jeden Planer:in. Jede Planungsebene arbeitet mit den ihr zugeschriebenen Instrumenten wie Flächennutzungsplänen, Regionalplänen, Landschafts(rahmen)plänen etc., jeweils bestehend aus einem Text- und Kartenteil, welcher Aussagen über die zukünftige räumliche Entwicklung trifft. Aufgrund formaler Vorgaben zu Inhalt und Form bringen viele dieser Pläne (bezogen auf den Kartenteil) jedoch zwei Schwierigkeiten mit sich: Zum einen sind sie oftmals für Nicht-Planer:innen schwer lesbar und verständlich (da sie auch nicht unbedingt an diese Nutzer:innen-Gruppe adressiert sind) und können dadurch nur unzureichend Zukunftsvorstellungen vermitteln. Zum anderen bieten sie nicht die inhaltliche Flexibilität, um Antworten drängender gesellschaftlicher Fragen, wie eine nachhaltige Entwicklung des Raumes, adäquat beantworten zu können. Ziel zeitgemäßer und strategischer Planung muss es jedoch sein, dass unterschiedliche Akteure (also auch Nicht-Planer:innen) an Planung partizipieren und diese mitgestalten (Kühn 2008; Vallée 2012; Wiechmann 2019), wofür allgemein verständliche planerische Grundlagen bereitgestellt werden müssen.

Als Alternative zu formellen Plänen, welche in ihrer Struktur durch Verordnungen klar geregelt sind, kann die Arbeit an und mit Raumbildern als informelles Planungsinstrument helfen, die darstellerischen und inhaltlichen Defizite zu überwinden.

Verständnis von Raumbildern

Der Begriff „Raumbild“ wird in jüngerer Zeit immer häufiger in planerischen Kontexten genutzt, beispielsweise INSEK Angermünde (Stadt Angermünde, 2023) oder Zukunftsstadt Nordhausen (IBA Thüringen GmbH 2016). Raumbilder sind auch maßgeblicher Bestandteil ganzer Forschungsvorhaben, beispielsweise Raumbilder Lausitz 2050 (IÖR 2021), Projekt Nachwuchs (Rhein-Erft-Kreis 2023). Sie werden dabei als informelles Instrument der räumlichen Planung verstanden, welches sowohl der Raum-Analyse als auch der Entwicklung von Leitbildern oder Zukunftsszenarien dient.

Raumbilder, verstanden als ein bildgebendes Instrument, können in der Lage sein, das Nicht-Sichtbare sichtbar zu machen, indem räumliche „Messwerte“ aussagekräftig visualisiert werden und damit für den Planungsprozess leicht verständlich aufbereitet werden. So werden sie zu einer bereichernden Diskussionsgrundlage für weitere Planungsentscheidungen und -handlungen in unterschiedlichen Akteurskonstellationen (Berchtold 2016; IÖR 2021).

Innerhalb eines Planungsprozesses, bei welchem Raumbilder zum Einsatz kommen sollen, können zwei unterschiedliche Arten von Raumbildern unterschieden werden: Raumbilder von einem Raum (= Status quo) und Raumbilder für einen Raum (= Zukunftsvorstellung) (Berchtold 2016). Bei Ersterem geht es darum, den Raum zu verstehen, seine Logik zu erkunden und Zusammenhänge aufzudecken, während Zweiteres dazu dient, mögliche Zukünfte in Form von unterschiedlichen Entwürfen und / oder Szenarien abzubilden.

Zum Einsatz kommen nicht nur reine Kartendarstellungen, sondern jegliche Art von raumbezogenen Visualisierungen auf unterschiedlichen Maßstabsebenen.

Erfordernis von Raumbildern

Grundsätzlich ist der Mensch ein visuelles Wesen. Das menschliche Gehirn kann Visualisierungen besser verarbeiten (verstehen, interpretieren und merken) als reine Zahlenreihen oder Tabellen (Eder 2022), weshalb zum Beispiel Statistiken auch eher als Grafendarstellungen aufbereitet werden, um diese zu kommunizieren. Dies lässt sich im planerischen Kontext nutzen, wenn es um die Aufbereitung planungsrelevanter Daten geht. Die Nutzung räumlicher Daten in der Planung ist unerlässlich, denn nur so entsteht eine evidenzbasierte Planungsgrundlage (ebd.). Räumliche Daten können sowohl Geodaten sein (beispielsweise Landnutzung, Verwaltungseinheiten oder Topografie) als auch statistische Daten mit räumlichem Bezug (beispielsweise Statistiken zu Bevölkerung, Wohn- und Arbeitsverhalten oder Verkehr). Diese Daten lassen sich mit Hilfe von Geoverarbeitungstools wie einem Geoinformationssystem (GIS) visualisieren, analysieren und weiterverarbeiten.

Die Visualisierung solcher räumlichen Daten erleichtert räumliches Denken und die Kommunikation über Raum, Raumverständnis und Planung

auch in interdisziplinären / transdisziplinären Teams (Hajer und Versteeg 2019). Das kann Planer:innen dabei helfen, wenn eine Vorstellung davon fehlt, wie alternative (räumliche) Zukünfte aussehen können: „Uns fehlt eine kohärente Vorstellung von alternativen, postfossilen Zukünften. Der Mangel an Vorstellungskraft behindert unsere Fähigkeit zum Wandel“ (ebd.: 132). Raumbilder können dazu genutzt werden, diverse Zukunftsvorstellungen konkret werden zu lassen und damit Transformations-Impulse zu setzen. Sie können uns vor Augen führen, „wo die Reise hingehen kann / soll“ und wie die jeweiligen räumlichen Ausprägungen zukünftiger Entwicklungen in Hinblick auf eine anzustrebende nachhaltige Entwicklung zu bewerten sind.

Indikatoren für Raumbilder einer nachhaltigen Raumentwicklung

Sollen Raumbilder für die Visualisierung einer nachhaltigen Raumentwicklung genutzt werden, bedarf es zunächst einer Operationalisierung („Messbarmachung“) des Nachhaltigkeitskonzepts. Benötigt werden dafür Indikatoren, welche aus räumlich-empirischen Sachmerkmalen in Kombination mit einem Bewertungsmaßstab bestehen und sich somit ein Zielerreichungsgrad messen lässt, da der räumliche, zeitliche und sachliche Bezug festgelegt wird (ARL 2000).

Die planerische Arbeit mit Raumbildern, die sich auf räumlich-empirische Daten stützen, kann im Vergleich zu einer heuristischen Herangehensweise Planer:innen dabei helfen,

- Strukturen & Muster aufzuspüren
- Zusammenhänge zu erkennen
- Transparenz zu erzeugen (implizites Wissen und Gespür von Planer:innen kann bekräftigt oder auch widerlegt werden)
- Planung auf evidente Beine zu stellen
- Veränderungen messbar zu machen und zu quantifizieren

Wawrzyniak und Herter 2022 beschreiben die Arbeit mit räumlich-empirischen Daten als „evolutionären Prozesses datengetriebener Handlungs-

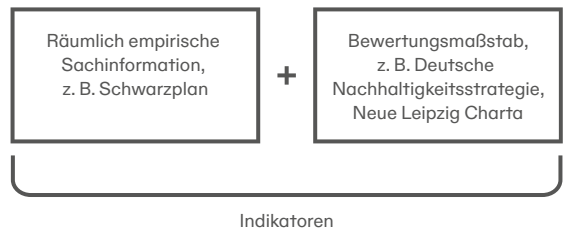


Abb. 01 Operationalisierung des Nachhaltigkeitskonzepts.
Eigene Darstellung.

optimierung“, in welchem Raumbilder im Bereich der Visualisierung dazu beitragen können, Transformations-Impulse zu setzen, da sie dann die Grundlage für eine verbesserte Entscheidungsfindung sind (Abb. 02).

Der Bewertungsmaßstab einer räumlich-empirischen Sachinformation hängt maßgeblich von der Fragestellung ab (Weiß et al. 2019). Im Kontext einer nachhaltigen Entwicklung können hierfür die 17 Sustainable Development Goals (SDGs), welche im Rahmen der Agenda 2030 im Jahr 2015 von allen UN-Mitgliedsstaaten verabschiedet wurden, herangezogen werden (UN o. J.). Damit soll heutigen und zukünftigen Generationen ein menschenwürdiges Leben bei gleichzeitiger Bewahrung der natürlichen Lebensgrundlagen ermöglicht werden (Die Bundesregierung 2023a). Für eine nachhaltige Raumentwicklung sind aufgrund zahlreicher Stadt-Umland-Verflechtungen insbesondere die Leitziele 11 (Städte und Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig gestalten) und 15 (Landökosysteme schützen, wiederherstellen und ihre nachhaltige Nutzung fördern, Wälder nachhaltig bewirtschaften, Wüstenbildung bekämpfen, Bodendegradation beenden und umkehren und dem Verlust der biologischen Vielfalt ein Ende setzen) relevant. Auf Basis des Ziels Nr. 11 wurde 2020 die neue Leipzig-Charta von den zuständigen europäischen Minister:innen verabschiedet, die eine gemeinwohlorientierte Stadtentwicklung in den Handlungsdimensionen gerecht, grün und produktiv in einem Mehrebenenmodell (Quartier, Gesamtstadt, Stadtregion) anstrebt (BBSR 2021). Das Leitziel 15 wurde in Form der Deutschen Nachhaltigkeitsstrategie auf nationaler Ebene konkretisiert, welches ein „Nachhaltigkeitsmanagementsystem [beinhaltet], das Ziele mit einem konkreten Zeitrahmen zur

Erfüllung und Indikatoren für ein kontinuierliches Monitoring benennt“ (Die Bundesregierung 2023b). Die Zielformulierungen auf der nationalen wie internationalen Ebene sind aus dem Anspruch heraus, für ein möglichst breites Anwendungsfeld einen passenden Rahmen zu liefern, eher allgemein bis abstrakt gehalten und bilden daher nur den groben Rahmen für die Auswahl geeigneter Indikatoren für eine nachhaltige Raumentwicklung. Im Rahmen der Auseinandersetzung und Anwendung der Indikatoren erfolgt dann eine Benennung konkreter Unterziele einer nachhaltigen Entwicklung, die durch die Indikatoren angesprochen werden können.

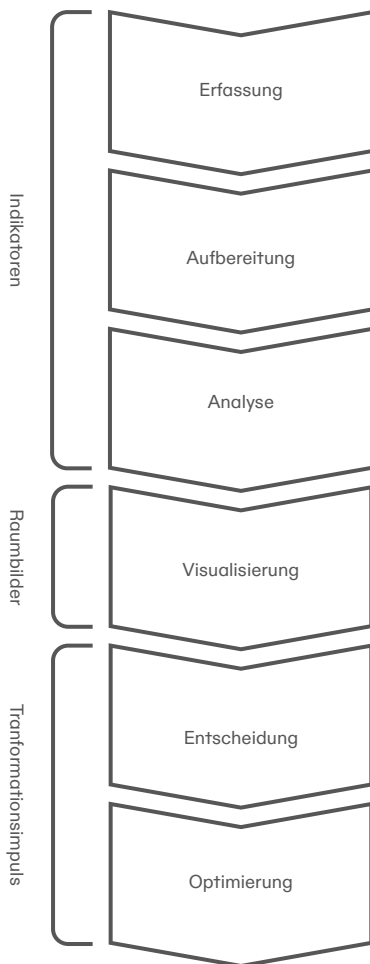


Abb. 02 Evolutionärer Prozess datengetriebener Handlungs-optimierung. Eigene Darstellung verändert nach Wawrzyniak & Herter, 2022: 25.

Anforderungen an Indikatoren für Raumbilder einer nachhaltigen Raumentwicklung

Aus den bis hierhin beschriebenen Sachverhalten lassen sich folgende Anforderungen formulieren, die ein Indikator mitbringen muss, damit er sich als Grundlage für Raumbilder einer nachhaltigen Raumentwicklung eignet:

Bezug zu einer nachhaltigen Entwicklung

Ein geeigneter Indikator muss sich theoretisch aus dem Nachhaltigkeitsdiskurs ableiten lassen und in der Lage sein, den Zielerreichungsgrad der SDGs zu messen. Wie bereits erläutert bilden hierfür die Sustainable Development Goals Nr. 11 und 15 den geeigneten Rahmen. In der Auseinandersetzung mit den einzelnen Indikatoren wird herausgearbeitet, welche konkreten Unterziele mit dem Indikator adressiert werden können.

Flächenbezug

Für Planung als räumlich agierende Disziplin kommen insbesondere Indikatoren in Frage, die auf Daten mit Flächenbezug basieren. Dies ist insbesondere für Raumabbildungen relevant, da mit ihnen die Indikatoren räumlich dargestellt und visualisiert werden sollen. Einen Flächenbezug haben Daten dann, wenn sie georeferenziert sind oder werden können und ihre Ausprägungen direkte/ sichtbare Wechselwirkung auf die Flächennutzung haben. So kommt beispielsweise der Indikator CO₂-Austoß pro Einwohner:in einer Gebietseinheit nicht in Frage, da die Messwerte zwar räumlich verortet dargestellt werden können, jedoch höhere oder niedrigere Werte keine direkten oder sichtbaren Wechselwirkungen auf die Flächennutzung haben.

Datenverfügbarkeit

Damit sich ein Instrument erfolgreich im Arbeitsalltag etabliert, muss die Handhabung möglichst einfach und niederschwellig sein. Für die Arbeit mit Raumbildern heißt dies unter anderem, dass der Zugang zu den zu verwendenden Daten möglichst einfach sein sollte.

Das ist er dann, wenn beispielsweise keine Zugangsbeschränkungen wie Registrierungen oder Kosten bestehen oder wenn die Daten regelmäßig aktualisiert werden. Die Datenverfügbarkeit hat sich in den vergangenen Jahren zum Beispiel mit der Einführung der Inspire-Richtlinie oder durch Open-Source-Angebote wie Open-Street-Map (OSM) stark verbessert. Nur noch wenige Bundesländer in Deutschland stellen Geobasisdaten gebührenpflichtig zur Verfügung und auch die Datenqualität von Open-Source-Daten wurde in den vergangenen Jahren immer besser, sodass mittlerweile ein großer Fundus an frei verfügbaren Geodaten zur Verfügung steht.

Übertragbarkeit

Dieses Kriterium soll gewährleisten, dass sich ein Indikator nicht nur für einen bestimmten Untersuchungsraum eignet, sondern in unterschiedlichen räumlichen Kontexten angewendet werden kann. Daher kommen keine Indikatoren in Frage, die sich lediglich auf einzelne, spezielle Flächennutzungen beziehen (beispielsweise der Anteil Wald- oder Ackerfläche an der Gesamtfläche). Diese sind stark von den naturräumlichen Gegebenheiten geprägt und variieren daher erheblich von Gebiet zu Gebiet.

Verständlichkeit & Plausibilität

Unter dieser Anforderung wird eine Art „Praxistauglichkeit“ verstanden. Es soll die Aussagekraft sowohl auf der inhaltlichen als auch auf der darstellerischen Ebene überprüft werden. Dies kann erst im Rahmen der Anwendung der Indikatoren beurteilt werden und stellt damit eine Art Entwurfsprozess dar, welcher empirisch untersucht werden soll.

Neben der Auswahl der geeigneten Indikatoren für die Darstellung einer nachhaltigen Raumentwicklung ist bei der Arbeit mit den Indikatoren die jeweilige räumliche Bezugsgröße zu beachten. Die lässt sich in die drei Kategorien: Patch, Klasse und Landschaft einteilen (Lang und Blaschke 2007).

Ein Patch beschreibt ein einzelnes Element, eine Klasse die Beziehung einzelner Patches zueinander und Landschaft das Zusammenspiel mehrerer Klassen, wodurch Werte auf den Umgriff einer Landschaftseinheit aggregiert werden. Während Patch und Klasse eindeutig bestimmbar sind, handelt es sich bei einer Landschaftseinheit um eine variable Größe, das heißt, diese wird durch den:die Bearbeiter:in bestimmt.

Das Problem hierbei ist, dass zu große oder zu kleine Landschaftseinheiten die Aussagekraft eines Indikators verzerren können oder dass mit der Abgrenzung bereits normative Setzungen vorweggenommen werden. Theoretisch ließe sich der gesamte Untersuchungsraum als eine Landschaftseinheit fassen, mit dem Ergebnis, dass für das gesamte Untersuchungsgebiet ein Gesamtwert ausgegeben wird. Dadurch werden jedoch räumliche Differenzierungen zu stark nivelliert und die Aussagekraft des Indikators unterlaufen. Zu kleine Landschaftseinheiten wiederum würden die Differenzierung so stark überbetonen, dass binäre Aussagen im Ergebnis zu erwarten sind. Für die Anwendung der Indikatoren auf die Fallstudie (siehe unten) werden als Landschaftseinheit für den Siedlungsbereich Quartiere abgegrenzt, da diese als geeignete Handlungsebene für einen nachhaltigen Stadtumbau gelten (Bott et al. 2018) und sie von einer Person bewusst wahrgenommen werden können („menschlicher Maßstab“). Für den Freiraum kommt ein rasterbasiertes Verfahren zum Einsatz, die sogenannte „Moving-Window-Technologie“.

Dafür wandert ein vorher festgelegtes Auswertungsfenster (zum Beispiel 10×10 Pixel) über das gesamte Untersuchungsgebiet, sodass jedem Pixel ein statistischer Ausgabewert zugeordnet wird (Summe, Mittelwert, Median, Minimum, Maximum etc.). Das Auswertungsfenster ist variabel in seiner Definition, es kann rechteckig, quadratisch oder rund und beliebig groß definiert werden. Dadurch können etwaige normative Einflüsse auf eine manuelle Abgrenzung von Landschaftseinheiten deutlich reduziert werden.

Auswahl geeigneter Indikatoren für Raumbilder einer nachhaltigen Raumentwicklung

Je nach Kontext und Fragestellung kommt bereits eine Vielzahl von Indikatorensets zur Anwendung, dazu gehören der IÖR-Monitor, die Deutsche Nachhaltigkeitsstrategie, die Länderinitiative Kernindikatoren (LiKi), das Forschungsprojekt „Nachwuchs“ etc. Auf deren Basis wurden in einem ersten Schritt Indikatoren ausgewählt, die den genannten Anforderungen „Bezug zur nachhaltigen

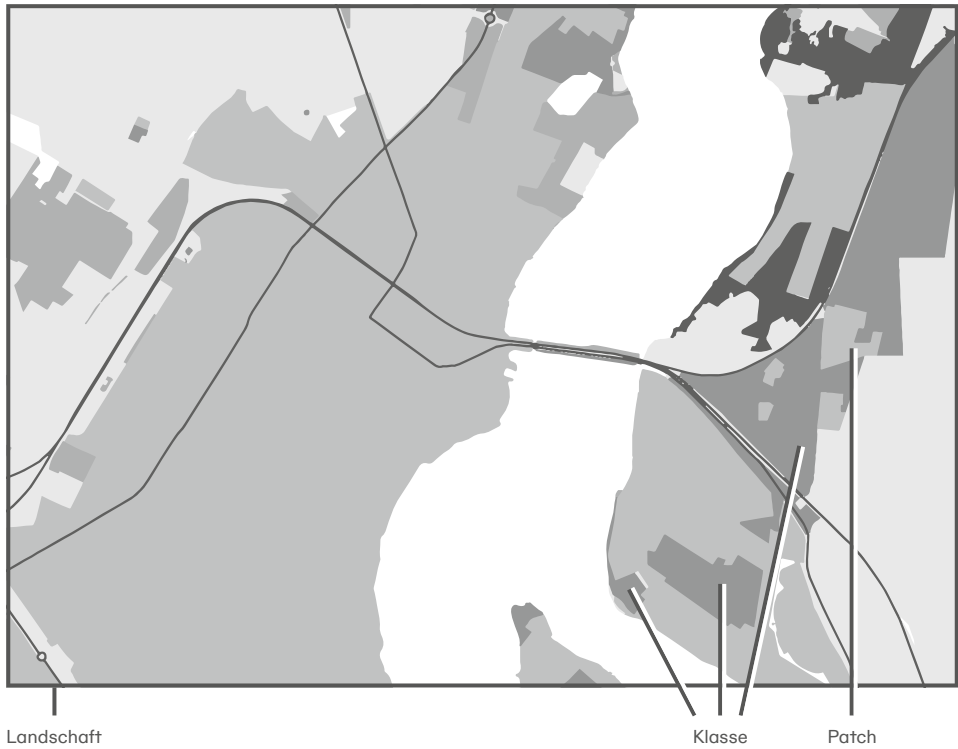


Abb. 03 Patch, Klasse und Landschaft als räumliche Bezugsgröße. Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

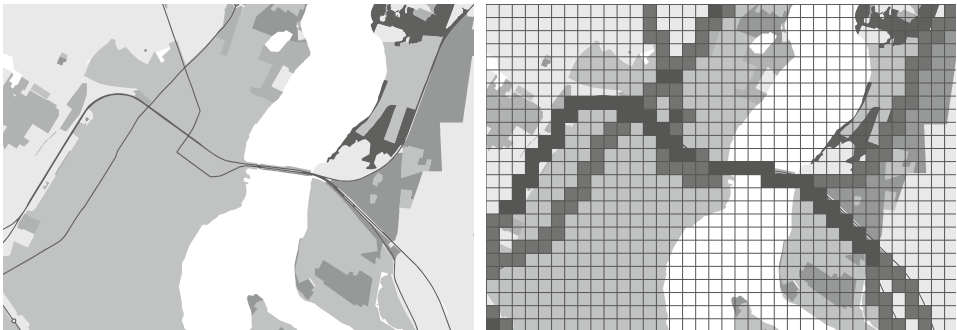


Abb. 04 Vergleich unterschiedlicher Abgrenzungen einer Landschaftseinheit für den Indikator Zerschneidungsgrad. Links: Gesamtes Untersuchungsgebiet, rechts: 1-Hektar-Raster. Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

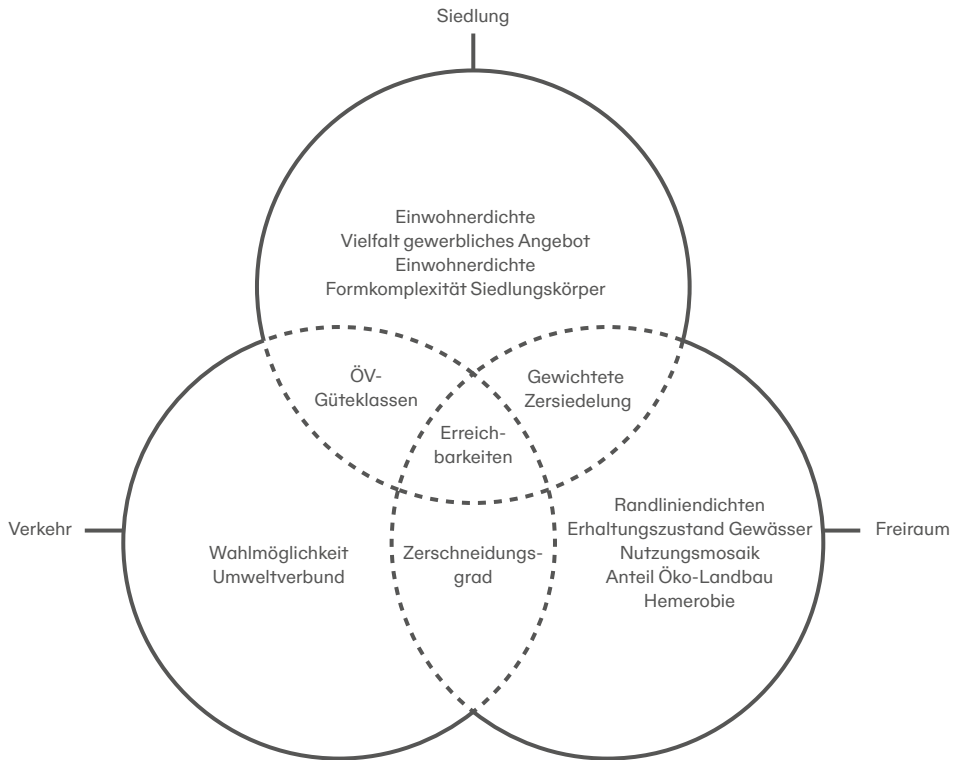


Abb. 05 Übersicht über die ausgewählten Indikatoren. Eigene Darstellung.

Entwicklung“ und „Flächenbezug“ entsprechen. Eine weitere Prüfung auf die anderen Kriterien hin steht allerdings noch aus und wird anhand der konkreten Anwendung auf die Fallstudie beurteilt. Die hier aufgeführte Auswahl ist auch sicherlich noch nicht abschließend und kann im weiteren Forschungsverlauf noch ergänzt werden.

Zerschneidungsgrad der Landschaft

Die zunehmende Landschaftszerschneidung wird bereits seit den 1980er Jahren als negative Entwicklung thematisiert und gilt nach wie vor als eines der größten Probleme der räumlichen Entwicklung (Jaeger 2004; Lang und Blaschke 2007). Zu den negativen Folgewirkungen auf den Landschafts- und Naturhaushalt zählen Habitatverluste durch den Bau von zerschneidender Infrastruktur sowie eine erhöhte Trenn- und Barrierewirkung, die den (genetischen) Austausch von Arten verhindert. Zudem werden Habitate in immer kleinere und fragmentiertere Flächen zerteilt, sodass minimale Habitatgrößen, die die Überlebenswahrscheinlichkeit einer Art garantieren, unterschritten werden. Zudem steigt die Mortalität durch Kollisionen, zum Beispiel mit Fahrzeugen.

Neben den negativen Folgen für den Landschafts- und Naturhaushalt birgt eine zunehmende Landschaftszerschneidung negative Folgewirkungen auch für die Erholungseignung von Landschaft für den Menschen, sowohl in Bezug auf die Zugänglichkeit als auch die Erholungsqualität aufgrund erhöhter Lärmpegel (ebd.).

Als Maßeinheit hat sich die Größe von unzerschnittenen, verkehrsarmen Räumen (UZVR) bewährt, oftmals in Kombination mit der effektiven Maschenweite. Für ersteres wird die Größe der Teilräume berechnet, die nicht durch eine Straße mit einer gewissen Verkehrsmenge sowie größere Bahnlinien zerschnitten werden. Die effektive Maschenweite beschreibt die Wahrscheinlichkeit, dass sich zwei Tiere, die zufällig und unabhängig voneinander in einem Gebiet ausgesetzt werden, begegnen können (Jaeger 2004).

Nutzungsmosaik einer Landschaft

Das Nutzungsmosaik einer Landschaft gibt Auskunft über ihre Komposition. Dabei kommt es sowohl auf die Varianz der Landnutzungen (= Vielfalt) als auch auf die räumliche Verteilung der Landnutzungen an (Lang und Blaschke 2007).

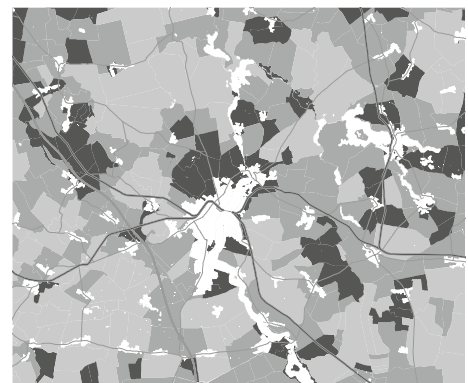
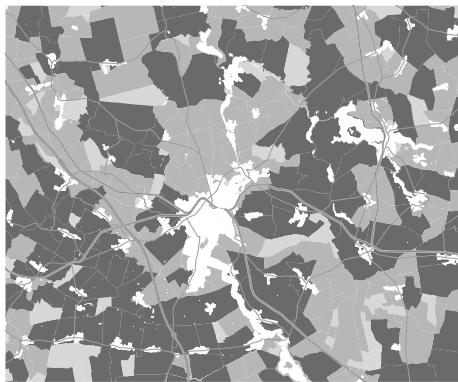
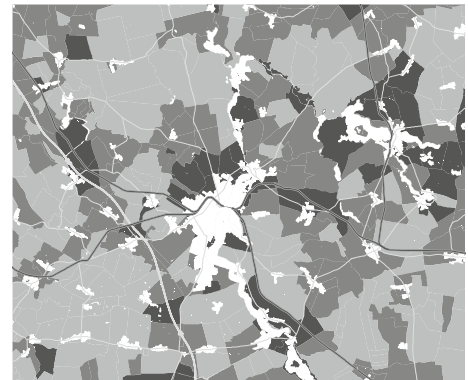
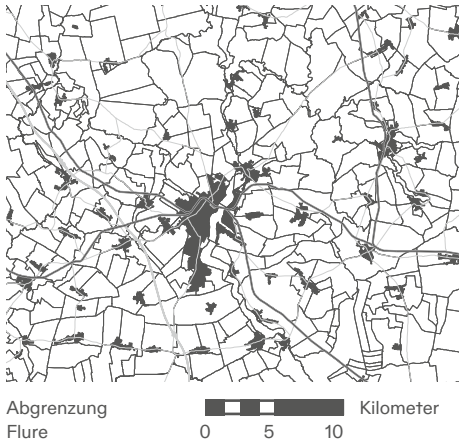


Abb. 06 Darstellung der Shannon-Indizes Diversität, Dominanz und Gleichverteilung. Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

Ein wesentliches Qualitätsmerkmal für Landschaft ist ihre Vielfalt, welche nicht nur für den Menschen im Sinne eines Landschaftserlebens von Bedeutung ist, sondern auch für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten.

Eine vielfältige Landschaft bietet eine Diversität bezüglich Habitaten und Lebensräumen, welche von unterschiedlichen Arten genutzt werden können und ist daher für die Sicherung der Biodiversität unverzichtbar (unter anderem Kunz 2017; Lang und Blaschke 2007). Um landschaftliche Vielfalt in Maßzahlen auszudrücken, können die Diversitätsindizes nach Shannon und Weaver (1949) herangezogen werden. Diese beinhalten die Fülle einer Landschaft (wie viele Klassen treten im Verhältnis zur maximal möglichen Anzahl an Klassen auf?), die Diversität (wie hoch ist die Raumdiversität?), die Dominanz (welcher Klassentyp tritt dominant auf?) und die Gleichmäßigkeit (wie gleichmäßig ist die Klassenverteilung?).

Neben der Varianz unterschiedlicher Lebensräume beziehungsweise Landnutzungen ist auch die Verteilung im Raum dieser Lebensräume von Bedeutung, um die landschaftliche Qualität zu messen. Vorteilhaft ist eine möglichst geringe Klumpung, denn ein hoher Klumpungsgrad kann Ausdruck dafür sein, dass sich die einzelnen Landnutzungsklassen räumlich an wenigen Stellen konzentrieren und die Durchgängigkeit für einzelne Arten dadurch erschwert wird. Zudem kann ein hoher Klumpungsgrad Ausdruck für Landschaften mit einem hohen Anteil an Monokulturen sein, was für eine wenig vielfältige Landschaft spricht.

Anteil Öko-Landbau an den landwirtschaftlich genutzten Flächen

Maßgeblicher Treiber des Verlusts von Biodiversität ist neben der Flächenneuinanspruchnahme durch Siedlungs- und Verkehrsflächen die intensive wirtschaftliche Nutzung von Freiflächen. Mit einer intensiven Nutzung gehen oftmals fehlender Strukturreichtum, Monokulturen und ein hoher Pestizid-Einsatz einher. Die negativen Folgen zeigen sich unter anderem darin, dass gerade die im Offenland brütenden Vogelarten sowie Insekten stark bedroht sind (Bundesinformationszentrum Landwirtschaft 2022). Günstig für die Biodiversität sind daher extensiv bewirtschaftete Flächen (ebd.). Da Daten zum Grad der Nutzung (intensiv oder extensiv) nur schwer bis gar nicht zu beziehen sind, soll stellvertretend der Anteil

des Öko-Landbaus an den landwirtschaftlich genutzten Flächen herangezogen werden, da diese Daten flächendeckend verfügbar vorliegen. Nach Ökolandbau-Richtlinien bewirtschaftete Flächen werden in der Regel extensiver bewirtschaftet, arbeiten mit Fruchtfolgen und verzichten weitestgehend auf Pestizide. Daher kann davon ausgegangen werden, dass ein höherer Anteil an Öko-Landbau-Flächen für eine nachhaltigere Landnutzung spricht.

Erhaltungszustand Gewässer

Mit der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde auf europäischer Ebene eine klare Zielsetzung formuliert: Bis 2027 ist für alle Oberflächengewässer ein guter ökologischer und guter chemischer Zustand und im Grundwasser ein guter chemischer sowie ein guter mengenmäßiger Zustand zu erreichen (WRRL 2000). Die Gründe hierfür liegen in der hohen ökologischen Bedeutung von Gewässern für Natur und Umwelt zum einen, zum anderen erfüllen Gewässer lebensnotwendige Funktionen für den Menschen. Oberflächengewässer in einem guten ökologischen und chemischen Zustand sind aus mehreren Gründen wichtig für eine nachhaltige Entwicklung: Zum einen sind zahlreiche Tier- und Pflanzenarten hierauf angewiesen. Zum anderen sind naturnahe Auen und Fließgewässer in der Lage, Kohlenstoff aus der Luft aufzunehmen und zu speichern sowie Hoch- und Niedrigwasserstände zu regulieren. Sie tragen damit sowohl zum Klimaschutz als auch zur Klimaanpassung bei (BMUV und UBA 2022). Vor dem Hintergrund des Klimawandels tritt zudem die Bedeutung des Grundwassers nochmal deutlicher hervor, denn auch in Deutschland kann in Zukunft der Zugang zu sauberem Trinkwasser zu einer drängenden zu klärenden Fragestellung werden. Ziel muss es also sein, sowohl die Qualität als auch die Quantität des Grundwassers zu erhalten und gegebenenfalls zu verbessern. Als messbare Größen lassen sich jeweils der Anteil der Oberflächengewässer und des Grundwassers im mindestens guten Erhaltungszustand an der Gesamtheit der Oberflächengewässer und des Grundwasserkörpers je Gebietseinheit heranziehen.

Randliniendichten

Übergangsbereiche zwischen zwei verschiedenartigen Lebensräumen (sogenannte Ökotone) sind ein wichtiges Qualitätsmerkmal für die Biodiversität einer Landschaft, da hier vielfältigere

Lebensraumbedingungen vorherrschen als innerhalb der einzelnen Lebensräume. Insbesondere Gehölzsäume bieten einen Lebensraum für viele Lebewesen, die sich nicht im Offenland ansiedeln würden oder die ein Rückzugsgebiet, beispielsweise zum Überwintern, benötigen (Schmieder und von Schnakenburg 2007). Das bedeutet, die Biodiversität innerhalb einer landschaftlichen Einheit steigt mit steigenden Randeffekten. Als Messgröße wird in der Regel die sogenannte Randliniendichte herangezogen, wofür die Summe der Randlinien ins Verhältnis zur Größe der Gebietseinheit gesetzt wird. Als Randlinie werden dabei nur Gehölz- und Waldränder, Baumreihen und Hecken gezählt, da ansonsten zerschneidende Elemente wie Straßen die Randliniendichte erhöhen würden, obwohl diese abträglich für die Biodiversität sind.

Hemerobie

Die Hemerobie stellt nach Sukopp (1972) die „Gesamtheit aller Eingriffe des Menschen in den Naturhaushalt“ dar (ebd.: 113). Aus ihr lassen sich Aussagen zur Naturnähe einer Landschaftseinheit ableiten. Naturnahe Landschaften gelten als ökologisch wertvoll, da hier von intakten Ökosystemen ausgegangen werden kann. Mit einem zunehmenden anthropogenen Einfluss sind naturnahe Flächen massiv in ihrer Existenz bedroht. Um die Hemerobie in einer Landschaftseinheit zu messen, findet ein Abgleich der aktuellen Flächennutzung mit der potenziell natürlichen Vegetation (pnV) statt (Stein 2011). Die pnV beschreibt die Vegetation, die sich einstellen würde, würde jeglicher menschlicher Einfluss unterbunden. Dadurch fließen auch irreversible menschliche Einflüsse in die Beurteilung der Hemerobie einer Landschaftseinheit mit ein (ebd.). In der Regel wird für die Bestimmung der Hemerobie das digitale Landschaftsmodell 1:25.000 (Basis-DLM) für die Flächennutzung herangezogen. Da in diesem Datenmodell allerdings die Intensität der jeweiligen Flächennutzung nicht mit abgebildet wird, müssen weitere Datenquellen herangezogen werden. Im Siedlungsbereich wird hier noch zusätzlich auf eine Abschätzung des Versiegelungsgrades zurückgegriffen, im Freiraum können Biotoptypenkartierungen die notwendigen Zusatzinformationen liefern, wobei diese noch nicht flächendeckend für alle Bundesländer vorliegen.

Gewichtete Zersiedelung

Die Zersiedelung einer Landschaft beschreibt das Phänomen einer verstreuten urbanen Entwicklung in der freien Landschaft, welche auch optisch wahrnehmbar ist (Lang und Blaschke 2007). In einer stark zersiedelten Landschaft verteilen sich meist monofunktionale, dünn besiedelte und vom motorisierten Individualverkehr (MIV) abhängige Siedlungskörper unstrukturiert im Raum. Die negativen Folgen eines hohen Zersiedelungsgrads sind zahlreich: Zum einen steht damit ein hoher Zerschneidungsgrad der Landschaft im direkten Zusammenhang (stark zersiedelte Landschaften sind in der Regel stark zerschnitten, siehe hierzu den Indikator Zerschneidungsgrad der Landschaft), zum anderen geht eine disperse Siedlungsentwicklung mit einer hohen Flächenneuanspruchnahme einher, da die Entwicklung oftmals mit einer zu geringen städtebaulichen Dichte stattfindet, welches gleichzeitig hohe Infrastrukturkosten pro Kopf bedeutet (Wende und Walz 2017). Langfristig gesehen ist in solchen monofunktionalen, dispersen Strukturen insbesondere in Räumen mit stagnierender bis schrumpfender Bevölkerung mit einem erhöhten Leerstandsrisiko zu rechnen, was die Effizienz der Auslastung von Gebäuden und Infrastrukturen weiter senkt. Eine Messkonzept für den Zersiedelungsgrad einer Landschaft, welches ursprünglich in der Schweiz entwickelt wurde, ist die gewichtete Zersiedelung (Schwick et al. 2010). Es beinhaltet die drei Teilkomponenten urbane Durchdringung, gewichtete Dispersion und gewichtete Ausnutzungsdichte der Siedlungsfläche, welche zu einem Gesamtindex multipliziert werden. Die urbane Durchdringung beschreibt das Produkt aus dem Anteil der Siedlungsfläche einer Gebietseinheit und der Streuung der Siedlungskörper. Die mittlere Streuung, also die räumliche Anordnung von Siedlungskörpern, ist die gewichtete Dispersion und die Ausnutzungsdichte ist das Verhältnis von Siedlungsfläche zu Wohn- und Arbeitsplätzen (Schwick et al. 2010).

Formkomplexität der Siedlungskörper

Aus Sicht der Ressourceneffizienz spielt die Form der einzelnen Siedlungskörper eine große Rolle. Die Ressourceneffizienz ist dann besonders hoch, wenn der einzelne Siedlungskörper eine möglichst kompakte, wenig zerlappte Form aufweist (Domhardt et al. 2021). Die ideale geometrische Standardform wäre ein Kreis, da hier die



Abb. 07 Darstellung des Shape-Indexes Formkomplexität.
Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-
DE/LGB, dl-de/by-2-0

Innenfläche im Verhältnis zum Umfang maximal ist, sie wird daher einer Quantifizierung der Formkomplexität als Vergleichsnorm zu Grunde gelegt. Je weiter sich der errechnete Wert von dieser Norm entfernt, desto zerlappter ist der einzelne Siedlungskörper. In der Literatur werden unterschiedliche Ansätze zur Bestimmung der Formkomplexität diskutiert. Ein einfaches Ins-Verhältnis-Setzen von Umfang zu Fläche ist dabei nicht ausreichend, da dieses Verhältnis stark von der Größe des einzelnen Patches beeinflusst wird und Vergleiche dadurch erschwert werden, weshalb es einer Indexierung bedarf (Lang und Blaschke 2007). Dies geschieht mit Hilfe des sogenannten Shape-Indexes, der die Abweichung der Form des einzelnen Patches von der idealen Kreisform beschreibt. Je größer der errechnete Wert, desto größer ist die Abweichung zur Kreisform. Da es sich bei den errechneten Werten um dimensionslose Zahlen handelt, ist der Shape-Index insbesondere für Vergleiche unterschiedlicher Siedlungskörper untereinander geeignet.

Nutzungsmosaik Siedlung

Neben der kompakten Stadt ist die gemischte Stadt ein weiterer Bestandteil einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung. Die Mischung bezieht sich dabei sowohl auf soziale Strukturen als auch auf Nutzungsstrukturen. Gemischte Nutzungsstrukturen ermöglichen kurze Wege, da Wohnen, Arbeiten, Freizeitaktivitäten und Mobilität nahe beieinander liegen (Domhardt et al. 2021).

Im Idealfall werden nicht mehr als 15 Minuten Fußweg benötigt, um den alltäglichen Dingen nachgehen zu können, wodurch die Nutzung des MIV reduziert wird, ergo auch CO₂- und Schadstoffemissionen, Lärm und monofunktionale Parkplatzflächen (siehe auch Indikator Erreichbarkeit). Äquivalent zum Nutzungsmosaik im Bereich Freiraum lässt sich dieses auch für den Siedlungsbereich bestimmen. Als geeignete Bezugsgröße im Siedlungsbereich werden hierfür Quartiere herangezogen und so je Quartier die Diversität und die Klumpung einzelner Flächennutzungen beurteilt. Dabei sind Quartiere mit hoher Diversität und geringer Klumpung als nachhaltiger einzustufen als monofunktional geprägte Quartiere. Quartiere mit hoher Nutzungsmischung und kurzer Erreichbarkeit von Infrastruktur-Einrichtungen (siehe Indikator Erreichbarkeiten) haben maßgeblichen Einfluss auf die soziale Mischung und Stabilität. Entgegen der häufigen Annahme, dass mit Hilfe entsprechender räumlicher Sanierungsmaßnahmen die räumliche Konzentration von armutsgefährdeten Bevölkerungsgruppen aufgehoben oder zumindest verringert werden kann, hat das Vorhandensein von relevanten Infrastrukturen zum Wohnen, Arbeiten, Versorgen und zur Freizeitnutzung einen weitaus größeren Einfluss auf die Quartiersentwicklung (Schnur et al. 2020). Sanierungsmaßnahmen hingegen führen eher zu einer verstärkten Segregation und Verschlechterung der individuellen Notlage, da mit der Aufwertung von Quartieren oftmals eine Erhöhung der Mietpreise einhergeht (ebd.).

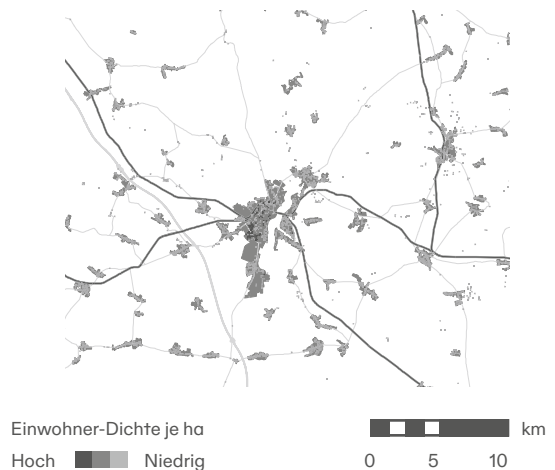


Abb. 08 Darstellung der Einwohnerdichte je Hektar.
Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-
DE/LGB, dl-de/by-2-0

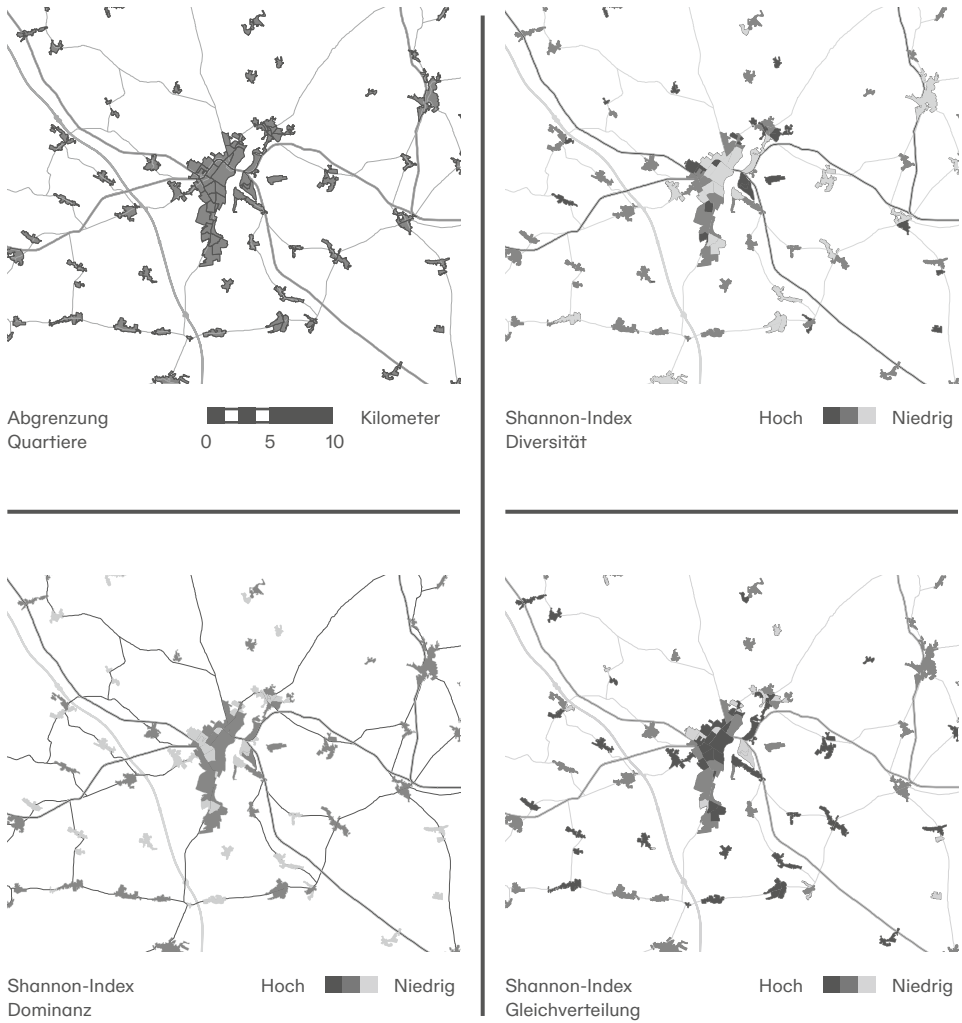


Abb. 09 Darstellung der Shannon-Indizes Diversität, Dominanz und Gleichverteilung.
Eigene Darstellung unter Nutzung von © GeoBasis-DE/LGB, dl-de/by-2-0

Einwohnerdichte

Bestandteil einer nachhaltigen Siedlungsentwicklung ist es, die Siedlungsflächen möglichst effizient zu nutzen, wozu unter anderem die Einwohnerdichte gehört. Eine hohe Einwohnerdichte kann sowohl für eine verdichtete Bauweise oder eine hohe Belegungsichte der einzelnen Wohneinheiten sprechen. Beides sind maßgebliche Faktoren, wenn es um die Eingrenzung der Flächenneuanspruchnahme an den Siedlungsrändern geht (Domhardt et al. 2021). Neuere Studien belegen eindrücklich, dass das freistehende Einfamilienhaus der maßgebliche Treiber für die Flächenneuanspruchnahme ist, da hier eine meist lockere Bebauung auf eine geringe Belegungsichte trifft (Erhardt et al. 2023). Des Weiteren sind hohe Siedlungsdichten positiv zu beurteilen, wenn es um die Aufrechterhaltung von Infrastruktureinrichtungen wie beispielsweise Lebensmitteleinzelhandel, Ärzte oder ÖPNV-Angebote geht, da mit hohen Siedlungsdichten die kritische Masse an Nutzer:innen erreicht werden kann, sodass sich der Betrieb dieser Einrichtungen lohnt (Domhardt et al. 2021). Mit der Zensus-Erhebung 2011 stehen erstmals sehr kleinräumige Daten zur Einwohnerdichte zur Verfügung (Statistische Ämter des Bundes und der Länder 2020).

Diese auf 1-Hektar-Raster modellierten Daten lassen räumlich detailliertere Rückschlüsse zu auf die Aggregation der Gemarkungs- oder Gemeindeebene und können dennoch zum Beispiel auf Quartiersebene zusammengefasst werden.

Vielfalt gewerbliches Angebot

Sowohl Corona als auch der Angriffskrieg auf die Ukraine haben aufgezeigt, dass Vielfalt auch im Wirtschaftssektor zur Resilienz einer Stadt / Kommune beiträgt. Die Verteilung der Wirtschaftsstruktur auf mehrere Standbeine kann dabei helfen, den Ausfall eines Sektors aufgrund äußerer, nicht beeinflussbarer Faktoren aufzufangen. Damit hängt nicht nur die finanzielle Ausstattung einer Stadt oder Kommune zusammen, sondern zum Beispiel auch das Angebot an Arbeitsplätzen.

Wahlmöglichkeit Umweltverbund

Im Bereich Mobilität ist der Umstieg vom MIV auf den Umweltverbund ein wesentlicher Nachhaltigkeitsaspekt (weniger CO₂-, Feinstaub- und Lärmbelastung, geringere Flächenneuanspruchnahme, mehr Aufenthaltsqualität im öffentlichen Raum).

Wichtig ist hierbei, dass der Komfort, den der eigene PKW bietet, durch den Umweltverbund abgedeckt werden kann, das heißt eine hohe zeitliche und räumliche Flexibilität, Zuverlässigkeit und geringe Kosten. Planerischer Gestaltungsspielraum liegt hierbei im Bereich der Flexibilisierung von Mobilitätsangeboten, welche sich zum einen durch die Erreichbarkeit von Einrichtungen des Umweltverbundes (siehe entsprechenden Indikator), durch Güteklassen für den öffentlichen Verkehr (ÖV-Güteklassen, siehe entsprechenden Indikator) und durch Wahlmöglichkeiten des Umweltverbundes beschreiben lassen. Die Annahme, die den Wahlmöglichkeiten zu Grunde liegt, ist, dass der Anreiz, den Umweltverbund zu nutzen, höher ist, wenn eine größere Auswahl bei der Verkehrsmittelwahl besteht. Demnach verzichtet eine Person eher auf die Nutzung eines PKWs, wenn sie weiß, dass zum Beispiel alternativ zum Bus ein E-Bike bereitsteht oder der Schienenpersonennahverkehr (SPNV) genutzt werden kann. Mehr als die Hälfte der mit dem PKW zurückgelegten Strecken sind kürzer als fünf Kilometer und würden sich daher besonders eignen, mit dem Fahrrad zurückgelegt zu werden. Daher ist davon auszugehen, dass ein vielfältiges Angebot an alternativen Verkehrsmitteln im direkten Wohnumfeld (siehe Indikator Erreichbarkeiten) Anreize setzen kann, auf den Umweltverbund umzusteigen.

ÖV-Güteklassen

Die ÖV-Qualität wird maßgeblich von zwei Faktoren bestimmt: zum einen der Taktung und zum anderen der Erreichbarkeit der Haltestelle (siehe hierzu den Indikator Erreichbarkeit). Die Motivation, auf den Öffentlichen Verkehr (ÖV) umzusteigen, ist dann hoch, wenn eine Person eine Haltestelle in fußläufiger Distanz erreichen kann und wenn die Taktung so hoch ist, dass keine langen Wartezeiten entstehen, wodurch auch Qualitätsverluste aufgrund von Umstiegen gemindert werden (Seisenberger et al. 2023). Das Konzept der ÖV-Güteklassen vereint diese beiden Faktoren in einem Indikator und beschreibt damit die Erschließungsqualität eines Gebiets durch den ÖV. Aufgrund der räumlichen und flächendeckenden Aussagen, die mit Hilfe dieses Indikators getroffen werden können, kann er mit weiteren räumlichen Merkmalen wie beispielsweise der Bevölkerungsverteilung verschnitten werden, sodass eine enge Verzahnung zwischen Verkehrs- und Siedlungsentwicklung entsteht (ebd.).

Für die Ermittlung der ÖV-Gütekasse wird zunächst eine Kategorisierung der einzelnen Haltestelle vorgenommen, die abhängig ist von der Taktung und des angebotenen Verkehrsmittels. Diese Information wird mit der Zeit-Isochronen um diese Haltestelle verschnitten und so die Güteklasse ermittelt.

Erreichbarkeit diverser Infrastrukturen

Die Zugänglichkeit von diversen Infrastrukturen für sämtliche Bevölkerungsgruppen stellt eine Grundvoraussetzung für eine gerechte Stadt dar (Schnur et al. 2020). Jeder Mensch sollte in einer Stadt möglichst barrierefrei und fußläufig Ziele des täglichen Bedarfs erreichen können. Als Ziele des täglichen Bedarfs zählen insbesondere innerstädtische Grünflächen, außerstädtische Erholungseinrichtungen, Einrichtungen der Daseinsvorsorge und Mobilitätsangebote. Diese werden im Folgenden weiter erläutert.

Spätestens in der Corona-Pandemie 2020 mit unter anderem Home-Office und Reisebeschränkungen wurde die Bedeutung des lokalen Wohnumfelds und insbesondere der wohnortnahen innerstädtischen Grünflächen für einen Großteil der Bevölkerung deutlich. Viele Freizeit-Aktivitäten mussten zwangsweise „vor die Haustüre“ verlegt werden, insbesondere dann, wenn kein privates Grün, beispielsweise in Form eines eigenen Gartens oder Gartengrundstücks dafür zur Verfügung stand. Neben dem Wert innerstädtischer Grünflächen für die Ausübung von Freizeitaktivitäten haben diese Flächen eine positive Wirkung auf die Gesundheit der Menschen und tragen maßgeblich zur Verbesserung des Stadtklimas bei (Bott et al. 2018). So konnte mit Studien belegt werden, dass Krankenhaus-Patient:innen mit Blick auf Grünflächen schneller gesundeten als Patient:innen mit Blick auf den Innenhof des Krankenhauses (Schlicht 2018).

Zudem hat eine gleichmäßige Verteilung von Grünflächen innerhalb einer Stadt größere positive Effekte auf das Stadtklima als wenige gebündelte Grünflächen, da sie für eine gleichmäßigere Durchlüftung sorgen (Bott et al. 2018). Die Bedeutung der innerstädtischen Grünflächen steigt mit der zunehmenden Entfernung zum Rand der Siedlungskörper, da hier der Aufwand, den außerstädtischen Freiraum zu erreichen, deutlich erhöht ist.

Insbesondere für Mittelstädte spielen aufgrund ihrer Größe nicht nur die innerstädtischen Grünflächen eine große Rolle für die wohnortnahe Er-

holungsqualität, sondern auch die Erreichbarkeit von Erholungseinrichtungen außerhalb des Siedlungskörpers. Als Erholungseinrichtung kommen sowohl linienförmige als auch punktuelle Einrichtungen in Frage. Dazu zählen neben ausgewiesenen Wander- und Radwegen, Points of Interest (PoIs), die der Erholungsnutzung zuordenbar sind.

Als Ergänzung zum Nutzungsmosaik im Siedlungsbereich (siehe entsprechenden Indikator) muss die Erreichbarkeit von Daseinsvorsorgeeinrichtungen gesehen werden. Unter Daseinsvorsorgeeinrichtungen werden Einrichtungen verstanden, die eine Person täglich oder zumindest in einem häufigen, wiederkehrenden Turnus aufsucht. Dazu zählen: Einrichtungen der Kinderbetreuung (KiGa oder KiTa), Grundschulen, weiterführende Schulen, Hausarztpraxen, Apotheken und Lebensmitteleinzelhandel. Bezüglich der Abgrenzung bilden weiterführende Schulen eine Ausnahme. Hierbei handelt es sich um Einrichtungen mit einem regionalen Einzugsbereich, weshalb andere Erreichbarkeitsstandards angelegt werden müssen. Hierfür wird eine Fahrrad-Erreichbarkeit von bis zu 30 Minuten angesetzt, was in etwa einem Einzugsbereich von zehn Kilometern entspricht. Diese Schwelle stellt einen Kompromiss zwischen ausreichend großen Einzugsgebieten und angemessener Fahrrad-Distanz dar.

Ausblick: Die kleine Mittelstadt mit ihrer Region als Fallstudie

Im weiteren Verlauf der Forschungsarbeit ist geplant, ein erstes Set an Raumbildern auf Basis der hier aufgeführten Indikatoren zu erstellen, welches den Ist-Zustand des Untersuchungsraums widerspiegelt. Für die analytischen Schritte wird eine GIS-Software genutzt, die grafische Aufarbeitung erfolgt mit Grafikprogrammen. Die Visualisierung der Indikatoren bildet die jeweiligen räumlichen Strukturen und Verteilungsmuster ab und ermöglicht Vergleiche und Überlagerungen der einzelnen Indikatoren, um Hypothesen und Wissen generieren zu können (de Lange 2020). Dieses erste Set an Raumbildern soll im Rahmen von Expert:innen-Workshops im Hinblick auf Vollständigkeit, Verständlichkeit und Plausibilität der Indikatoren diskutiert werden.

Zugleich dient dieser Ist-Zustand als Basis für Diskussionen über die Zukunft des Untersuchungsraums. Mit Hilfe von zu entwickelnden Methoden wie kartengestützten Interviews und ko-kreativem Kartieren sollen Raumbilder für die zukünftige Entwicklung gestaltet werden. Die dadurch gewonnenen Erkenntnisse dienen zum einen der Fallstudien-Mittelstadt als Grundlage für die weitere kommunale Arbeit, zum anderen fließen sie im Sinne einer Iterationsschleife in die bisherige Forschungsarbeit ein, um die entstandenen Raumbilder sowohl inhaltlich als auch räumlich zu reflektieren und weiter zu verbessern.

Den Untersuchungsraum stellt eine kleine Mittelstadt mit ihrer Region (Maßstabsbereich zwischen 1:25.000 und 1:50.000). Mittelstädte sind in der raumbezogenen Forschung vergleichsweise unterrepräsentiert. Die meisten Forschungsschwerpunkte liegen entweder auf Großstädten und deren Verdichtungsräumen oder auf Kleinstädten, bevorzugt im ländlich-peripheren Raum. Mittelstädte wurden in der Vergangenheit eher in Bezug auf Schrumpfungsprozesse untersucht (Adam und

Blätgen 2019). Die vergangenen Jahre haben jedoch gezeigt, dass Mittelstädte wichtige Funktionen in ihrem Umland übernehmen, die je nach Raumkategorie, Metropolnähe, speziellen Ausstattungsmerkmalen (wie Hochschulen) oder auch der individuellen Historie unterschiedlich sein können (ebd.). Eine solche wichtige Funktion könnten kleine Mittelstädte auch in Bezug auf eine nachhaltige Entwicklung einnehmen und so zu Vorreiterinnen werden. Mittelstädte sind aufgrund ihrer Größe sowohl überschaubar genug als auch groß genug, um die notwendigen räumlichen Zusammenhänge einer nachhaltigen Entwicklung aufspüren und aufzeigen zu können. Das bedeutet, kleine Mittelstädte bieten eine passende Körnung und Maßstäblichkeit für Raumbilder einer nachhaltigen Raumentwicklung.

Sie weisen zugleich enge regionale Verflechtungen auf, deren Betrachtung maßgeblich ist, da es für eine nachhaltige Entwicklung sowohl interdisziplinärer als auch überörtlicher Strategien bedarf, die auf der regionalen Ebene zu finden sind (Vallée 2012).

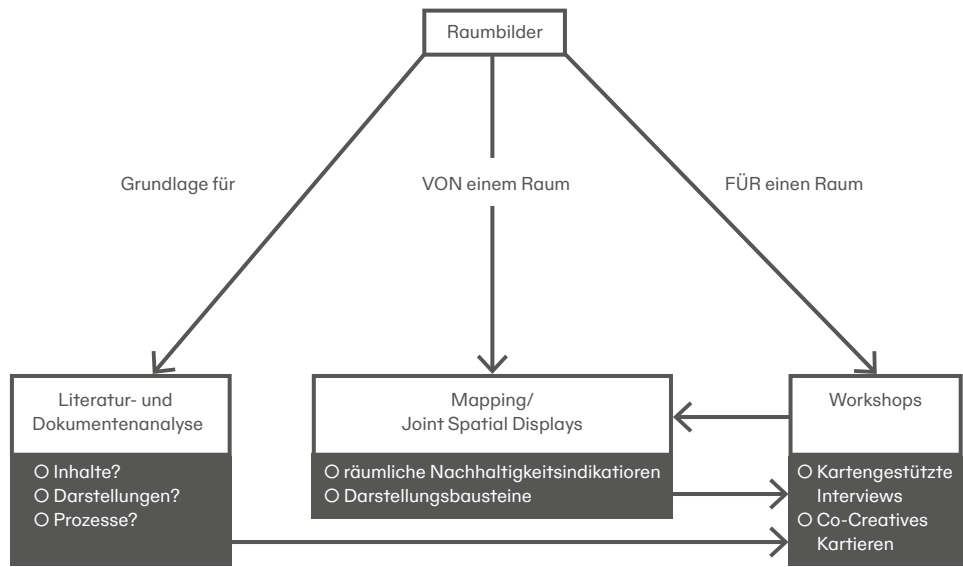


Abb. 10 Einsatz von Raumbildern. Eigene Darstellung

- Adam, B. & Blätgen, N. (2019): Bevölkerungsdynamik und Innenentwicklung in Mittelstädten (BBSR-Analysen KOMPAKT) (Band 10).
- Akademie für Raumforschung und Landesplanung & Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.) (2000): Nachhaltigkeitsprinzip in der Regionalplanung: Handreichung zur Operationalisierung (Forschungs- und Sitzungsberichte / Akademie für Raumforschung und Landesplanung). Hannover: Verl. der ARL.
- Berchtold, M. (2016): Sich ein Bild machen – Die Rolle von GIS als Werkzeug bei Aufgaben in Räumen mit unklarer Problemlage. Karlsruher Institut für Technologie (KIT). <https://doi.org/10.5445/IR/1000060125>, Zugriff am 16.8.2023
- BMUV/UBA (2022): Die Wasserrahmenrichtlinie – Gewässer in Deutschland 2021. Fortschritte und Herausforderungen. Bonn, Dessau.
- Bott, H., Grassl, G. C. & Anders, S. (2018): Nachhaltige Stadtplanung. Lebendige Quartiere – Smart cities – Resilienz (Zweite Auflage (überarbeitet und aktualisiert)). München: DETAIL Business Information GmbH.
- Bundesinformationszentrum Landwirtschaft (2022): Wie beeinflusst die Landwirtschaft die Artenvielfalt? <https://www.landwirtschaft.de/diskussion-und-dialog/umwelt/wie-beinflusst-die-landwirtschaft-die-artenvielfalt>, Zugriff am 16.8.2023
- Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (Hrsg.) (2021): Neue Leipzig-Charta: die transformative Kraft der Städte für das Gemeinwohl. Bonn: Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR).
- Die Bundesregierung (2023a): Die 17 globalen Nachhaltigkeitsziele verständlich erklärt. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/nachhaltigkeitsziele-erklart-232174>, Zugriff am 16.8.2023
- Die Bundesregierung (2023b): Ziele für nachhaltige Entwicklung – Leben an Land. <https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/nachhaltigkeitspolitik/leben-an-land-1642288>, Zugriff am 16.8.2023
- Domhardt, H.-J., Mangels, K., Wahrhusen, N., Wieschmann, S. & Jacoby, C. (2021): Kompakte, umweltverträgliche Siedlungsstrukturen im regionalen Kontext. Dessau-Roßlau. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_175-2021_kompakte_umweltvertraegliche_siedlungsstrukturen_im_regionalen_kontext_abschlussbericht.pdf, Zugriff am 16.8.2023
- Eder, J. (2022): Grundlagen der Datenvisualisierung: Daten und Diagramme für eine evidenzbasierte Stadt- und Regionalentwicklung (utb Regionalgeographie). In: M. Heintel & Y. Franz (Hg.): Kooperative Stadt- und Regionalentwicklung. Wien: facultas, 157–183.
- Erhardt, D. & Eichhorn, S. (2023): Flächenneuanspruchnahme durch Einfamilienhausgebiete – Empirische Ergebnisse in Regionen mit nicht angespannten Bodenmärkten. Gehalten auf der DFNS 2023, Dresden. https://zenodo.org/record/8086978/files/Ehrhardt_Eichhorn_DFNS2023_Fl%C3%A4chenanspruchnahme%20durch%20EFHGebiete.pdf?download=1, Zugriff am 16.8.2023
- Hajer, M. & Versteeg, W. (2019): Imagining the post-fossil city: why is it so difficult to think of new possible worlds? Territory, Politics, Governance, 7(2), 122–134. <https://doi.org/10.1080/21622671.2018.1510339>, Zugriff am 16.8.2023
- IBA Thüringen GmbH (2016): Zukunftsstadt Nordhausen. https://iba-thueringen.de/static/downloads/publikationen/Dokumentation_IBA_Zukunftsstadt_Nordhausen.pdf, Zugriff am 16.8.2023
- IÖR (2021): Planungslabor Raumbilder Lausitz 2050 – Nachhaltige Transformation entwerfen. Dresden. https://transformation-lausitz.ioer.eu/fileadmin/user_upload/transformation-lausitz/files/raumlabor_dokumente/012022_ergebnisse_raumbilder_lausitz.pdf, Zugriff am 16.8.2023
- Jaeger, J. (2004): Landschaftszerschneidung. In: U. Hampicke, R. Böcker & W. Konold (Hrsg.): Handbuch Naturschutz und Landschaftspflege. Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 1–30. <https://doi.org/10.1002/9783527678471.hbnl2003014>, Zugriff am 16.8.2023
- Kühn, M. (2008): Strategische Stadt- und Regionalplanung. Raumforschung und Raumordnung, 66(3), 230–243. <https://doi.org/10.1007/BF03183159>, Zugriff am 16.8.2023
- Kunz, W. (2017): Artenschutz durch Habitatmanagement: der Mythos von der unberührten Natur. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Lang, S. & Blaschke, T. (2007). Landschaftsanalyse mit GIS. <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838583471>, Zugriff am 16.8.2023
- de Lange, N. (2020): Geoinformatik in Theorie und Praxis: Grundlagen von Geoinformationssystemen, Fernerkundung und digitaler Bildverarbeitung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-60709-1>, Zugriff am 16.8.2023
- Rhein-Erft-Kreis. (2023): Projekt Nachwuchs. <https://www.nachwuchs-projekt.de/>, Zugriff am 16.8.2023
- Schlicht, W. (2018): Grün macht gesund. GG digital. <https://www.gg-digital.de/2018/04/gruen-macht-gesund/index.html>, Zugriff am 16.8.2023
- Schmieder, K. & von Schnakenburg, P. (2007): Anwendung von Landschaftsmaßen zur Analyse des Landschaftswandels am Beispiel des Raichberges (Schw. Alb). Nr. 17. Stuttgart, 205–220. https://www.uni-hohenheim.de/fileadmin/einrichtungen/ecology/Dateien/Inst-Ber_17/14_NEU_Schmieder_Schnaken_205-220.pdf, Zugriff am 16.8.2023
- Schnur, O., Krüger, K. & Reh, C. (2020): Quartiereffekte und soziale Mischung. Nr. 48. https://www.vhw.de/fileadmin/user_upload/08_publikationen/werkSTADT/PDF/vhw_werkSTADT_Quartiereffekte_Nr_48_2020.pdf, Zugriff am 16.8.2023
- Schwick, C., Jaeger, J., Bertiller, R. & Kienast, F. (2010): Zersiedelung der Schweiz – unaufhaltsam? Quantitative Analyse 1935 bis 2002 und Folgerungen für die Raumplanung (Bristol-Schriftenreihe). Bern [Stuttgart]: Haupt.
- Seisenberger, S. (2023): Die ÖV-Güteklassen als Mittel zur Identifizierung von Potenzialflächen für eine nachhaltige Siedlungs- und Mobilitätsentwicklung. Gehalten auf der DFNS 2023, Dresden. https://zenodo.org/record/8095999/files/Seisenberger_DFNS2023_OEV-Gueteklassen.pdf?download=1, Zugriff am 16.8.2023
- Stadt Angermünde (2023): Insek Angermünde. <https://www.angermuende.de/bauen/insek/>, Zugriff am 16.8.2023
- Stein, C. (2011): Hemerobie als Indikator zur Landschaftsbewertung – eine GIS-gestützte Analyse für den Freistaat Sachsen. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/2.1.2336.4162>, Zugriff am 16.8.2023
- United Nations: (o.J.): The 17 goals. <https://sdgs.un.org/goals>, Zugriff am 16.8.2023
- Vallée, D. (Hrsg.) (2012): Strategische Regionalplanung (Forschungs- und Sitzungsberichte der ARL). Hannover: ARL.
- Wasserrahmenrichtlinie. (2000, Dezember 22). WRRLL.
- Weiß, D., Rehorst, F. & Kötter, T. (2019): Nachhaltigkeitsindikatoren für die stadregionale Entwicklung. In: M. Schrenk & Verein CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning (Hg.): Is this the real world? perfect smart cities vs. real emotional cities: REAL CORP 2019: proceedings of the 24th International Conference on Urban Planning, Regional Development and Information Society. Gehalten auf der REAL CORP, Wien, Österreich: Selbstverlag des Vereins CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning.
- Wende, W. & Walz, U. (Hrsg.) (2017): Die räumliche Wirkung der Landschaftsplanung: Evaluation, Indikatoren und Trends. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-13556-0>, Zugriff am 16.8.2023
- Wiechmann, T. (2019): Strategische Planung. Handwörterbuch der Stadt- und Raumentwicklung. Hannover, 2609–2621. <https://shop.arl-net.de/media/direct/pdf/HWB%202018/Strategische%20Planung.pdf>, Zugriff am 16.8.2023

