



/// Herausforderungen für das Bauwesen

„GRÜNES LICHT“ FÜR DIE ÖKOLOGISCHE TRANSFORMATION

WERNER LANG /// Klimawandel, Umweltzerstörung, Biodiversitätsverlust, Ressourcenverbrauch, Bevölkerungswachstum und zunehmende Urbanisierung sind zentrale Aufgaben unserer Zeit. Das Bauwesen spielt hierbei eine entscheidende Rolle: Es muss den CO₂-Ausstoß reduzieren, Städte, Quartiere und Gebäude dem Klimawandel anpassen und den Ressourceneinsatz von Boden, Material, Energie und Wasser grundlegend verringern.

Derzeit verbraucht der Gebäudesektor in Bayern rund 40 Prozent der eingesetzten Endenergie.¹ Weltweit sind rund 55 Prozent des Strombedarfs² und rund 1/3 der CO₂-Emissionen³ auf den Gebäudesektor zurückzuführen; das Bauwesen ist weltweit für ca. 12 Prozent des Wasserverbrauchs und europaweit für ca. 50 Prozent des Materialverbrauchs⁴ sowie

für 35 Prozent des Abfallaufkommens⁵ verantwortlich. Für den Erhalt und den Neubau von Gebäuden verbraucht Deutschland derzeit jährlich rund 450 Mio. Tonnen (ca. 5,6 t/Person) mineralische Rohstoffe wie Kies und Sand und mehr als 15,5 Mio. Tonnen (194 kg/Person) an Metallen wie Stahl, Aluminium und Kupfer.⁶ Täglich werden



in Deutschland rund 52 Hektar als Siedlungs- und Verkehrsflächen neu ausgewiesen;⁷ diese Flächen stehen damit nicht mehr für Nahrungsproduktion, ökologische Ausgleichsflächen, Erholung oder Wasserspeicherung zur Verfügung.

Der Gebäudesektor verbraucht ein **HOHES** Maß an Fläche, Energie und Rohstoffen.

Die Schieflage

In Anbetracht der derzeitigen Größe des ökologischen Fußabdrucks⁸ der Weltbevölkerung und der bereits heute spürbaren Überbeanspruchung der Biokapazität⁹ unseres Planeten um das mehr als

1,75-Fache¹⁰ sind das alarmierende Zahlen. Gerade in Industrienationen ist das Verhältnis zwischen dem ökologischen Fußabdruck und der dort vorhandenen Biokapazität zum Teil um ein Vielfaches ungünstiger als in Entwicklungs- und Schwellenländern. So überstieg 2017 in Deutschland unser ökologischer Fußabdruck unsere Biokapazität um mehr als das 3-Fache, in Japan um mehr als das 7,5-Fache, während in Brasilien 2017 der ökologische Fußabdruck deutlich unter der dortigen Biokapazität lag.¹¹

Mit der in den Entwicklungsländern besonders stark wachsenden Bevölkerung und dem zu erwartenden Streben nach einem höheren Lebensstandard, ist auch dort ein zunehmendes Missverhältnis zwischen der lokal vorhandenen Biokapazität und dem ökologischen Fußabdruck zu erwarten. Mögliche Konsequenzen sind ein global weiter rasch zunehmender CO₂-Ausstoß mit weitreichenden Folgen für das Weltklima.

ma sowie ein stark ansteigender Ressourcenverbrauch mit Folgen für die Verfügbarkeit von Boden, Rohstoffen, Energie und Wasser. Zu befürchten sind außerdem eine zunehmende Umweltverschmutzung und eine weiter sinkende Biodiversität.

Eine zeitnahe, tiefgehende und umfassende Transformation unserer Wirtschaft ist unerlässlich, um eine lebenswerte Zukunft für uns alle nachhaltig zu sichern. In diesem Sinne zielt das 2019 vorgestellte Konzept des „Green Deals“ der Europäischen Union darauf ab, die EU auf einen Weg hin zu einer klimaneutralen, fairen und wohlhabenden Gesellschaft mit einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu bringen.¹²

Herausforderung Bauen

Dies erfordert unter anderem, dass der Netto-Ausstoß von Treibhausgasen bis zum Jahr 2050 auf null reduziert und das Wirtschaftswachstum von der Ressourcennutzung entkoppelt wird. Zugleich ist die Regenerationsfähigkeit unserer Biosphäre zu sichern; das umfasst die „Gesamtheit der von Lebewesen besiedelten Schichten der Erde“¹³. Notwendig ist zudem ein grundlegend nachhaltiger Umgang mit immer knapper werdenden Ressourcen wie Boden, Rohstoffen, Energie, Wasser und Atmosphäre. Zwingend zu berücksichtigen sind dabei für unsere Existenz notwendige Grundlagen wie der Erhalt der Biodiversität¹⁴ unseres Planeten.

Im Sinne dieser Herausforderungen und den sich daraus ergebenden Anforderungen sind zeitnah Konzepte zu entwickeln und umzusetzen, die es ermöglichen, im gesamten Lebenszyklus von Gebäuden, Quartieren und Infrastruktureinrichtungen (Mobilität, Energie,

Im Bauwesen muss der ökologische Fußabdruck zukünftig grundlegend MINIMIERT werden.

Wasser etc.) den ökologischen Fußabdruck grundlegend zu minimieren.

Nachdem die für die Absorption unseres CO₂-Ausstoßes erforderliche Fläche den weitaus größten Anteil des ökologischen Fußabdrucks bestimmt,¹⁵ muss es unser Ziel sein, den im Bauwesen vorhandenen CO₂-Ausstoß weitgehend auf null zu verringern. Neben der Betriebsenergie für Heizen, Kühlen, Lüften und Kunstlicht ist auch der Anteil an „grauer Energie“ für Materialgewinnung, Errichtung und Rückbau im Hinblick auf den verursachten CO₂-Ausstoß zu berücksichtigen. Nötig ist ein grundlegend nachhaltiger Umgang mit den immer knapper und damit zunehmend wertvoller und wichtiger werdenden Ressourcen Boden, Rohstoffe, Energie, Wasser sowie Atmosphäre.

Dementsprechend müssen die Gebäude- und Stadtplanung und damit auch Infrastrukturplanung (Energie, Mobilität, Wasser, Grün, Blau, etc.) den gesamten Lebenszyklus berücksichtigen und darauf ausgerichtet werden:

- den Ausstoß von Treibhausgasen im Gebäudebestand bzw. Neubau zu minimieren,
- den Ausstoß von umwelt- und gesundheitsschädlichen Emissionen zu eliminieren,¹⁶
- den Einsatz nachwachsender Rohstoffe zu priorisieren,

- den Einsatz nichtnachwachsender Rohstoffe zu minimieren,
- Bauteile aus erneuerbaren und nicht-erneuerbaren Rohstoffen im Rahmen einer grundlegenden Kreislaufwirtschaft möglichst langfristig zu nutzen,
- die Wasserversorgung und -entsorgung als Kreislaufwirtschaft schadstofffrei zu gestalten,
- den natürlichen Wasserhaushalt zu erhalten,
- die Energieversorgung aller Sektoren zu 100 Prozent auf Basis erneuerbarer Energien zu gewährleisten,
- eine nachhaltige, emissionsfreie Mobilität sicherzustellen,
- Biodiversität grundlegend zu unterstützen,
- unbebaute Flächen wie Wiesen, Wälder, Ackerland und Gewässer von neuer Bebauung freizuhalten,
- Bodenversiegelung zu vermeiden und
- grüne Infrastruktur auch bei Nachverdichtung beziehungsweise Bauvorhaben zusichern und weiterzuentwickeln.

Bereits heute gibt es Methoden und Werkzeuge, welche die Umweltwirkungen analysieren und bewerten. So können Instrumente wie Ökobilanzierung, Lebenszyklusanalyse (LCA), thermische Gebäudesimulation und Lebenszykluskostenanalyse (LCC) die Planungs- und Entscheidungsprozesse maßgeblich unterstützen.

Gebäude-, Stadt- und Infrastrukturplanung müssen **NACHHALTIG ausgerichtet sein.**

Neben diesen für eine nachhaltige Zukunft zentralen Aufgaben sind übergeordnete Aspekte wie soziale Gerechtigkeit¹⁷, Gesundheit und das Sicherstellen einer entsprechenden Lebensqualität zu berücksichtigen, wie dies auch im „Green Deal“ der EU erfolgt.

Herausforderung Stadt

Städte unterstützen menschliches Wohlergehen in sozialer, kultureller, wirtschaftlicher, kommunikativer, energetischer und räumlicher Hinsicht. Dies umfasst die Sicherung des Lebensunterhalts, Gesundheitsversorgung, Bildungs-, Kultur- und Freizeiteinrichtungen sowie die Pflege von sozialen Beziehungen und Vieles mehr.

Diese Bedürfnisse zu befriedigen, kostet Ressourcen, was sich negativ auf unser Ökosystem sowie die Umwelt- und Lebensqualität in städtischen Gebieten auswirken kann. Aufgrund des hohen Energiebedarfs, der Ressourcenverknappung und der Treibhausgasemissionen unserer Gesellschaft ist der ökologische Fußabdruck von Städten derzeit sehr groß und erfordert dringende Maßnahmen. So weist der Nachhaltigkeitsbericht München bereits 2014¹⁸ darauf hin, dass die Einwohner Münchens mit rund 5,5gHa pro Kopf das in etwa 230-Fache des Stadtgebiets in Anspruch nehmen, während der bundesweite Durchschnitt 2014 bei 5,0gHa pro Person liegt. In Anbetracht der verfügbaren deutschlandweiten Biokapazität von 1,7gHa pro Kopf sind das besorgniserregende Zahlen.¹⁹

In Bezug auf die Stadt erfordert der fortschreitende Klimawandel besondere Aufmerksamkeit, denn die negativen Folgen werden sich vor allem für städtische Ökosysteme verstärken.²⁰ Hitzestress, Dürreperioden, extreme Nie-



Die Stadt als Ökosystem braucht zukünftig eine genügsame, konsistente und effiziente Ausrichtung ihrer Bau- und Wirkweise. Pflanzen sind dabei ein ganz wichtiges Element.

derschläge und Überschwemmungen wirken sich aufgrund des Hitzeinseleffekts und der hohen Konzentration von Menschen besonders stark auf die Lebensqualität in den Städten aus.²¹ Daher müssen Städte nachhaltiger und widerstandsfähiger werden, um auch in Zukunft die gesellschaftlichen Bedürfnisse ausreichend zu erfüllen und weiter eine hohe Lebensqualität zu bieten. Dazu muss der ökologische Fußabdruck von Städten grundlegend reduziert und ihre Widerstandsfähigkeit gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels wirkungsvoll verbessert werden.

Neben den genannten Aufgaben sind gesamtheitliche Ansätze für nachhaltige, widerstandsfähige städtische

Gebiete zu entwickeln, die soziale, ökologische und technische Systeme miteinander verbinden. Nachhaltigkeitsaspekte wie Suffizienz (Genügsamkeit), Konsistenz (hundertprozentig erneuerbare Energien und Rohstoffe) und Effizienz (unter anderem Kreislaufwirtschaft) sind gemeinsam zu denken und aufeinander abzustimmen.

Die Stadt ist ein Ökosystem, in dem Menschen, Pflanzen und Tiere in Wechselwirkung zueinander stehen. Die Lebewesen erbringen Ökosystemleistungen, die sich in der Stadt gezielt nutzen lassen, um „Versorgungsleistungen“ wie Nahrung, Wasser und Holz bereitzustellen und in Anspruch zu nehmen. Zum Wohlergehen der Städter tragen

auch „Regulierungsleistungen“ hinsichtlich des Klimas bei, also Verschattung und Verdunstungskälte durch Evapotranspiration von Pflanzen. Überschwemmungen gilt es zu vermeiden oder zumindest die Auswirkungen zu mildern; Flächen sind zu entsiegeln, Regenwasser ist aufzunehmen und zu speichern. Darüber hinaus steigern „kulturelle Leistungen“ von Pflanzen und Tieren in der Stadt den Erholungswert und bieten einen ästhetischen und spirituellen Nutzen. „Unterstützende Leistungen“ tragen zur Bodenbildung bei, sichern den Nährstoffkreislauf und fördern die Photosynthese.

Aufgrund der zunehmenden Bedeutung der von Pflanzen und Tieren erbrachten Ökosystemleistungen sind Grüne und Blaue Infrastruktur²² neu zu bewerten. Hierfür sind innerhalb unserer Städte dringend Flächen für die erforderliche Ausweitung von Grün- und Wasserflächen zu identifizieren.

Herausforderung Mobilität

Vor dem Hintergrund des Bevölkerungswachstums in urbanen Räumen und den Erfordernissen der Nachverdichtung vorhandener Stadträume sind der Flächenbedarf für Gebäude, grün-blaue Infrastruktur sowie Mobilität eng aufeinander abzustimmen. Um die Lebensqualität und das Stadtklima zu verbessern, muss neben zusätzlichem

Wohnraum die Möglichkeit im Vordergrund stehen, die Potenziale grün-blauer Infrastruktur zu nutzen.

Für die Lebensqualität in unseren Städten sind auch nachhaltige Mobilitätskonzepte ausschlaggebend. Dabei sind die Mobilitätsbedürfnisse der (Stadt-)Gesellschaft zu erfüllen und gleichzeitig umweltrelevante Emissionen wie Treibhausgase, Luftschadstoffe und Schallemissionen zu minimieren. Zudem müssen wertvolle Ressourcen wie Boden, Rohstoffe, Energie, Wasser und Biodiversität weitgehend geschont werden.

Derzeit verbraucht der Verkehrssektor in Deutschland rund ein Drittel der Energie und verursacht mehr als ein Viertel der Treibhausgasemissionen.²³ Hierbei zeigt der Vergleich der unterschiedlichen Mobilitätsformen, dass in der Stadt der motorisierte Individualverkehr mit Abstand die größten Umweltwirkungen im Hinblick auf Energieverbrauch, Treibhausgas- und Schadstoffemissionen hat.²⁴ Der momentan stark diskutierte Umstieg auf Elektromobilität im motorisierten Individualverkehr hat nur dann emissionsbezogene Vorteile, wenn der hierfür benötigte Strom regenerativ bereitgestellt wird.

Neben den Treibhausgas- und Schadstoffemissionen unterscheidet sich auch der Flächenbedarf unterschiedlicher Mobilitätsformen sehr. Während ein im Durchschnitt mit 1,4 Personen belegter PKW bei einer Geschwindigkeit von 30 km/h eine Fläche von ca. 65 m² beansprucht, ist der vergleichbare Wert bei einer Straßenbahn mit 5,5 m² und einem Bus mit 8,6 m² deutlich niedriger.²⁵ Zudem ist zu beachten, dass ein PKW im Durchschnitt rund 95 Prozent der Zeit, also rund 23 Stunden am Tag im öffentlichen Raum

Die Stadt als Ökosystem braucht die **WECHSELWIRKUNGEN all seiner Lebewesen.**

oder auf privaten Grundstücken geparkt wird.²⁶ Dies beansprucht je Fahrzeug rund 13,5 m² wertvoller Fläche.²⁷

Das Beispiel zeigt: Gerade die Frage der Bodennutzung muss in der Stadt neu verhandelt werden, um die umweltpolitischen Ziele der Europäischen Gemeinschaft und die Sicherung beziehungsweise Erhöhung der Lebensqualität unserer Städte zu erreichen.

MOBILITÄTSKONZEPTE brauchen eine Anpassung an die umweltpolitischen Ziele.

Ökologische Transformation

Die ökologische Transformation des Bauwesens und von Städten erfordert innovative, integrierte Denk- und Handlungsweisen, bei denen die grundlegenden menschlichen Bedürfnisse auf das Leistungsvermögen und die Belastbarkeitsgrenzen unserer Biosphäre abgestimmt werden. Hierzu ist ein grundlegender Wandel zwingend erforderlich. Ein bedeutender Schritt ist der im „Green Deal“ angelegte Handlungspfad zu einem CO₂-freien Kontinent.²⁸ Dieser sieht neben der drastischen Senkung der Treibhausgasemissionen einen grundlegenden Umbau unseres Wirtschaftssystems vor. Im Fokus stehen neben der Sicherung von Biodiversität die sozialen Bedürfnisse unserer Gesellschaft wie die Verbesserung der Gesundheit und Lebensbedingungen in Europa.

Im Hinblick auf die gebaute Umwelt bedeutet dies: Die Wechselwirkungen

von Gesellschaft, Ökologie und Ökonomie sind zu beachten; Zielkonflikte sind gesamtheitlich zu lösen, um folgende Herausforderungen zu meistern:

- Lebensqualität (inkl. Umweltqualität) und sozialen Zusammenhalt in urbanen Räumen sichern und verbessern,
- Energie- und Ressourcenverbrauch sowie Kohlenstoffverbrauch drastisch reduzieren,
- Resilienz urbaner Räume gegenüber den Auswirkungen des Klimawandels erhöhen und
- Biodiversität sichern.

Dies erfordert einen integrierten Planungs- und Handlungsansatz bis hin zu neuen Governance-Konzepten. Die genannten Aspekte gilt es von Anfang an gesamtheitlich zu betrachten und in enger Kooperation mit der Stadtgesellschaft zu entwickeln und umzusetzen.

Auf dem Weg zur „Grünen Stadt der Zukunft“

Ein aktuelles Beispiel für ein entsprechendes Vorgehen ist das unlängst abgeschlossene, interdisziplinäre Forschungsprojekt „Grüne Stadt der Zukunft“²⁹, bei dem praxisnahe Lösungsansätze zum Umgang mit Klimaschutz und Klimawandelfolgen in wachsenden Städten am Beispiel der Stadt München entwickelt wurden.³⁰ Die Projektgruppe untersuchte dabei im Rahmen alternativer Handlungsansätze die Potenziale von Klimaschutz und Klimaanpassung, wobei sie insbesondere auf die grünblaue Infrastruktur einging und dabei die Möglichkeiten untersuchte, die Stadtgesellschaft unmittelbar in Klimavorhaben einzubinden.³¹ Dabei wurden Anpassungsmaßnahmen entwickelt, die sich dafür eignen, auf Governance-, Ge-

bäude- und Freiraumebene Klimaschutz- und Klimaanpassungsmaßnahmen integriert umzusetzen, um Lebensqualität und Biodiversität in der Stadt zu erhöhen.

Strategien und Handlungsweisen

Aus den Ergebnissen lassen sich folgende Handlungshinweise ableiten:

- **Ökologische Qualität:** Gebäude können wesentlich zum Klimaschutz beitragen. Neben der Senkung des betrieblichen Energiebedarfs und dem weitgehenden Einsatz von erneuerbaren Energien sowie nachwachsenden Rohstoffen müssen auch die Umweltwirkungen berücksichtigt werden, die durch die verbauten Materialien erzeugt beziehungsweise verbraucht werden. Vor diesem Hintergrund sollten Bestandsgebäude erhalten, energetisch saniert und gegebenenfalls aufgestockt werden.
- **Frühzeitige Integration:** Klimaorientierte Belange und grüne, blaue und auch graue Maßnahmen müssen frühzeitig in den Planungsprozess integriert und ganzheitlich betrachtet werden. Nur so können klimaresiliente Quartiere der Zukunft erfolgreich umgesetzt werden. Obwohl die frühen Planungsphasen die wichtigsten sind, muss die Klimaorientierung aber auch in allen weiteren Planungsschritten konsequente

Berücksichtigung finden. Wichtig ist, auch die Zeit nach der Umsetzung der Maßnahmen zu betrachten wie zum Beispiel den Unterhalt der Grünanlagen.

- **Großbäume erhalten:** Großbäume vermindern Hitzestress im Außenbereich. Ersatzpflanzungen benötigen viele Jahrzehnte, um die Klimawirkung von Großbäumen zu erzielen.
- **Der Stellplatzbedarf für PKWs sollte durch Mobilitätsmaßnahmen und die dadurch mögliche Senkung des Stellplatzschlüssels vermindert werden, so dass Grünflächen geschaffen und auf Tiefgaragen weitgehend verzichtet werden kann.** Dies trägt zur Flächenentsiegelung bei und unterstützt die Optionen für die Pflanzung von Großbäumen.
- **Fußläufig erreichbare schattige Grünflächen:** Besonders in dichten und versiegelten Quartieren sind fußläufig erreichbare Grünflächen oder begrünte Innenhöfe zu erhalten und wo möglich auszubauen.
- **Analyse Hitzestressverteilung und Durchlüftung:** Gebäude und sogar auch Bäume können die Wirkung von Durchlüftungsachsen reduzieren und somit vor allem die nächtliche Abkühlung stören. Liegen thermische und Durchlüftungsanalysen vor, können Bäume strategisch in Hitzehotspots und außerhalb von Durchlüftungsachsen platziert werden. So verschatten sie an heißen Orten tagsüber, ohne die nächtliche Durchlüftung zu verhindern.
- **Wünschenswerte Zukünfte erarbeiten:** Die Arbeit mit positiven Zukunftsbildern eignet sich sehr gut, um sich in partizipativ gestalteten Planungsprozessen frühzeitig mit wünschenswerten Entwicklungen zu

Das interdisziplinäre Forschungsprojekt „Grüne Stadt der Zukunft“ zeigt praxisnahe **LÖSUNGSANSÄTZE auf.**

befassen, losgelöst von der Fixierung auf Sachzwänge und akutem Handlungsdruck. Zukunftsbilder können helfen, Lösungsansätze im Umgang mit Zielkonflikten zwischen ambitionierteren Grünmaßnahmen und anderen Nutzungen herauszuarbeiten. Auch können sie nützlich sein, für die Planung und Umsetzung von niederschwelligen Grünmaßnahmen zu werben.

- Stadtgesellschaft aktivieren: Akteure der Stadtgesellschaft wie Anwohner, Unternehmen oder Hauseigentümer können einen substanziellen Beitrag zur Gestaltung von grünen, lebenswerten Quartieren leisten. Um dieses Potenzial zu nutzen und bestehende Hemmnisse zu überwinden, sind punktuelle und strukturelle Formate zur Aktivierung dieser Akteure hilfreich. Informationsangebote und Mitmach-Aktionen auf der einen Seite können kurzfristig informieren, sensibilisieren oder mobilisieren, die Bildung von Zusammenschlüssen auf der anderen Seite langfristig die Kooperation und Vernetzung fördern.
- Bewusstsein schaffen: Weiterhin gilt es, Planungsbeteiligte und Planungsbetroffene zu den Themen der Klimorientierung zu informieren. Bewusstsein schaffen, Wissen und Fakten vermitteln und Fachpersonal qualifizieren sind und bleiben wichtige Bausteine für die Quartiersentwicklung.
- Handlungsoptionen ausschöpfen: Jedes Planungsinstrument weist verschiedene Integrationsfenster für die Planung klimaresilienter Städte und Quartiere auf. Hier gilt es, entsprechende Zeitfenster für Handlungsoptionen und rechtliche Spielräume konsequent zu nutzen.

Es gilt, diese Lösungsansätze praxis- und zeitnah UMZUSETZEN.

Nun gilt es, die dargelegten Strategien zu nutzen, an die jeweilige Situation anzupassen und zeitnah auf möglichst breiter Ebene umzusetzen, um die Vision eines nachhaltigen, lebenswerten Gebäudesektors Wirklichkeit werden zu lassen. ///



Foto: Astrid Eckert

/// PROF. DR. WERNER LANG
ist Inhaber des Lehrstuhls für energieeffizientes und nachhaltiges Planen und Bauen (ENPB) an der Technischen Universität München.

Anmerkungen

¹ <https://www.stmb.bayern.de/buw/bauthemen/gebäudeundenergie/> Stand: 5.2.2022.

² UN Environment Programme, Global Alliance for Buildings and Construction, 2020 Global Status Report: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34572/GSR_ES.pdf, Stand: 5.2.2022.

³ Ürge-Vorsatz, Diana, Harvey, Danny L. D., Mirasgedis Sevastianos, Levine, Mark D.: Building Research & Information, 35/4 2007, Special Issue: Climate Change: National Building Stocks, mitigating CO₂ emissions from energy use in the world's buildings, S. 379-398.

⁴ https://ec.europa.eu/growth/industry/sustainability/built-environment_en, Stand: 16.2.2022.

⁵ Ebd.

⁶ Heinrich, Matthias: Material Flows of the German Building Sector, in: HISER International Conference – Advances in Recycling and Management

- of Construction and Demolition Waste, hrsg. von Francesco Di Maio, 2017, S 302-305.
- ⁷ <https://www.bmuv.de/themen/nachhaltigkeit-digitalisierung/nachhaltigkeit/strategie-und-umsetzung/flaechenverbrauch-worum-geht-s>, Stand:16.2.2022.
- ⁸ Hierunter wird die biologisch produktive Fläche verstanden, die notwendig ist, um den Lebensstil und Lebensstandard eines Menschen (unter den heutigen Produktionsbedingungen) dauerhaft zu ermöglichen, https://www.laenderdaten.de/glossar/oekologischer_fussabdruck.aspx, Stand:16.2.2022.
- ⁹ Unter Biokapazität wird die Kapazität unseres Ökosystems Erde verstanden, nützliche biologische Materialien zu produzieren und durch den Menschen erzeugten Abfallstoffe bzw. Treibhausgase zu absorbieren, <https://www.footprintnetwork.org/resources/glossary/>, Stand: 16.2.2022.
- ¹⁰ <https://www.footprintnetwork.org>, Stand:16.2.2022.
- ¹¹ Ebd.
- ¹² https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/european-green-deal-communication_de.pdf, Stand: 20.2.2022.
- ¹³ <https://www.duden.de/rechtschreibung/Biosphaere>, Stand:19.2.2022.
- ¹⁴ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en, Stand: 19.2.2022.
- ¹⁵ <https://www.wwf.de/living-planet-report>, Stand: 16.2.2022.
- ¹⁶ Menschen verbringen rund 90 Prozent ihres Lebens in Innenräumen, was im Hinblick auf gesundes, emissionsfreies Bauen besonders berücksichtigt werden muss, <https://www.dgnb-system.de/de/innenraeume/>, Stand: 20.2.2022.
- ¹⁷ Im Rahmen der Umsetzung der CO₂-Reduktionsziele der EU wird im Rahmen des „Green Deal“ darauf hingewiesen, dass Erlöse aus dem Emissionshandel u.a. zur Unterstützung sozial schwächerer Bürger verwendet werden sollen, https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/de/IP_21_3541, Stand:19.2.2022.
- ¹⁸ https://stadt.muenchen.de/dam/jcr:a40d64a3-8178-40c0-a5e8-058094aae897/Nachhaltigkeitsbericht_2014.pdf, Stand: 20.2.2022.
- ¹⁹ <https://data.footprintnetwork.org/#/countryTrends?cn=79&type=BCpc,EFCpc>, Stand: 20.2.2022.
- ²⁰ <https://unfoundation.org/blog/post/what-to-know-about-major-upcoming-un-climate-change-reports/>, Stand: 20.2.2022.
- ²¹ Oke, Timothy R.: Urban Heat Islands, in: The Routledge Handbook of Urban Ecology. Routledge Handbooks, hrsg. von Ian Douglas, David Goode, Mike Houck, Rusong Wang, New York 2011.
- ²² <https://www.transforming-cities.de/gruen-blaue-infrastruktur-lebensraum-in-staedten/> Stand: 20.2.2022.
- ²³ <https://www.umweltbundesamt.de/themen/verkehr-laerm#strap1>, Stand: 20.2.2022.
- ²⁴ https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/texte_156-2020_oekologische_bewertung_von_verkehrsraten_0.pdf, Stand: 20.2.2022.
- ²⁵ https://www.zukunft-mobilitaet.net/wp-content/uploads/2014/08/flaechenbedarf-verkehr-pkw-radverkehr-fussgaenger-strassenbahn-bus-oepnv-flaechen-flaechenaufteilung_2000px.jpg, Stand: 20.2.2022.
- ²⁶ http://www.mobilitaet-in-deutschland.de/pdf/MiD2017_Ergebnisbericht.pdf, Stand: 20.2.2022.
- ²⁷ https://www.zukunft-mobilitaet.net/wp-content/uploads/2014/08/flaechenbedarf-verkehr-pkw-radverkehr-fussgaenger-strassenbahn-bus-oepnv-flaechen-flaechenaufteilung_2000px.jpg, Stand: 20.2.2022.
- ²⁸ https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_de, Stand: 20.2.2022.
- ²⁹ <https://www3.lis.tum.de/lapl/gruene-stadt-der-zukunft/>, Stand: 20.2.2022.
- ³⁰ Die Ergebnisse des Forschungsprojekts wurden u.a. in praxisgerecht gestalteten Broschüren zusammengefasst, siehe: <https://www3.lis.tum.de/lapl/gruene-stadt-der-zukunft/publikationen/>, Stand: 20.02.2022.
- ³¹ https://www3.lis.tum.de/fileadmin/w00bds/lapl/Bilder/Projekte/GrueneStadt/Broschure_3.pdf, Stand: 20.2.2022.