



Bundesinstitut
für Bau-, Stadt- und
Raumforschung

im Bundesamt für Bauwesen
und Raumordnung



Wie grün sind deutsche Städte?

Ergebnisse einer bundesweiten
Erfassung



IMPRESSUM

Herausgeber

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)
im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung (BBR)
Deichmanns Aue 31–37
53179 Bonn

Wissenschaftliche Begleitung

Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung
Referat RS 6 „Stadt-, Umwelt- und Raumb Beobachtung“
Dr. Fabian Dosch
fabian.dosch@bbr.bund.de

Begleitung im Bundesministerium

Bundesministerium für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB)
Referat SW I 5 „Grün und Baukultur in der Stadtentwicklung“
Dr. Lara Steup

Auftragnehmer

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)
Dr. Gotthard Meinel
g.meinel@ioer.de
Dr. Tobias Krüger, Lisa Eichler

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR)
Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum (DFD)
Dr. Michael Wurm, Julia Tenikl

LUP – Luftbild Umwelt Planung GmbH Potsdam
Bereich Fernerkundung
Dr. Annett Frick, Kathrin Wagner

Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (ILS)
Bereich Geoinformation & Monitoring
Prof. Dr. Stefan Fina

Stand

Januar 2022

Gestaltung

Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR)

Druck

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
Gedruckt auf Recyclingpapier

Bestellungen

gabriele.bohm@bbr.bund.de; Stichwort: Broschüre Stadtgrünerfassung

Bildnachweise

Titelbild: © Vista Wie, Unsplash; © Dimitry Anikin, Unsplash Main; Vorwort: Picturemakers/Düsseldorf
Inhalt: Ivan Bandura: S. 8/9; reiseuhu: S. 12/13; NASA: S. 16/17; Max Böttinger: S. 22/23; Heike Hensel: S. 26; Ploegerson, Unsplash S. 27;
Birgit Kochan, S. 27; Fabian Schneiderei: S. 28/29; Ricardo Vigh: S. 42/43; Kurt Liebhaeuser: S. 48/49; Roman Kraft: S. 56/57; Miikka Luotio:
S. 60/61

Nachdruck und Vervielfältigung

Alle Rechte vorbehalten
Nachdruck nur mit genauer Quellenangabe gestattet.
Bitte senden Sie uns zwei Belegexemplare zu.

Der Herausgeber übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritter. Die geäußerten Ansichten und Meinungen müssen nicht mit denen des Herausgebers übereinstimmen.

ISBN 978-3-98655-008-0

Bonn 2022

Wie grün sind deutsche Städte?

Ergebnisse einer bundesweiten Erfassung

Das Projekt des Forschungsprogramms „Allgemeine Ressortforschung“ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) im Auftrag des Bundesministeriums für Wohnen, Stadtentwicklung und Bauwesen (BMWSB) durchgeführt.



Foto: Picturmakers/Düsseldorf

Liebe Leserinnen und Leser,

in den Städten wollen immer mehr Menschen in einem attraktiven und durchgrüntem Umfeld leben. Urbanes Grün macht das Wohnumfeld lebenswert, sorgt für ein besseres Stadtklima und hilft, die Artenvielfalt zu sichern. Das „Weißbuch Stadtgrün“ des Bundes (2017) und die Neue Leipzig-Charta für eine zeitgemäße Stadtpolitik in Deutschland und Europa (2020) nennen die Stärkung urbanen Grüns als zentrales Handlungsfeld in den Kommunen. Bisher gab es nur wenige Daten, die die Kommunen für die strategische Entwicklung ihrer Grün- und Freiräume nutzen konnten. Wie lässt sich beispielsweise messen, welchen Anteil das Stadtgrün an der Fläche einer Stadt ausmacht, wie sich Grünflächen in den Quartieren verteilen und wie gut Grünräume erreichbar sind? Hochauflösende Daten der Fernerkundung geben hier wichtige Hinweise. Ein Forschungskonsortium hat im Auftrag des Bundesinstituts für Bau-, Stadt- und Raumforschung zwischen 2018 und 2021 ein „Stadtgrünraster Deutschland“ erstellt. Erstmals liegen nun bundesweit nach methodisch einheitlichen Kriterien erstellte Rasterdatensätze für Laub- und Nadelhölzer oder Wiesen in einer hohen Auflösung von 10 x 10 Metern vor. Basierend auf dem Raster berechneten die Forschenden Indikatoren wie den Grünanteil am Stadtgebiet, die Grünfläche pro Einwohner und die Erreichbarkeit von Grünflächen im Wohnumfeld. Die Indikatoren ermöglichen damit erstmals Vergleiche der Grünausstattung sowohl zwischen Kommunen als auch innerhalb einer Kommune – etwa im Hinblick auf Stadtbezirke oder Stadtquartiere. Die Forschenden konnten darüber hinaus in Fallstudien zeigen, wie diese Städte schon jetzt mit hochauflösenden Laserscan- und Luftbildverfahren stadtplanerisch relevante Informationen zu Grünvolumen, Vitalität von Grün oder Ausstattungsdefizite bei städtischem Grün ermitteln können.

In dieser Broschüre werden zentrale Ergebnisse aus dem Forschungsvorhaben vorgestellt.

Ich wünsche Ihnen eine inspirierende Lektüre.

Dr. Peter Jakubowski

Leiter der Abteilung Raum- und Stadtentwicklung im Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	8
1 Einführung	12
2 Erfassung von Stadtgrün	16
3 Indikatorbasierte Beschreibung des Stadtgrüns	22
4 Grünausstattung der Städte Deutschlands	28
5 Möglichkeiten des Monitorings	42
6 Weiterführende Untersuchungsmöglichkeiten	48
6.1 Grünvolumen als Klima-Indikator	50
6.2 Vitalität des urbanen Grüns	54
6.3 Umweltgerechtigkeit in der Grünraumversorgung	55
7 Fazit für die Praxis	56
8 Literatur	60





Zusammenfassung

Zusammenfassung

Urbanem Grün kommt eine zentrale Bedeutung in der Stadtentwicklung zu. Es steigert die Umwelt- und Lebensqualität, bietet Erholung für die Bewohner und trägt zur Verbesserung des Mikroklimas bei. Die Bundesregierung adressiert daher im „Weißbuch Stadtgrün“ die Stärkung des Grüns in der Stadt als politisches Ziel für eine integrierte und nachhaltige Stadtentwicklung.

Bisher fehlt aber eine einheitliche Datengrundlage, welche die Grünausstattung bundesweit nach einheitlichen Kriterien beschreibt und sowohl interkommunale als auch innerstädtische Aussagen und Vergleiche ermöglicht. Diese Datengrundlage wurde nun im Rahmen des BBSR-Projekts „Monitoring des Stadtgrüns“ geschaffen, in dem aus Daten des Satelliten Sentinel-2 aus dem europäischen Copernicus-Programms das urbane Grün für die bundesdeutschen Städte flächendeckend erfasst und klassifiziert wurde. So konnten die für das Stadtgrün relevanten Klassen Laubholz, Nadelholz und Wiese mit einer räumlichen Auflösung von 10 m zuverlässig abgeleitet werden.

Ergebnis ist das „Stadtgrünraster Deutschland“, das die Grundlage für eine indikatorgestützte Beschreibung und Analyse des Stadtgrüns bildet. Mittels der Indikatoren Grünausstattung, Grünraumversorgung, Grünerreichbarkeit, Grünraumvernetzung und klimaaktive Flächen, welche die vielfältigen Funktionen des Stadtgrüns widerspiegeln, wurden der Zustand des Stadtgrüns erfasst und überblicksartig Defizite erkannt. Erste Städtevergleiche ergaben, dass die Grünsituation höchst unterschiedlich ist und vorrangig von der Stadtgröße sowie der Einbettung in die umgebende Landschaft bestimmt wird. Damit lassen sich verschiedene Auswertungen durchführen: Vergleiche der Grünausstattung für die administrative Fläche

oder bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche, Vergleiche zur Grünraumversorgung, Erreichbarkeit von Grünflächen nahe Wohnflächen oder zur Vernetzung urbaner Grünflächen. Diese Auswertungen dienen dazu, für Kommunen Daten zur Grünausstattung bereitzustellen und bundesweit vergleichbar zu machen. Die Daten werden über den IÖR-Monitor, das ILS-Geomonitoring und perspektivisch auch in BBSR-INKAR zur Verfügung gestellt, und die Klassifikationsprodukte lassen sich u. a. über EOC DLR Geoservices herunterladen.

Aufgrund der gesicherten Fortführung der Sentinel-2-Mission und des kostenfreien Datenzugriffs darauf sind diese Daten für ein Monitoring der Grünausstattung der deutschen Städte besonders geeignet. Da die Veränderungsdynamik urbaner Grünflächen in Deutschland sehr gering ist, wäre ein Monitoringintervall von ca. sechs Jahren ausreichend und somit die nächste Auswertung nach dem im Folgenden beschriebenen Verfahren für das Jahr 2024 zu empfehlen.

Das Projekt konnte zudem beispielhaft an Fallstudien zeigen, wie Städte durch Auswertung von Stereoluftbildpaaren bzw. Laserscannerdaten mit Ortholuftbildern noch sehr viel genauere, stadtplanerisch relevante Informationen zu dem Grünvolumen, der Grünqualität und -vitalität der urbanen Vegetation bekommen können.

Summary

Urban green space is of central importance in urban development. It enhances the quality of life and the environment, provides recreational spaces for residents and contributes to improving the microclimate. The German government therefore addresses the strengthening of green spaces in cities as a political priority for integrated and sustainable urban development in its „White Paper on Urban Green Spaces“.

Up to now, however, there has been no uniform data basis that describes the green provision according to uniform criteria nationwide and enables both inter-municipal and inner-city analyses and comparisons. This data basis has now been created within the framework of the BBSR project „Monitoring of Urban Greenery“, in which the urban greenery for German cities was recorded and classified on a nationwide basis using data from the Sentinel-2 satellite under the European Copernicus Earth observation programme. In this way, the classes of deciduous wood, coniferous wood and meadow relevant for urban greenery could be reliably derived with a spatial resolution of 10 metres.

The result is the „Urban Green Raster Germany“, which forms the basis for an indicator-based description and analysis of the urban green. By means of the indicators green space supply, green space accessibility, green space connectivity and climate-active areas, which reflect the diverse functions of the urban green space, the condition of the urban green space was recorded and general deficits could be identified. Comparative studies of the cities showed that the green space situation varies greatly and is primarily determined by the size of the city and its integration into the surrounding landscape. This allows for the implementation of various evaluations: Comparisons of green space availability in relation to the administrative area or to the

settlement and transportation area, comparisons of green space supply, accessibility of green spaces close to residential areas or the connectivity of urban green spaces. These evaluations serve as a tool to provide municipalities with data on green space resources and to make them comparable throughout Germany. The data is made available via the IÖR Monitor, the Geomonitoring of the ILS, and, in the future, also in BBSR-INIKAR, and the land cover classification can be downloaded via EOC DLR geoservices, among others.

Due to the continuation of the Sentinel-2 mission and the open data access, these data are particularly suitable for monitoring the green infrastructure of German cities. Since the dynamics of change of urban green spaces in Germany is very low, a monitoring interval of about six years would be sufficient and thus the next evaluation according to the procedure described below would be recommended for the year 2024.

The project was also able to show in exemplary case studies how cities can obtain much more precise, urban planning-relevant information on the green volume, green quality and vitality of urban vegetation by evaluating other high resolution airborne datasets such as stereo ortho imagery or laser scanner data with ortho aerial images.





Einführung

1 Einführung

Stadtgrün macht Städte lebenswerter, denn es erbringt eine Vielzahl von Leistungen für die Stadtbewohner. So unterstützen Grünflächen die Naherholung und sind Orte für Sport, Bewegung und Begegnung. Grünflächen dienen als Kaltluftentstehungsgebiete und Frischluftschneisen der Verbesserung des Mikroklimas. Stadtgrün ist immer auch Lebensraum für Flora und Fauna und trägt somit zur biologischen Vielfalt bei und ermöglicht Naturerfahrungen (BMUB, 2017).

Urbanes Grün ist daher von zentraler Bedeutung für zahlreiche Aspekte der Stadtentwicklung. Dies findet auch Niederschlag im „Weißbuch Stadtgrün“, in dem von der Bundesregierung die Stärkung des urbanen Grüns in der Stadt als erklärtes politisches Ziel für eine integrierte und nachhaltige Stadtentwicklung festgeschrieben wird (BMUB, 2017).

Stadtgrün ist ungleich verteilt. Tendenziell verfügen Großstädte, gemessen an ihrer Einwohnerzahl, über weniger urbanes Grün als Kleinstädte. Auch bieten zumeist die Wohngebiete sozial Benachteiligter ihren Bewohnern weniger urbanes Grün als der städtische Durchschnitt (BMUB, 2015). Daher wurde im „Weißbuch Stadtgrün“ Handlungsbedarf hinsichtlich der Entwicklung von Orientierungs- und Kennwerten mit empfehlenden Charakter hervorgehoben. Ziel dieser Orientierungs- und Kennwerte ist die Stärkung der Argumentationsgrundlage der Kommunen für eine bedarfsgerechte, vernetzte Grünversorgung (BMUB, 2017). Für die Ableitung von Orientierungs- und Kennwerten muss jedoch zuerst der Ist-Zustand erfasst werden.

„Wie grün sind deutsche Städte?“ – Dieser Frage stellte sich das Forschungsprojekt „Monitoring des Stadtgrüns“.

Das Projekt¹ wurde vom Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (BBSR) in Auftrag gegeben und von einem Konsortium bearbeitet, dem neben dem Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung e. V. (IÖR) in Dresden als Leadpartner außerdem das Deutsche Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V. (DLR), Oberpfaffenhofen, die Firma Luftbild Umwelt Planung GmbH (LUP) aus Potsdam sowie das Institut für Landes- und Stadtentwicklungsforschung gGmbH (ILS) in Dortmund angehörten.

Ziel des Projekts war die Erarbeitung und Anwendung einer Methodik zur bundesweit flächendeckenden Erfassung von Stadtgrün (Def. siehe Infobox). Des Weiteren wurden Indikatoren entwickelt, die ein Monitoring von urbanem Grün sowie die Identifizierung von Defizitgebieten oder Städten mit insgesamt unzureichender Grünausstattung ermöglichen.

In dieser Schrift werden zentrale Ergebnisse aus dem Projekt vorgestellt. Hierbei geht es vor allem um bundesweit aggregierte Auswertungen insb. nach Gemeindegrößen, während individuelle stadtspezifische Auswertungen auf online-Plattformen wie z. B. mit dem IÖR-Monitor² möglich sind. Weiterführende Informationen können dem als BBSR-Online-Publikation veröffentlichten wissenschaftlichen Endbericht „Wie grün sind deutsche Städte“ (Meinel et al., 2021) entnommen werden³.

¹ Vollständiger Titel: Wie grün sind bundesdeutsche Städte? Fernerkundliche Erfassung und stadträumlich-funktionale Differenzierung der Grünausstattung von Städten in Deutschland (Erfassung der urbanen Grünausstattung); FKZ: 10.06.03.18.101

² <https://www.ioer-monitor.de/>

³ <https://doi.org/10.26084/ioer-2022urbgrn>

Definition Stadtgrün

Der Begriff „Stadtgrün“ oder „urbanes Grün“ bezieht sich zunächst auf „alle Formen grüner Freiräume und begrünter Gebäude. Zu den Grünflächen zählen Parkanlagen, Friedhöfe, Kleingärten, Brachflächen, Spielbereiche und Spielplätze, Sportflächen, Straßengrün und Straßenbäume, Siedlungsgrün, Grünflächen an öffentlichen Gebäuden, Naturschutzflächen, Wald und weitere Freiräume, die zur Gliederung und Gestaltung der Stadt entwickelt, erhalten und gepflegt werden müssen. Auch private Gärten und landwirtschaftliche Nutzflächen sind ein wesentlicher Teil des Grüns in den Städten.“

(BMUB, 2015, S. 7) Synonym verwendbar nach der Begriffsdefinition der Europäischen Kommission ist auch der Begriff der „grünen urbanen Infrastruktur“ (European Commission, 2013). Im Projekt wurden mittels Fernerkundung alle Grünflächen, unabhängig von Nutzung, Funktionalität und Eigentumsverhältnissen, erfasst.



A photograph of a satellite's solar panel array in space. The array consists of several rectangular panels connected by a central spine, each covered in a grid of small, blue solar cells. The panels are positioned diagonally across the frame. In the background, the Earth's surface is visible, showing a mix of blue oceans and white clouds. The top right portion of the image is a solid grey background where the title is located.

Erfassung von Stadtgrün

2 Erfassung von Stadtgrün

Auf kommunaler Ebene werden vorrangig nur Grünflächen, welche in die kommunale Zuständigkeit fallen, erfasst und beispielsweise in Katastern verwaltet. Privates Grün in Gärten oder Grünflächen zwischen Wohnblöcken findet hingegen oftmals keine Berücksichtigung in der Grünerfassung und dessen Monitoring. Für die Leistungen des Stadtgrüns - beispielsweise bei der Biotopvernetzung, Luftgüte und der Klimaregulation – sind diese Grünflächen jedoch von entscheidender Bedeutung. Es bedarf daher für deren Beurteilung die Erfassung aller Grünflächen und deren Typisierung. Um innerstädtische und innerkommunale Vergleiche zu ermöglichen, sollte zudem eine Erfassung des Stadtgrüns auf bundesweit einheitlicher Datengrundlage basieren, vorrangig unberührt von Restriktionen aus der jeweiligen Nutzung und den Eigentumsverhältnissen.

Mit dem Copernicus-Programm der Europäischen Union werden kostenfrei Erdaufnahmen mit Hilfe des Satelliten Sentinel-2 bereitgestellt. Diese ermöglichen mit einer Auflösung von 10 Metern eine Detektion des Stadtgrüns in einheitlicher Qualität für die gesamte Bundesrepublik. Daher wurden diese Satellitendaten als Grundlage für die Erstellung des „Stadtgrünrasters Deutschland“ in diesem Forschungsprojekt ausgewählt.

Mit Satellitenbildern aus den Jahren 2015 und 2017 (nachfolgend mit 2015 bezeichnet) wurde zuerst die Methodik zur automatisierten Klassifikation der Landbedeckung erarbeitet. Später erfolgte die Erstellung des Stadtgrünrasters Deutschland mit Satellitenbildern allein aus dem Jahr 2018. Wie für das Mosaik 2015 wurden für 2018 nur Bilder der Vegetationsperiode von Mai bis September verwendet, die mit nicht mehr als 60 % Wolken bedeckt waren. Nachfolgend wurden die Wolken aus den infrage kommenden Bildern ausgeschnitten und anschließend mit den Bildern ein wolkenfreies Mosaik generiert, wobei sich die Informationen aus Bildern unterschiedlicher Zeitpunkte überlagern. Dieses Mosaik war Ausgangsgrundlage für einen atomisierten Klassifikationsprozess, bei dem der Machine-Learning-Algorithmus Random Forest eingesetzt wurde (Tenikl et al., 2019). Für das Training des Algorithmus zur Erkennung der unterschiedlichen Landbedeckungen wurden Daten benötigt, die möglichst deutschlandweit gleichmäßig verteilt in einheitlicher Qualität Informationen zur Landbedeckung verorten und beschreiben. Hierfür eignen sich die LUCAS-Punkte⁴. Von den verwendeten LUCAS-Punkten dienten 80 % als Trainingsdaten, 20 % wurden später für die Validierung des Ergebnisses genutzt (Abbil-

Sentinel-2-Mission

Das europäische Erdbeobachtungsprogramm Copernicus stellt mit der Sentinel-Mission kostenfrei Satellitendaten zur Verfügung. Die Sentinel-Satelliten generieren Informationen zur Landoberfläche, Luftqualität oder auch Ozeanbeobachtung. Sentinel-2 nimmt mit zwei baugleichen, multispektralen Satelliten (Sentinel-2A und Sentinel-2B) die Landoberflächen auf. Diese kreisen um 180° versetzt mit einer durchschnittlichen Höhe von 786 km in einem sonnensynchronen Erdorbit. Sentinel-2A startete im Juni 2015 und Sentinel-2B folgte im März 2017. Innerhalb von fünf Tagen deckt das System jedes Gebiet auf der Landoberfläche mindestens einmal mit einer räumlichen Auflösung von 10 m ab, was zum jetzigen Zeitpunkt das höchstauflösende frei verfügbare globale Satellitendatenangebot darstellt (ESA 2019).

⁴ <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas>

dung 1). Die Landbedeckungsklassifikation 2018 wurde mit einem Wert von 91,4 % validiert, d. h. über 90 % der Gesamtfläche Deutschlands wird richtig bezüglich ihrer Grünsituation bewertet. Das ist für eine automatisierte Klassifikation der Landbe-

deckung ein sehr gutes Ergebnis. Eine weitere Ergebnisverbesserung durch manuelle Korrekturen ist für Städte, die das Datenprodukt nutzen, unter z. B. Nutzung von Orthobilddaten möglich.

LUCAS-Datenpunkte

Bei der europäischen Landbedeckungs- und Landnutzungserfassung LUCAS (Land Use/Cover Area frame Survey) handelt es sich um eine europaweite statistische Erhebung, die durch Eurostat im Jahr 2001 erstmals durchgeführt wurde. Für die Ersterhebung wurden über eine Million gitterförmig über Europa verteilte Punkte durch Fotointerpretation einem definierten Katalog von Landbedeckungsklassen zugeordnet. Seit 2006 wird in einem Dreijahreszyklus eine Auswahl dieser Punkte in situ (d. h. durch Vor-Ort-Begehung) systematisch für die EU-Staaten überprüft. Dabei wird die Landbedeckungsklasse nach einem hierarchischen Klassifikationssystem bestimmt sowie ökologische Parameter des Punktores dokumentiert. Auf Deutschland entfallen dabei etwa 26 000 Punkte (Eurostat).

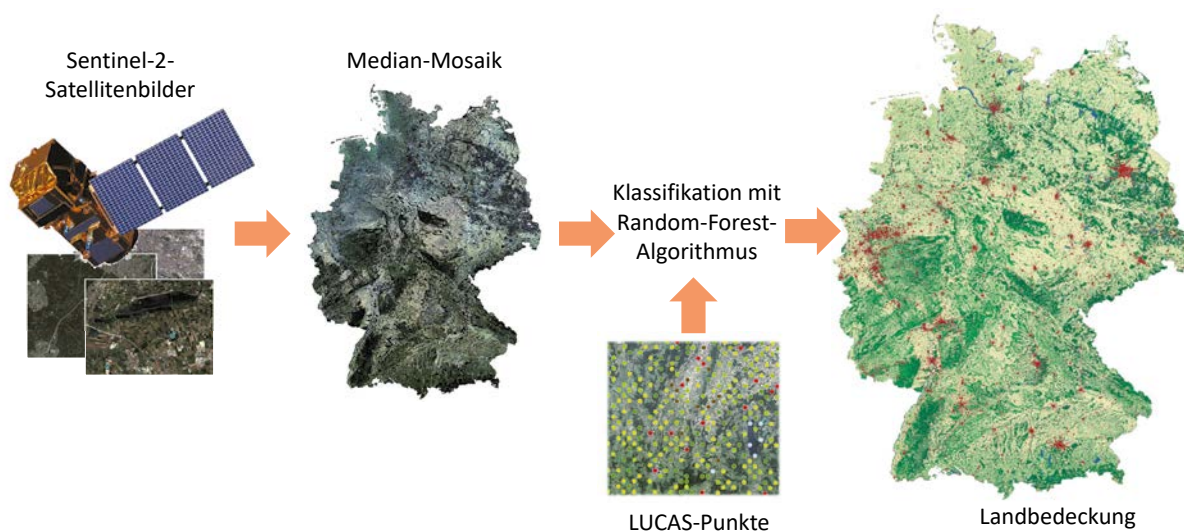


Abbildung 1: Methodik der Landbedeckungsklassifikation zur Erstellung des Stadtgrünrasters Deutschland von 2018; eigene Darstellung (IÖR)

Der automatische Klassifikator extrahiert aus den Sentinel-2-Daten zunächst sieben Landbedeckungsklassen: Bebaute Fläche, offener Boden, Laubholz, Nadelholz, Wiese, Acker und Wasser (Abbildung 2a).

Einige Landbedeckungen bereiten aufgrund ihrer spektralen Eigenschaften Probleme bei der Klassifikation und werden

teilweise falschen Landbedeckungsklassen zugewiesen. Beispielsweise werden Schattenbereiche wegen ihrer spektralen Ähnlichkeit mit Gewässern teilweise als Wasserflächen klassifiziert. Unsicherheiten aufgrund von Ähnlichkeiten in den spektralen Signaturen bestehen auch in der Unterscheidung von bebauten Flächen mit offenem Boden oder auch mit Ackerflächen.

Um diese Effekte zu minimieren, wurde das Klassifikationsergebnis einer nachträglichen Korrektur unterzogen. Grundlage hierfür ist das Digitale Basis-Landschaftsmodell des Amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems (ATKIS Basis-DLM).

ATKIS-Basis-DLM

Das Digitale Basis-Landschaftsmodell des Amtlichen topographisch-kartographischen Informationssystems (ATKIS Basis-DLM) wird von den Landesvermessungsverwaltungen als einheitlich definierter topographischer Geobasisdatensatz erfasst und laufend fortgeführt. Es beschreibt objektbasiert und flächendeckend die Erdoberfläche von Deutschland mittels topographischen Objekten, die durch Geometrie, Objektarten und Attributen gekennzeichnet sind.

Zur Verbesserung des Klassifikationsergebnisses wurden Gewässer- und Landwirtschaftsflächen aus dem ATKIS Basis-DLM extrahiert und als Maske verwendet. Für alle mit Wasser und Acker bezeichneten Pixel, die sich außerhalb der entsprechenden ATKIS-Objekte befanden, wurde die Zuweisung zu einer der sieben genannten Landbedeckungsklassen neu bewertet. Bei sehr sicher klassifizierten Pixeln änderte sich an der Zuordnung nichts. Pixel, deren Zuordnung hingegen weniger sicher war, wurden umklassifiziert. Dieses Verfahren wurde ausschließlich für Wasser- und Ackerpixel angewendet, was zu einer deutlichen Reduktion dieser (meist fehlerhaften) Bereiche in innerstädtischen Bereichen führte.

In locker bebauten Stadtgebieten mit hohem Grünanteil erscheinen als bebaut klassifizierte Flächen stark überrepräsentiert. Grund hierfür ist die heterogene und kleinteilig wechselnde Bodenbedeckung in urbanen Räumen, die durch die Zellgröße von 10 Metern Kantenlänge der Sentinel-2-Satelliten nicht aufgelöst werden können. Grund hierfür ist die heterogene und kleinteilig wechselnde Bodenbedeckung

in urbanen Räumen. In den 10 x 10 Meter großen Sentinel-2-Pixeln finden sich somit verschiedene Landbedeckungen, deren spektrale Signaturen sich überlagern. Diese sogenannten Mischpixel werden dann der Landbedeckungsklasse zugeordnet, deren spektrale Signale am dominantesten sind, was zu lokalen Überrepräsentationen führen kann.

Aus diesem Grund wurden alle als bebaut klassifizierte Bereiche einer weiteren Kriteriumsprüfung unterzogen, um hier eine weitere Differenzierung zu erreichen. Auf Grundlage des NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), der ein zuverlässiger und in der Fernerkundung etablierter Indikator für das Vorhandensein von Vegetation ist, wurde in den bebauten Bildbereichen nach signifikanten Grünanteilen gesucht. Der Schwellwert für die Einordnung eines Pixels in eine neue Landbedeckungskategorie „Bebaut – stark durchgrünt“ wurde anhand verfügbarer sehr hochauflösender Referenzdaten für die Städte Leipzig, Dresden und Potsdam ermittelt.

Aufgrund der hohen Streuung der auftretenden Werte kann jedoch aus der Zuordnung zur durchgrünteren Bebauung der tatsächliche Grünanteil dieser Pixel nicht beziffert werden. Für die spätere Quantifizierung von städtischem Grün können diese Pixel somit nicht herangezogen werden, sie steigern aber erheblich die qualitative Aussage und das optische Erscheinungsbild des Stadtgrünrasters Deutschland (Abbildung 2b und Abbildung 3).

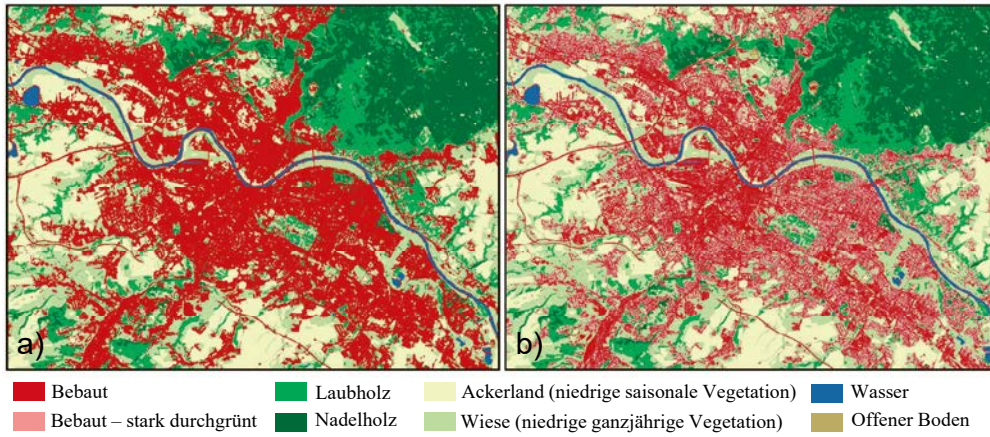


Abbildung 2:
 Vergleich der (a) automatisiert erstellten Landbedeckungsklassifikation mit dem (b) verbesserten Stadtgrünraster mit der Klasse „bebaut – stark durchgrünt“ am Stadtgebiet Dresden; eigene Darstellung (DLR)

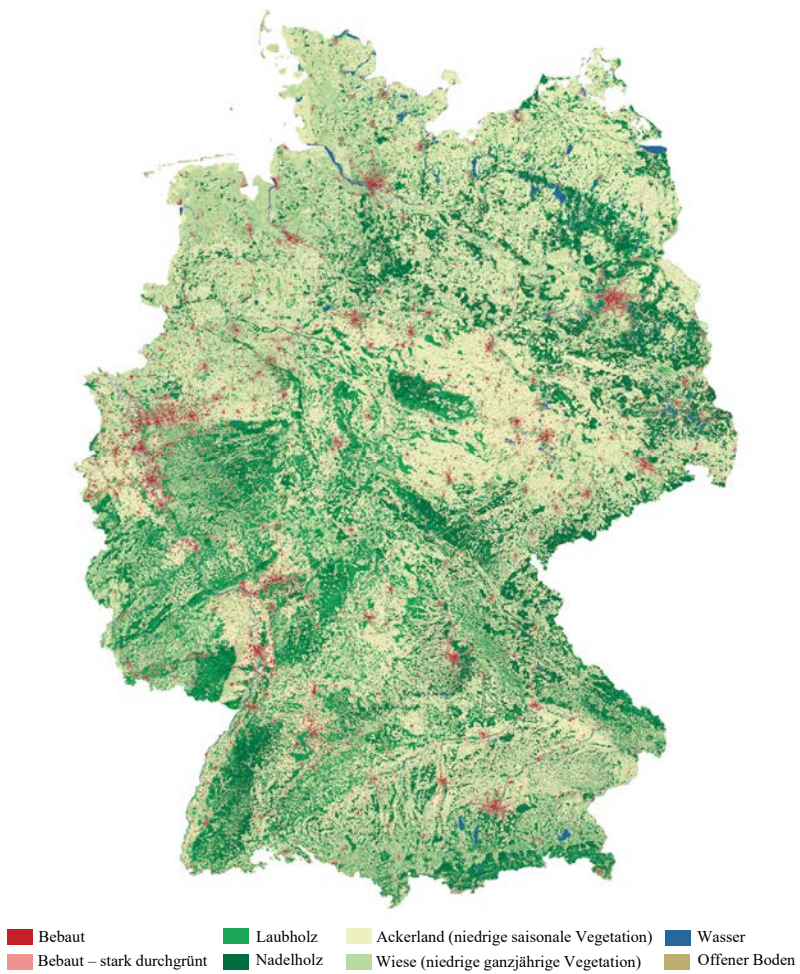


Abbildung 3:
 Stadtgrünraster Deutschland; eigene Darstellung (IÖR)





Indikatorbasierte Beschreibung des Stadtgrüns

3 Indikatorbasierte Beschreibung des Stadtgrüns

Zur multikriteriellen Beschreibung der zahlreichen durch urbanes Grün bereitgestellten Ökosystemleistungen können die Indikatoren Grünausstattung, Grünraumversorgung, Grünerreichbarkeit, Grünraumvernetzung und klimaaktive Flächen herangezogen werden. Diese Indikatoren lassen sich mit verschiedenen Kennwerten untersetzen, die spezifische Aussagen zu Teilaspekten des Stadtgrüns treffen (Eichler et al., 2020).

Die Indikatoren stehen, wie die Abbildung 4 zeigt, in einem funktionalen Zusammenhang zueinander. So bildet die Grünausstattung die Basis. Sie beschreibt, unabhängig von der ausgewiesenen Flächennutzung sowie der Funktionalität des urbanen Grüns, wie viel Stadtgrün in der Gesamtstadt vorhanden ist. Als Bezugsfläche eignet sich zum einen das administrative Stadtgebiet, zum anderen die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV) einer Stadt. Erstere beschreibt, wie hoch der

Indikator

Der Begriff Indikator leitet sich vom lateinischen *indicare* (=anzeigen) ab und kann mit „Anzeiger“ übersetzt werden. Die Bestimmung eines Indikators erlaubt, stellvertretend für eine nicht direkt messbare Größe (das Indikandum [lat.]=„das Anzuzeigende“) Rückschlüsse auf deren Eigenschaften zu ziehen. Indikatoren bieten die Möglichkeit, Zielerreichungsgrade zu messen sowie die Messergebnisse zu kommunizieren und tragen zur Identifizierung von Fortschritten gegenüber vereinbarten Zielen bei. So lassen sich mittels Indikatoren Verbesserungen bzw. Verschlechterungen lokalisieren und Handlungsbedarfe ableiten. Mittels raumbezogener Indikatoren können Vergleiche zwischen verschiedenen Regionen bzw. Städten ermöglicht werden. Hierfür müssen sich Indikatoren jedoch durch Zielkonformität, Aussagekraft, Verständlichkeit, räumliche Vergleichbarkeit und Praktikabilität auszeichnen (IÖR, 2019).

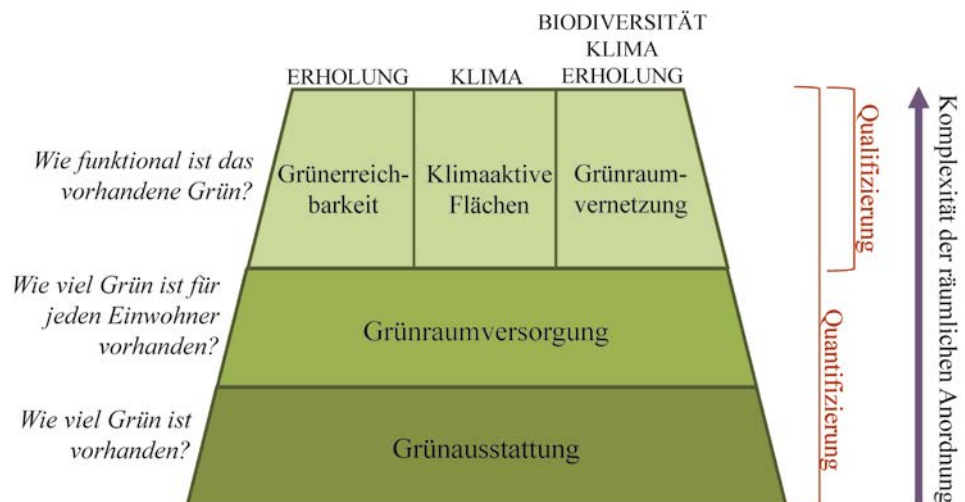


Abbildung 4: Systematik der Indikatoren zum urbanen Grün; eigene Darstellung (IÖR)

Stadtgrünanteil innerhalb der Stadtgrenzen ist. Durch den alleinigen Bezug auf den Siedlungs- und Verkehrsraum wird nur der Grünanteil innerhalb der bebauten Stadt beschrieben und das grüne Umland innerhalb der Stadtgrenze ausgeschlossen.

Mit dem Indikator Grünraumversorgung wird die Grünausstattung mit der Einwohnerzahl in Beziehung gesetzt und die Frage beantwortet, wie viel urbanes Grün im Mittel jedem Einwohner zur Verfügung steht.

Wie dieses urbane Grün von den Einwohnern erreicht werden kann, wird mit dem Indikator Grünerreichbarkeit untersucht. Dabei wird davon ausgegangen, dass für eine tägliche Nutzung von Grünflächen, diese fußläufig erreichbar und eine Mindestgröße aufweisen müssen, um erholungswirksam zu sein. Als Richtwert gelten hierfür eine Entfernung von 300 m und eine Größe der Grünfläche von mindestens 1 ha. Für die Wochenenderholung sollten größere Grünflächen zur Verfügung stehen, die aber weiter entfernt sein dürfen. Hier wird eine Mindestgröße von 10 ha, die sich in einem Umkreis von 700 m um die Wohnung befinden sollten, als gut versorgt angesehen (Grunewald et al. 2016). Durch die Berechnung des Anteils der Siedlungsfläche, von der entsprechend nahe Grünflächen erreicht werden, können defizitär mit Grün ausgestattete Bereiche innerhalb der Stadt ermittelt und in ihrer Lage auch identifiziert werden. Hinsichtlich der tatsächlichen Zugänglichkeit der Grünflächen kann mittels dieses Indikators keine Aussage getroffen werden, da beispielsweise Barrieren nicht berücksichtigt werden können.

Neben der Erreichbarkeit von Grünflächen wirkt sich auch deren Vernetzung positiv auf ihre Erholungsfunktion und insbesondere auf die Gesundheitsvorsorge durch Bewegung aus. Auch spielt die Vernetzung von Grünflächen für den Biotopverbund und den Austausch von Flora und Fauna eine wichtige Rolle. Die Grünraumvernetzung kann beispielsweise über Abstände der Grünflächen zueinander beschrieben werden. Grünflächen in geringer Entfernung zueinander sind stärker eingebunden als weit verstreute Grünflächen. Daneben ist auch die Größe der Grünflächen von Bedeutung. Aussagen zur Eingebundenheit der Grünflächen sind über das Landschaftsstrukturmaß Proximity-Index möglich. Dieser steigt mit zunehmender Anzahl und Fläche und gleichzeitig abnehmender Distanz von Grünflächen.

Die Größe und Lage von Grünflächen ist entscheidend hinsichtlich deren Bewertung als klimaaktive Flächen. Wo ausreichend große Grünflächen fehlen oder der Boden versiegelt oder dicht bebaut ist, dort erwärmt es sich schneller (vgl. Hennersdorf und Lehmann 2014). Mit der Bodenversiegelung wird daher gemessen, wie viel Stadtfläche nicht positiv klimawirksam ist. Unter Einbeziehung der Grünflächen mit ihrer Größe und ihrem Abstand zu den bebauten Flächen können Räume, welche von der positiven klimatischen Gunstwirkung von Grünflächen profitieren bzw. nicht profitieren, lokalisiert werden.

In der nachfolgenden Tabelle sind mögliche Grünindikatoren mit ihren spezifischen Kennwerten aufgeführt, welche zum Teil sowohl für die gesamte Stadt als auch für Stadtteile berechnet wurden. Als Berechnungsgrundlage diente das Stadtgrünraster Deutschland 2018 (vgl. Kapitel).

Tabelle 1:
Bundesweit berechnete Indikatoren zur Beschreibung des Stadtgrüns

Indikator		Berechnung
Themenfeld	Spezifischer Wert	
Grünausstattung	Grünbedeckter Flächenanteil bezogen auf das administrative Stadtgebiet	Grünbedeckte Fläche / Stadtgebietsfläche *100 [%]
	Grünanteil bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche (SuV)	Grünbedeckte Siedlungs- und Verkehrsfläche / Siedlungs- und Verkehrsfläche *100 [%]
Grünraumversorgung	Grünbedeckte Fläche pro Einwohner bezogen auf das administrative Stadtgebiet	Grünbedeckte Fläche / Einwohnerzahl [m ²]
Grünerreichbarkeit	Anteil der Siedlungsfläche in definierter Entfernung zu grünbedeckter Fläche mit definierter Mindestgröße	grünerreichbare Siedlungsfläche mit Wohnnutzung / Gesamtsiedlungsfläche mit Wohnnutzung * 100 [%]
	Euklidische Distanz	durchschnittliche Luftliniendistanz baulich geprägter Siedlungsfläche zur nächstgelegenen Grünfläche [m]
Grünraumvernetzung	Isolation von anderen Grünflächen: durchschnittlicher Abstand zur nächsten Grünfläche	Durchschnitt der Abstände benachbarter Grünflächen [m]
	Eingebundenheit (Proximity)	Median aller Proximity-Werte (Summe der Quotienten aus Flächengröße und Distanz aller Grünflächen im festgelegten Suchradius um eine Grünfläche)
Klimaaktive Flächen	Versiegelungsgrad	versiegelte Fläche / Gesamtfläche des Stadtgebiets * 100 [%]
	Anteil potentieller (klimaaktiver) Defizitflächen bezogen auf das administrative Stadtgebiet	Defizitfläche / Fläche Stadtgebiet *100 [%]



Abbildung 5:
Gut erreichbare große Grünflächen fördern die Erholung, dienen der Gesundheitsförderung und unterstützen den sozialen Austausch. Foto: H. Hensel/IÖR-Media, Dresden



Abbildung 6:
Großflächig versiegelte Flächen wirken sich negativ auf das Stadtklima aus. Foto: Ploegerson/Unsplash



Abbildung 7:
Auch kleine Grünflächen zwischen Wohnhäusern können zur Vernetzung der Grünräume beitragen.
Foto: B. Kochan/IÖR-Media, Dresden



An aerial photograph showing a dense forest of trees with green and yellow foliage in the foreground. In the background, a city skyline is visible under a blue sky with scattered white clouds. The text 'Grünausstattung der Städte Deutschlands' is overlaid on the right side of the image.

Grünausstattung der Städte Deutschlands

4 Grünausstattung der Städte Deutschlands

Durch Verschneidung mit Landnutzungs-
informationen erlaubt das Stadtgrünraster
die Charakterisierung der Bodenbede-
ckung des Siedlungsraumes. Für eine
deutschlandweite Bemessung wurden Da-
ten des Monitors der Siedlungs- und Frei-
raumentwicklung (IÖR-Monitor⁵) 2018
verwendet, welche auf dem ATKIS Ba-
sis-DLM basieren und die Erdoberfläche
in 38 Landnutzungskategorien lückenlos
und überschneidungsfrei abbilden.

IÖR-Monitor

Mit dem Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) bietet das Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung (IÖR) Informationen zur Flächennutzungsstruktur und deren Entwicklung sowie zur Landschaftsqualität für die Bundesrepublik Deutschland. Ca. 90 Indikatoren beantworten in diesem System viele flächennutzungsrelevante Fragen in hoher Auflösung und Zeitreihen zurück bis ins Jahr 2000. Grundlage ist eine IÖR-Monitor-Basiskarte in 2,5 m Auflösung in 34 Nutzungsklassen, die jährlich auf Basis des ATKIS Basis-DLMS aktualisiert wird. Alle Informationen werden in einem interaktiven Viewer in Kartenform gezeigt. Darüber hinaus sind Analysen in Form von Tabellen, Statistiken und Grafiken erstellbar und Geodienste ermöglichen eine Integration der Daten in die eigenen städtischen Informationssysteme.

Für die Auswertung wurde der Siedlungs-
raum (Siedlungs- und Verkehrsfläche) in
seine wesentlichen Komponenten unter-
teilt:

- Baulich geprägte Siedlungsfläche, bestehend aus den Flächennutzungen Wohnbau, gemischte Nutzung, Industrie- und Gewerbeflächen und Flächen besonderer funktionaler Prägung,
- Siedlungsfreifläche, bestehend aus Flächen für Sport, Freizeit und Erholung und Friedhöfen,

- Verkehrsfläche, bestehend aus Flächen für Straßen-, Bahn- und Flugverkehr inkl. den zugehörigen Verkehrsbegleitflächen.

Die Kategorien des Stadtgrünrasters wur-
den für diese Analyse wie folgt aggregiert:

- Großgrün: Klassen Laubholz und Nadelholz
- Niedrige (ganzjährige) Vegetation: Klasse Wiese
- Dicht bebaut: Klasse Bebaut
- Locker bebaut (durchgrünt): Klasse Bebaut - stark durchgrünt
- Sonstige: Klassen Offener Boden, Wasser und Niedrige saisonale Vegetation (Acker)

In Abbildung 8 sind die Verteilungen der
verschiedenen Landbedeckungstypen in-
nerhalb der Nutzungskategorien der Sied-
lungs- und Verkehrsfläche sowie in ihrer
Gesamtheit dargestellt. Deutlich wird, dass
baulich geprägte Flächen, Siedlungsfreiflä-
chen und Verkehrsflächen deutlich unter-
schiedliche Bedeckungsmuster aufweisen.
In baulich geprägten Flächen dominieren
mit 38,7 % der Flächen die dicht bebauten
bzw. versiegelten Anteile, während Flächen
niedriger Vegetation (Grasflächen, Wie-
sen) und stark durchgrünt bebaute Berei-
che nachfolgend mit 27,6 % bzw. 26 % etwa
gleich große Anteile aufweisen. Großgrün
ist mit 5,7 % nur wenig vertreten.

⁵ <https://www.ioer-monitor.de/>

Bodenbedeckung im Siedlungsraum

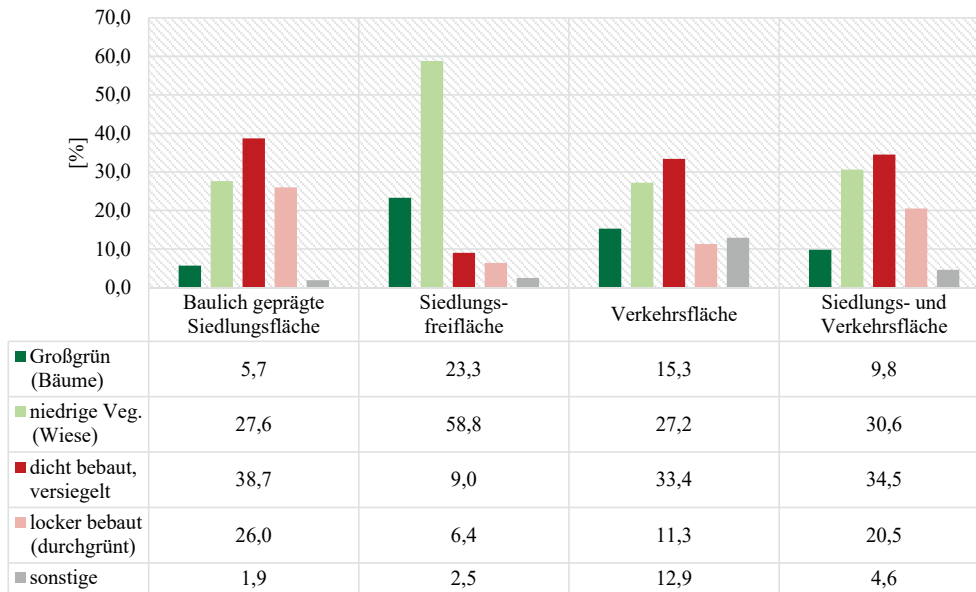


Abbildung 8: Mittelwerte der Bodenbedeckung mit Vegetation und Bebauung für die Siedlungs- und Verkehrsflächen in Deutschland; eigene Darstellung (IÖR)

Durch eine Verschneidung des Stadtgrünrasters mit dem im Rahmen des europäischen Copernicusprogramms erhobenen Versiegelungsdatensatz High Resolution Layer Imperviousness Degree konnten für die dichte Bebauung sowie für die lockere Bebauung deutschlandweite Mittelwerte von 70,8 % bzw. 45,5 % für die jeweilige Bodenversiegelung ermittelt werden. Die lokalen Streubreiten sind hierbei allerdings sehr groß.

Dagegen sind Siedlungsfreiflächen erwartungsgemäß nahezu vollständig durch Vegetation geprägt, namentlich mit 58,8 % Gras- und Wiesenflächen und 23,3 % Baumbestand. Dicht und locker bebaute Flächen spielen mit 9,0 % bzw. 6,4 % eine untergeordnete Rolle.

Für Verkehrsflächen wurde – methodisch bedingt – ein Versiegelungsanteil von nur 33,4 % ermittelt. Dieses ist eine bildauflösungsbedingte Unterschätzung, da es sich hier meist um schmale Trassen handelt, die im 10-Meter-Raster des Satellitenbildes als Mischpixel erscheinen und durch die Klas-

sifikation häufig fälschlich zu benachbarten grünen Landbedeckungsklassen zugeordnet werden.

Nachfolgend soll weiteren ausgewählten Fragen zu verschiedenen Analyseergebnissen zu Aspekten des Stadtgrüns in bundesdeutschen Städten nachgegangen werden. Hierfür wurden die Kennwerte der vorgestellten Indikatoren für alle deutschen Städte mit mehr als 5 000 Einwohnern berechnet. Dafür wurden die Klassen Laubholz, Nadelholz und Wiese des Stadtgrünrasters Deutschlands verwendet.

Um die Städte miteinander vergleichen zu können, erfolgte deren Einteilung hinsichtlich ihrer Einwohnerzahl entsprechend der BBSR Stadt- und Gemeindetypen⁶:

- Große Großstadt: ab 500 000 Einwohner
- Kleine Großstadt: ab 100 000 Einwohner bis unter 500 000 Einwohner

⁶ <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raubeobachtung/Raumabgrenzungen/deutschland/gemeinden/StadtGemeindetyp/StadtGemeindetyp.html>

- Große Mittelstadt: ab 50 000 Einwohner bis unter 100 000 Einwohner
- Kleine Mittelstadt: ab 20 000 Einwohner bis unter 50 000 Einwohner
- Große Kleinstadt: ab 10 000 Einwohner bis unter 20 000 Einwohner
- Kleine Kleinstadt: ab 5 000 Einwohner bis unter 10 000 Einwohner

Bundesdurchschnitt 56,7 %. Innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche beträgt der Durchschnitt 35,0 %.

Beim Grünanteil innerhalb des administrativen Stadtgebiets zeigt sich, dass vor allem kleine Mittelstädte und Kleinstädte von ihrem Grün im Umland, lockerer Bebauung und stärkerer Verzahnung des Umlandes mit der Siedlungsfläche profitieren. Großstädte und große Mittelstädte weisen durch dichtere Bebauung, der Ausprägung von Stadtzentren und ihrer stärkeren Besiedlung bis an die Stadtgrenzen weniger urbanes Grün auf. Auch bei der Berechnung des Grünanteils bezogen auf die Siedlungs- und Verkehrsfläche, welcher das grüne Umland außen vor lässt, konnte ebenfalls eine Zunahme des urbanen Grüns mit Abnahme der Einwohnerzahl, wenn auch nicht so stark, für die Stadttypen im Vergleich festgestellt werden (Abbildung 9).

Welches sind die grünsten Städte?

Nach Berechnung auf Grundlage des Stadtgrünraster Deutschland weisen 2018 die Städte ab 5 000 Einwohnern zusammen rund 74 124 km² urbanes Grün innerhalb ihrer administrativen Grenzen auf. Davon befinden sich rund 7 649 km² innerhalb der Siedlungs- und Verkehrsfläche. Der Grünanteil an der Gesamtfläche des administrativen Stadtgebiets beträgt im

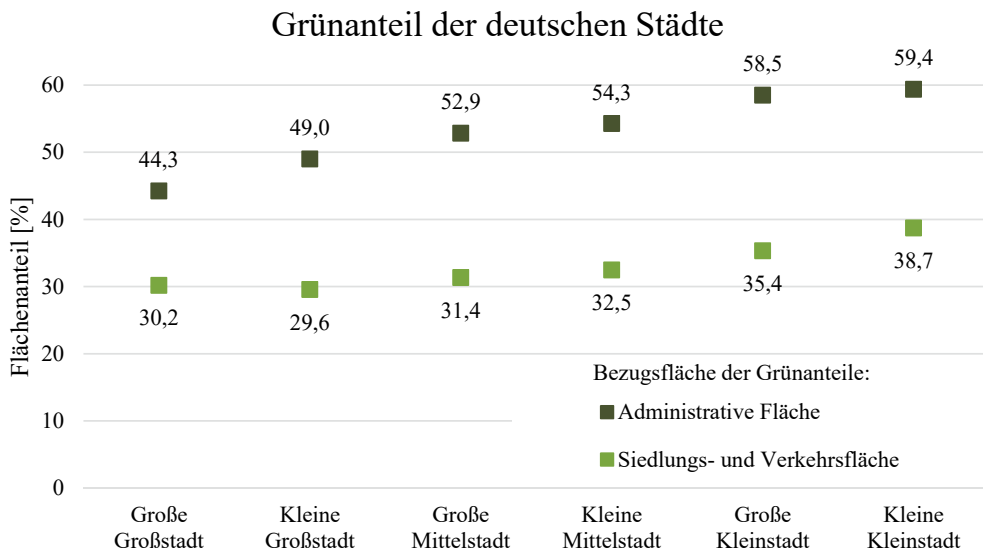


Abbildung 9: Durchschnittliche Grünanteile an der administrativen Fläche und der Siedlungs- und Verkehrsfläche nach Stadt- und Gemeindetypen (Stand: 2018); eigene Darstellung (IÖR)

Wo befinden sich die grünsten Städte?

Neben der Stadtstruktur ist die naturräumliche Ausstattung der jeweiligen Region, in der die Städte liegen, für die Grünausstattung entscheidend. Insbesondere in waldreichen Gegenden weisen die Städte, unabhängig von ihrer Größe, einen hohen Grünanteil innerhalb ihrer administrativen Grenzen auf. So zeigt die Abbildung 10, dass sich für Städte vor allem in den waldreichen Gebieten der Mittelgebirge

(z. B. Sauerland, Rothaargebirge, Schwarzwald, Harz, Thüringer Wald, Erzgebirge/Vogtland) und dem waldreichen Brandenburg ein hoher städtischer Grünanteil feststellen lässt. In eher agrarisch geprägten Gebieten, wie z. B. in großen Teilen Sachsen-Anhalts und in Nordsachsen oder in Ballungsräumen wie dem Ruhrgebiet, zeigt sich hingegen ein tendenziell geringerer Grünanteil am Stadtgebiet.

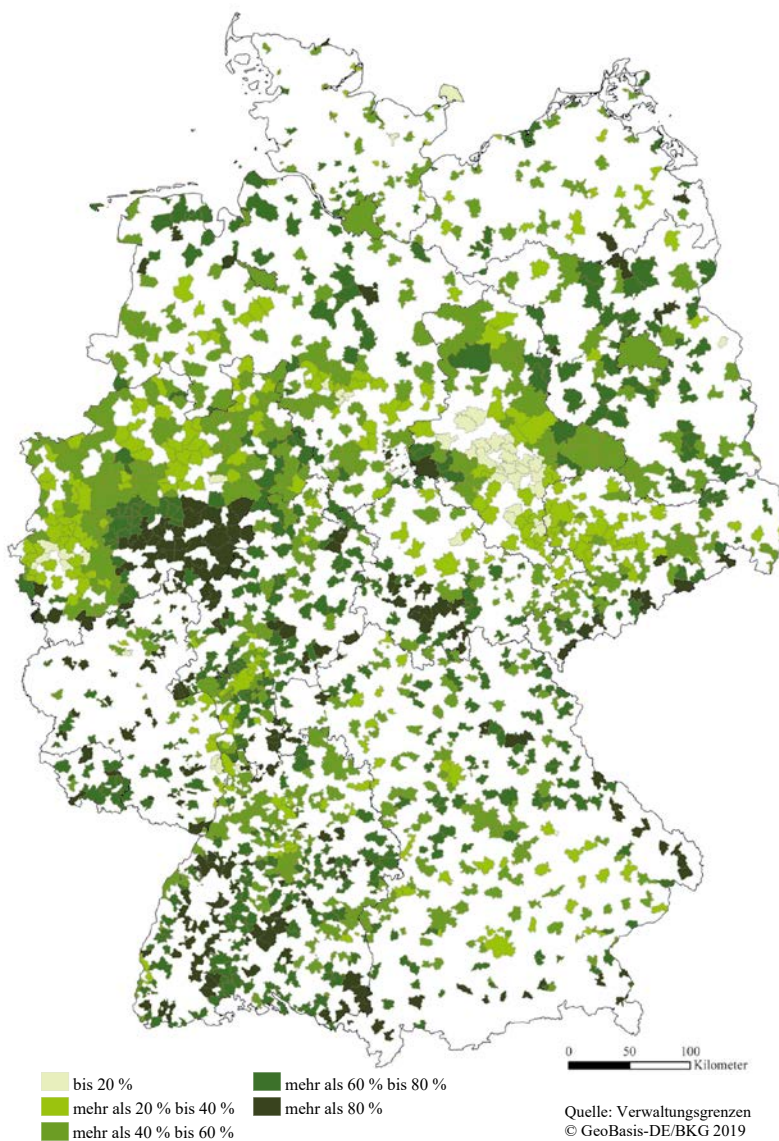


Abbildung 10: Grünanteile der Städte ab 5000 Einwohner am administrativen Stadtgebiet; eigene Darstellung (IÖR)

Wieviel urbanes Grün steht für die Einwohner bereit?

Statistisch gesehen stehen bundesweit jedem Stadtbewohner nach Auswertung des Stadtgrünrasters durchschnittlich 3 000 m² urbanes Grün zur Verfügung. Dabei bleiben Zugangsbeschränkungen, Qualität und weitere Eigenschaften der betrachteten Grünflächen, wie beispielsweise deren Eignung für bestimmte Nutzungen, unberücksichtigt. Generell nimmt bei zunehmender Größe der Städte die Verfügbarkeit an grünbedeckten Flächen je Einwohner ab (Abbildung 11). Betrachtet man im Verhältnis zur Einwohnerzahl nur die Grünflächen in der Siedlungs- und Verkehrsfläche, so wird deutlich, dass die Bewohner der Mittel- und Kleinstädte insbesondere vom grünen Umland profitieren (Abbildung 11).

Berechnet man diesen Kennwert für Stadtteile bzw. Stadtbezirke, so können Ungleichmäßigkeiten bei der Grünraumversorgung der Einwohner innerhalb einer Stadt aufgezeigt werden, wie nachfolgend am Beispiel Berlins dargestellt wird.

In Berlin liegt die durchschnittliche Grünbedeckung pro Einwohner bei 119 Quadratmetern je Einwohner. Der Blick auf die einzelnen Bezirke zeigt dabei ein sehr differenziertes Bild. Während in zentralen Bezirken wie Friedrichshain-Kreuzberg und Mitte deutlich weniger Stadtgrün pro Bewohner zur Verfügung steht, profitieren die Einwohner der Randbezirke wie Trepow-Köpenick deutlich vom grünen Umland und der Existenz diverser Landschaftsschutzgebiete innerhalb der Landesgrenzen (Abbildung 12 und Abbildung 13).

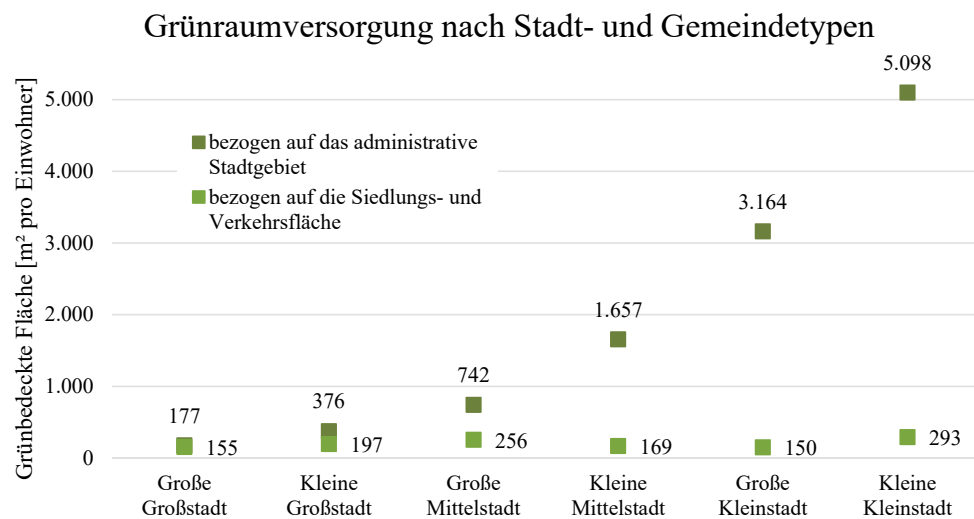


Abbildung 11: Mittlere grünbedeckte Fläche pro Einwohner nach Stadttypen im Vergleich (Stand: 2018); eigene Darstellung (IÖR)

Grünraumversorgung auf Stadtbezirksebene

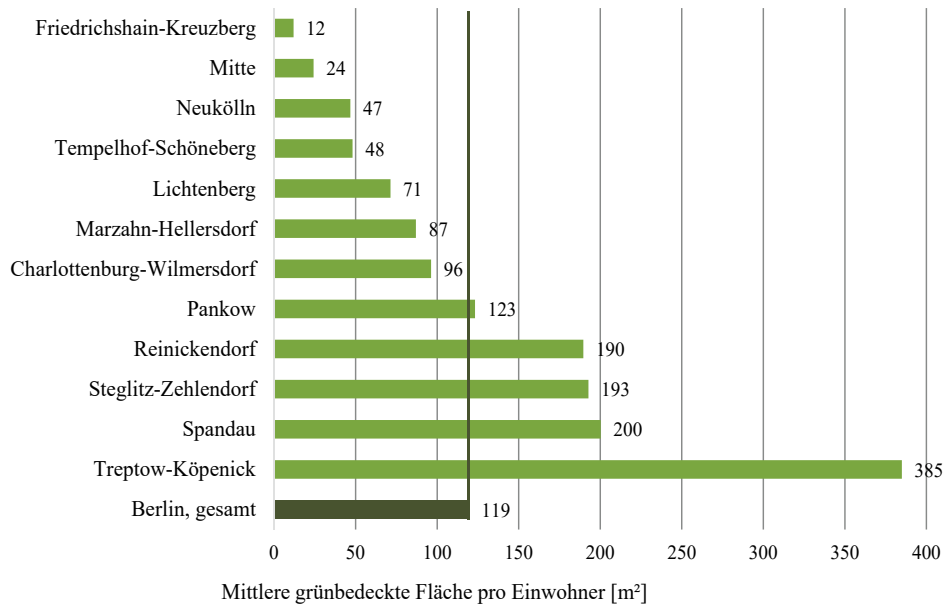


Abbildung 12:
Mittlere grünbedeckte Fläche pro Einwohner für die Stadtbezirke Berlins (Stand: 2018) (Stand: 2018); eigene Darstellung (IÖR)

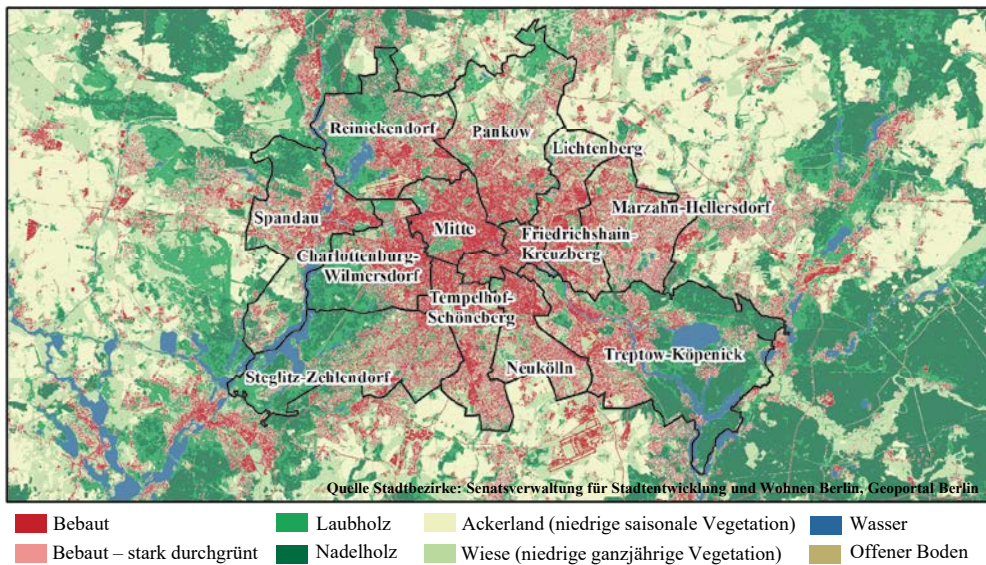


Abbildung 13:
Übersicht Stadtgrünraster für die Bezirke Berlins; eigene Darstellung (IÖR)

In welchen Städten ist das urbane Grün gut zu erreichen?

Beim Anteil der Wohnfläche, welche sich in fußläufiger Erreichbarkeit, die mit 300 Metern Entfernung vom Wohnort angenommen wird, von Grünflächen mit einer Mindestgröße von einem Hektar befindet, konnte für alle Stadttypen ein hoher Durchschnittswert von über 90 % ermittelt werden. Bei den kleinen Kleinstädten mit weniger als 10 000 Einwohnern beträgt der Wert nahezu 100 %.

Auch für den Anteil der Wohnfläche in maximaler Entfernung von 700 Metern zu Grünflächen ab einer Größe von zehn Hektar (empfohlene Werte für die Wochenenderholung) konnten ähnlich hohe Werte ermittelt werden. Von den großen Mittelstädten bis hin zu den kleinen Kleinstädten betragen die Durchschnittswerte nahezu 100 % (Abbildung 14).

In der Abbildung 15 werden die Wohnflächen innerhalb eines 300 Meter breiten Entfernungskorridors um Grünflächen ab

einem Hektar Größe exemplarisch für die Stadt Leipzig kartographisch dargestellt. Der Wohnflächenanteil in diesen definierten Umkreisen der Grünflächen beträgt hier durchschnittlich 91 % an der Gesamtwohnfläche. Dabei ist zu beachten, dass hier keine Aussagen über die tatsächliche Nutzbarkeit der betrachteten Grünflächen getroffen werden können. Barrieren in Form von nicht querbaren Verkehrsstrassen oder Umzäunungen, die einen Zutritt zu Grünflächen verhindern, Eigentumsverhältnisse und damit verbundene Betretungsbeschränkungen sowie der Charakter der Grünflächen konnten bei dieser Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Hierzu benötigt es ergänzende detaillierte Auswertungen vor Ort. Der Indikator stellt jedoch heraus, welche Städte oder Stadtteile im Hinblick auf die Größe und Verteilung ihrer Grünflächen nicht gut mit erreichbarem urbanem Grün ausgestattet sind.

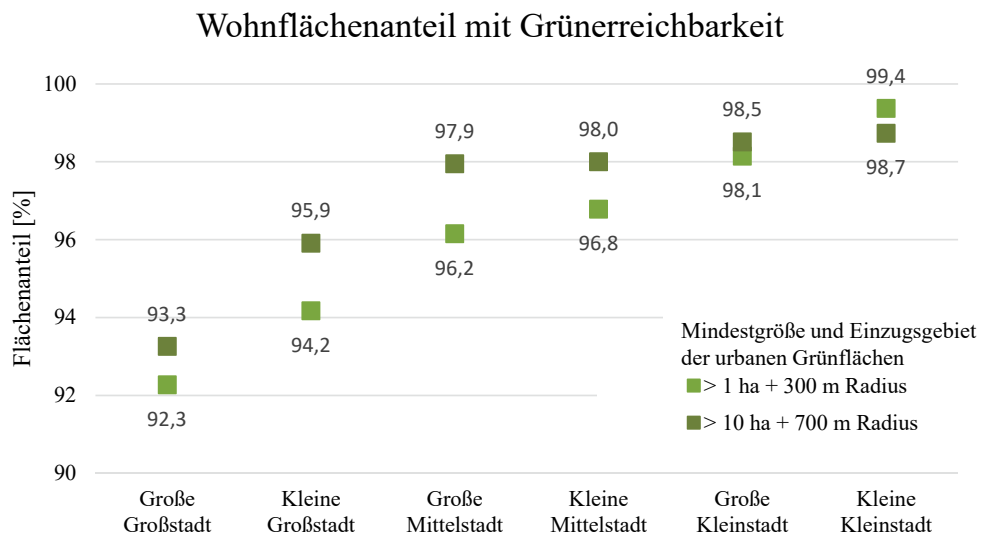
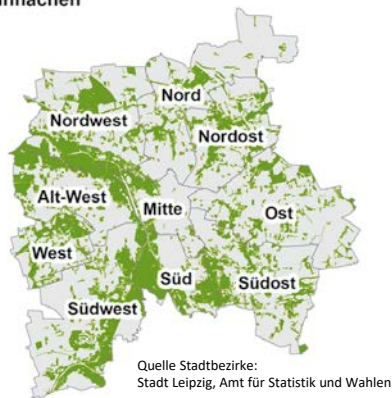


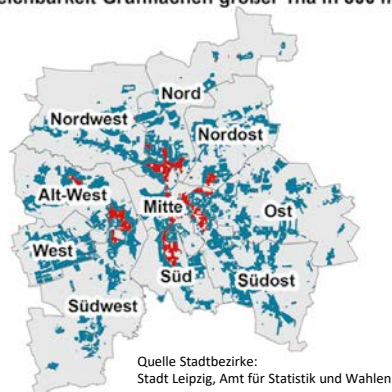
Abbildung 14: Mittlerer Anteil der Wohnfläche in deutschen Städten mit einer guten Erreichbarkeit von Grünflächen (Stand: 2018). Betrachtet werden alle Wohnstandorte, die sich innerhalb eines Radius von 300 Metern um kleinere Grünflächen ab einer Größe von einem Hektar bzw. in einer Entfernung von bis zu 700 Metern um mindestens 10 Hektar große Grünflächen befinden. Eigene Darstellung (IÖR)

Grünflächen



Grünflächen ≥ 1 ha

Erreichbarkeit Grünflächen größer 1ha in 300 m



Wohnfläche innerhalb des Erreichbarkeitsradius
Wohnfläche außerhalb des Erreichbarkeitsradius

Wohnflächenanteil mit guter Grünerreichbarkeit

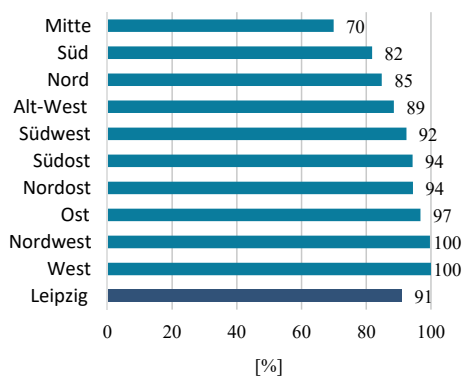


Abbildung 15:
Erreichbarkeit von Grünflächen für die Wohnflächen
der Stadtbezirke Leipzig (Stand: 2018);
eigene Darstellung (IÖR)

Wie gut ist die Vernetzung des urbanen Grüns?

Insbesondere kleinere Städte weisen zu-
meist weniger dichte Stadtstrukturen auf,
Stadtkerne sind oftmals klein, das Stadtge-
biet ist stärker mit dem Umland verzahnt.
So sind kleine Kleinstädte oft eher ländlich
als städtisch geprägt bzw. der urbane Cha-
rakter ist lokal eng begrenzt.

Dies spiegelt sich auch bei der Vernet-
zung des urbanen Grüns wieder. Der Proxi-
mity-Index ist ein distanzbasiertes
Landschaftsstrukturmaß, welches sowohl
Größe als auch Entfernung der Grünflä-
chen untereinander in Beziehung setzt.
Dabei steigt die relative Eingebundenheit
einer Grünfläche in das Gesamtsystem
aller vorhandenen Grünflächen, je näher
und größer die benachbarten Flächen in-
nerhalb eines definierten Suchradius sind.
Als Suchradius wird hier eine Entfernung
von 750 Metern Luftlinienabstand zur
Grünfläche gewählt. Diese Entfernung re-
präsentiert einen gängigen Wert für eine
fußläufige Erreichbarkeit (vgl. Lehmann
et al., 2017). Eine Beschränkung der Min-
destgröße der Grünflächen findet dabei
nicht statt.

Für die Bestimmung eines mittleren Proxi-
mitywertes einer Stadt erfolgt zunächst für
jede Grünfläche eine separate Berechnung
bei anschließender Medianwertbildung
(Land und Tiede, 2003). Aus Abbildung
16 ist ersichtlich, dass tendenziell bei ei-
ner kleiner werdenden Einwohnerzahl der
Städte die Eingebundenheit der Grünflä-
chen untereinander zunimmt.

Grad der Eingebundenheit urbaner Grünflächen

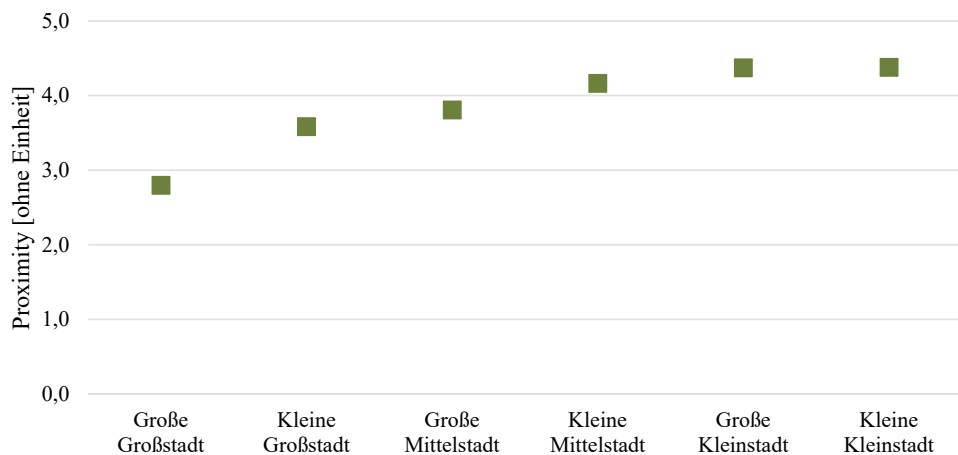


Abbildung 16: Eingebundenheit urbaner Grünflächen nach Stadt- und Gemeindetypen (Stand: 2028). Dargestellt sind die berechneten Mediane der Stadt- und Gemeindetypen. Für die Darstellung im Diagramm wurden die ermittelten Proximitywerte logarithmiert und als einheitenlose Indexwerte abgebildet. Eigene Darstellung (IÖR)

Obwohl die Interpretation einzelner Proximitywerte schwierig und nicht intuitiv möglich ist, kann als Regel gelten, dass hohe Werte grundsätzlich eine hohe Eingebundenheit der städtischen Grünflächen untereinander anzeigen. Damit liegt die Stärke dieses Kennwertes v. a. im Vergleich verschiedener Gebietseinheiten. Mittels

einer Reihung der Werte für die 14 großen Großstädte Deutschlands wird dies in Abbildung 17 aufgezeigt. Je höher der Proximitywert, desto stärker sind die städtischen Grünflächen untereinander eingebunden, d. h. es befinden sich viele große Grünflächen in gegenseitiger Nähe.

Eingebundenheit von Grünflächen in deutschen Großstädten

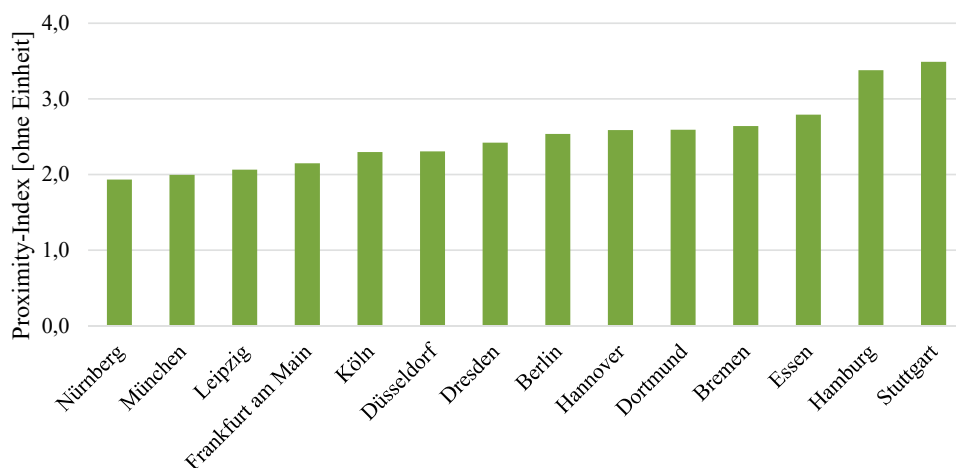


Abbildung 17: Eingebundenheit von Grünflächen der großen Großstädte Deutschlands (Stand: 2018). Die gemessenen Proximitywerte wurden aufgrund ihrer hohen Varianz logarithmiert und werden hier vergleichend als einheitenlose Indexwerte dargestellt. Eigene Darstellung (IÖR)

Welche Städte sind besonders von einer fehlenden positiven klimatischen Gunstwirkung von urbanem Grün gekennzeichnet?

Der Grünflächenteil einer Stadt verhält sich im Wesentlichen umgekehrt proportional zum Grad der Bodenversiegelung. Diese steigt mit zunehmender Verstädterung, so dass Großstädte durch höhere Bodenversiegelungswerte charakterisiert sind als Kleinstädte. So beträgt der durchschnittliche Versiegelungsgrad, der sich aus dem Copernicus-Datensatz Imperviousness Degree ergibt, bei den großen Großstädten 30,9 %, während dieser bei den kleinen Kleinstädten bei 6,1 % liegt. Der Mittelwert für alle 1 663 deutschen Städte ab 5 000 Einwohner beträgt 8,6 %.

Im Sinne einer fehlenden bioklimatischen Gunstwirkung werden bebauten Flächen mit einem Überbauungsgrad von mehr als 30 % ohne Nachbarschaft zu Grünflächen als klimaaktive Defizitflächen betrachtet. Ausgehend vom Stadtgrünraster Deutschland können diese Flächen mit Hilfe der

Landbedeckungsarten Bebauung, Bebauung/stark durchgrünt, der Grünbedeckungsarten Laubbaum, Nadelbaum und Wiese sowie der Wasserflächen näherungsweise bestimmt werden.

In stadtklimatischer Hinsicht werden Flächen der Klasse Bebauung als potentiell klimaaktive Defizitflächen angesehen, ebenso als bebaut mit starker Durchgrünung klassifizierte Flächen, sofern sie sich außerhalb eines Radius von 75 Metern um Grün- und Wasserflächen befinden. Innerhalb dieser Entfernung wird davon ausgegangen, dass die hier vorherrschende lockere Bebauung mit hohem Grünanteil einen für die positive klimatische Gunstwirkung von Grünflächen durchlässigen Raum darstellt. Grün- und Wasserflächen werden dabei nur dann in die Nachbarschaftsanalyse einbezogen, wenn sie mindestens einen Hektar groß sind (Abbildung 18).

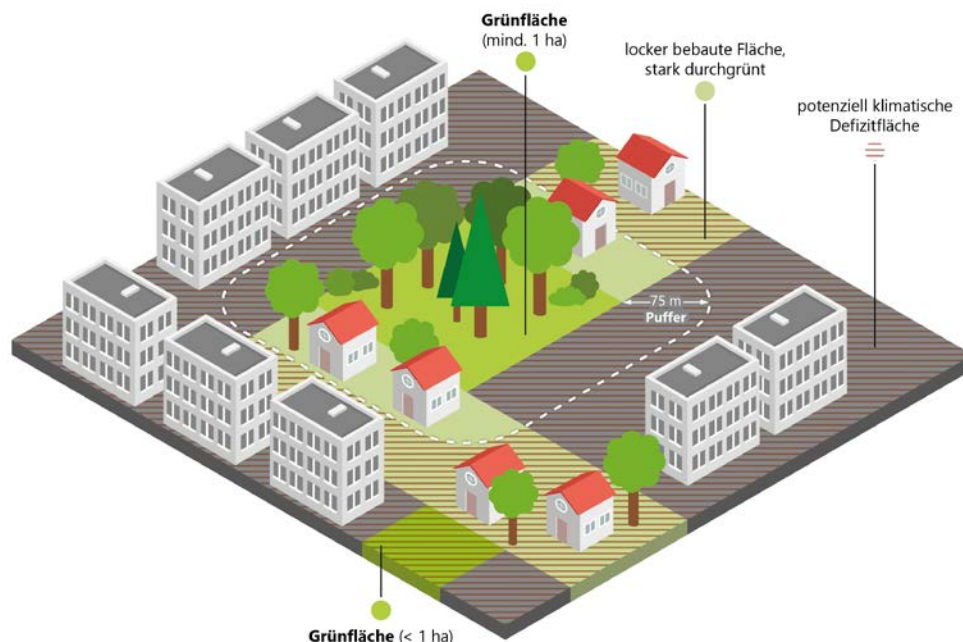


Abbildung 18:

Schematische Darstellung der Definition potentiell klimaaktiver Defizitflächen: Als Defizitflächen werden alle als bebaut klassifizierte Zonen betrachtet sowie alle stark durchgrünteren Bebauungsbereiche, wenn sie sich außerhalb einer Entfernung von 75 Metern um eine mindestens 1 Hektar große Grünfläche befinden. Eigene Darstellung (IÖR)

Weitere Parameter für die Bewertung des Stadtklimas wie Kaltluftentstehungsgebiete oder Frischluftkorridore können bei dieser Modellierung nicht berücksichtigt werden. Der Kennwert bietet eine Abschätzung potentieller Defizitflächen auf einheitlicher methodischer Grundlage für alle Städte in Deutschland und ist damit für vergleichen-

de Aussagen geeignet. Für genauere stadtspezifische Analysen sind lokal angepasste Klimamodelle zu verwenden.

Abbildung 19 stellt die mittleren Bodenversiegelungsgrade in den Stadt- und Gemeindetypen dar.

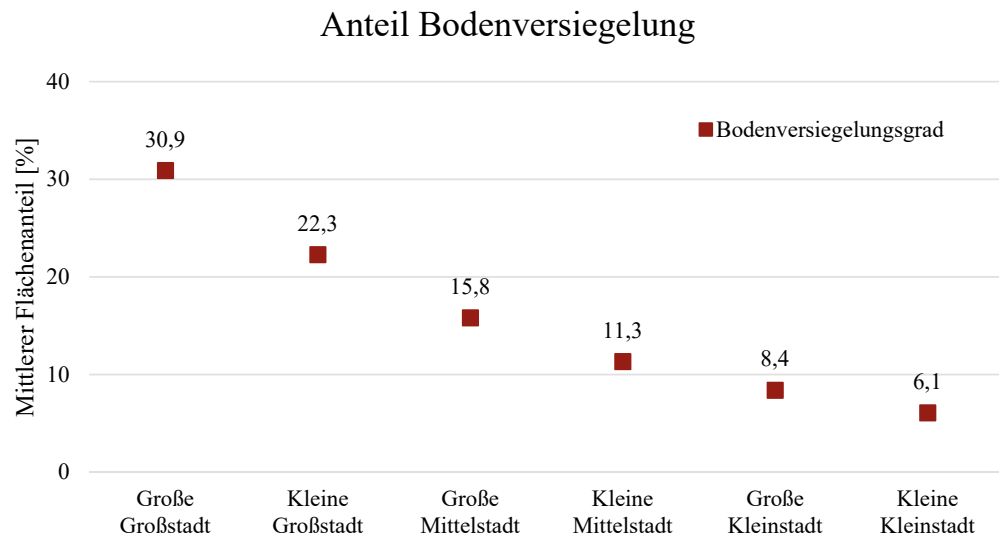


Abbildung 19: Mittlere Bodenversiegelungsgrade (gemäß Copernicus-Layer Imperviousness Degree) nach Stadttypen (Stand: 2018). Eigene Darstellung (IÖR)

In Abbildung 20 sind die mittleren Flächenanteile der klimaaktiven Defizitflächen, welche nicht von einer Gunstwirkung des urbanen Grüns profitieren, dargestellt. Es zeigt sich, dass beide Kenngrößen im Mittel bei geringer werdenden Einwohnerzahlen sinken. So liegt der Durchschnitts-

wert für die großen Großstädte bei der Bodenversiegelung bei 30,9 % und bei den klimaaktiven Defizitflächen bei 26,9 %. Bei den kleinen Kleinstädten beträgt der Durchschnittswert für die Bodenversiegelung 6,1 % und bei den klimaaktiven Defizitflächen 4,7 %.

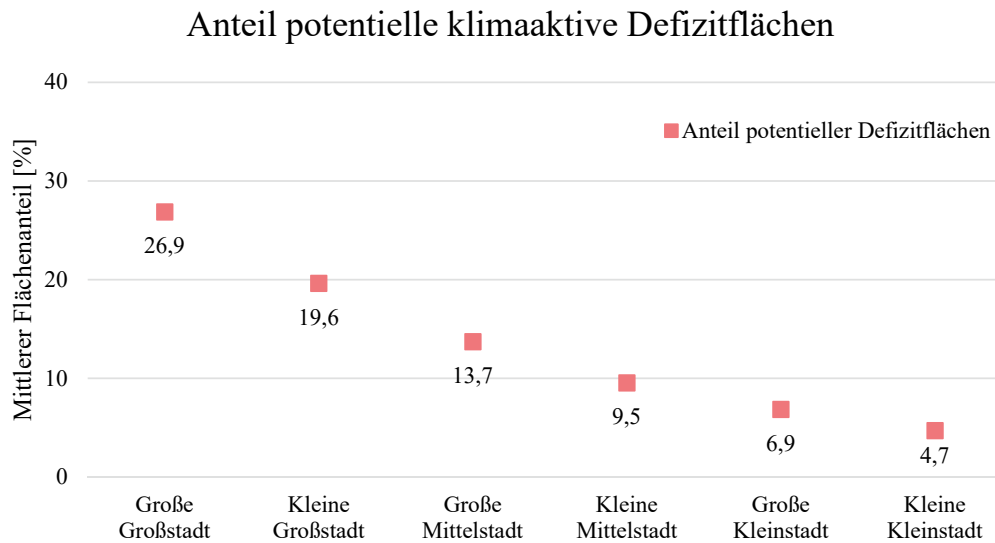


Abbildung 20:
Mittlere Anteile potentieller Defizitflächen (gemäß Stadtgrünraster) nach Stadttypen (Stand: 2018).
Eigene Darstellung (IÖR)





Möglichkeiten des Monitorings

5 Möglichkeiten des Monitorings

Um zu untersuchen, inwiefern sich das Stadtgrünraster Deutschland für das Aufzeigen von Veränderungen des Stadtgrüns eignet, wurde zum Vergleich die Sentinel-2-Klassifikation von 2015 verwendet, welche für die Erprobung der Methodik erstellt wurde (vgl. Kapitel 2). Diese Klassifikation wurde aus Satellitenbildern von 2015 bis 2017 erstellt. Grund für den langen Aufnahmezeitraum ist, dass bis 2017 das Zwillingsatellitensystem noch nicht voll operativ war. Zunächst befand sich nur Satellit Sentinel-2A im Orbit, sodass anfangs noch nicht mit der vollen Wiederholfrequenz aufgezeichnet werden konnte und zu wenige Bildaufnahmen für eine wolkenfreie deutschlandweite Abdeckung zur Verfügung standen. Die Gesamtgenauigkeit dieser Landbedeckungsklassifikation liegt bei 93,6 %.

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für sich ändernde bzw. unveränderte Gebiete der Grünausstattung in Deutschland. Abbildung 21 zeigt ein Waldgebiet südlich von München, das weitgehend unverändert geblieben ist. In beiden Klassifikationen (a, b) und auch in den Sentinel-2-Bildern (c, d) können keine großen Änderungen identifiziert werden. Die verwendeten Satellitenbilder unterscheiden sich jedoch in ihrem visuellen Erscheinungsbild aufgrund der Einflüsse Sonne, Helligkeit und Wasserdampf voneinander. Dennoch gelang es mit der verwendeten Klassifikationsmethode, in den Bildern die Landbedeckungen richtig abzugrenzen. Dies ist durch die Mittelung einer Vielzahl von Satellitenszenen aus dem Jahresverlauf möglich, was den Einfluss von Einzelbildern erheblich reduziert.

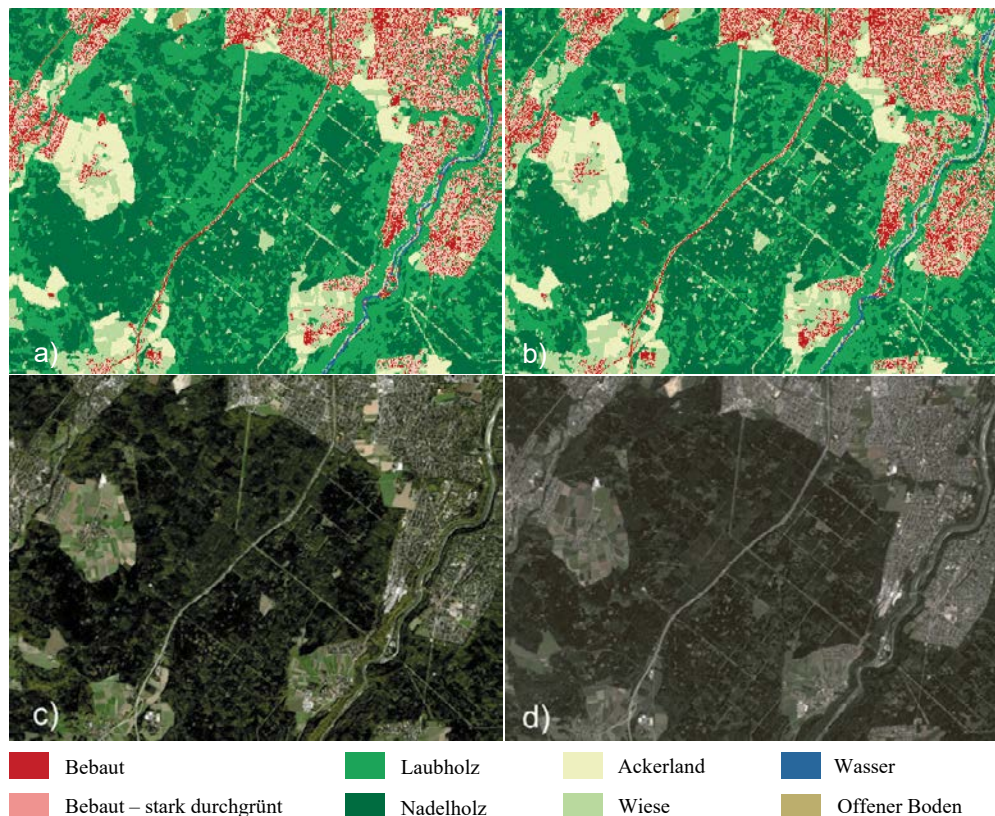


Abbildung 21: Forstenrieder Park in München; a) Klassifikation 2015, b) Klassifikation 2018, c) Sentinel-2 Aufnahme 2017, d) Sentinel-2 Aufnahme 2018; eigene Darstellung (DLR)

In Abbildung 22 ist der Ismaninger Speichersee zu sehen, welcher sich nordöstlich von München befindet. Dieser ist in nur sehr geringem Maß dem natürlichen Wandel unterlegen. Dies spiegelt sich in den Klassifikationen (a, b) und auch den Sentinel-2 Bildern (c, d) wider. Die Unterscheidung von Ackerland und Grünland ist anhand eines einzelnen Satellitenbildes

schwierig. Da die Klassifikation auf ein Medianmosaik beruht und somit mehrere Satellitenbilder aus dem Verlauf eines Jahres verwendet werden, können Einflüsse durch die Phänologie reduziert und die saisonale Vegetation (Ackerland) von der ganzjährigen Vegetation (Grünland) unterschieden werden.

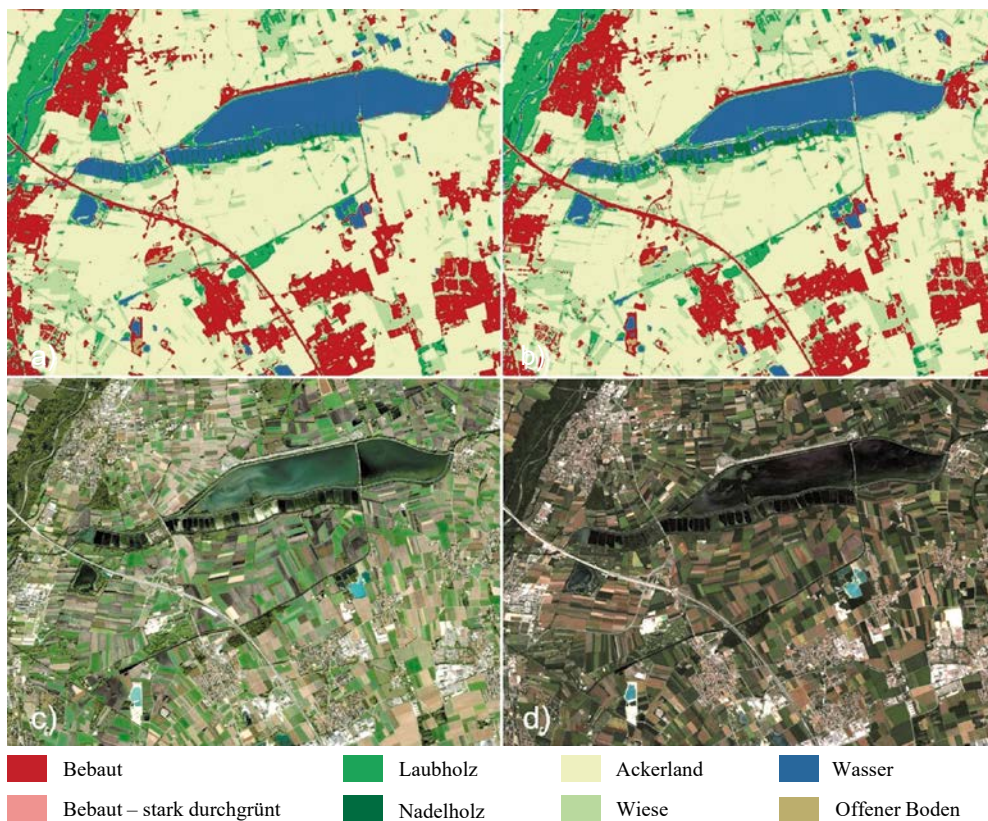


Abbildung 22: Ismaninger Speichersee München; a) Klassifikation 2015, b) Klassifikation 2018, c) Sentinel-2 Aufnahme 2017, d) Sentinel-2 Aufnahme 2018; eigene Darstellung (DLR)

Abbildung 23 stellt ein Waldgebiet in der Nähe des Heiligensees in Berlin dar. Hier wurde ein Areal im Norden gerodet. Diese Veränderung kann gut in der Klassifikation (b) (grün zu hellgrün) sowie dem Satellitenbild (d) erkannt werden. Eine weitere Änderungsfläche ist unten gekennzeichnet: eine Baustelle, die sich in der Zeitperiode von offenen Boden (braun) zu Bebaut (rot) verändert hat.

Urbane Gebiete unterliegen einer kontinuierlichen Dynamik des Landbedeckungswandels, wenn diese auch in Deutschland insgesamt vergleichsweise gering ausfällt. Abbildung 24 zeigt die Veränderung einer Baustelle im Westen Münchens. Auf dem Gebiet von Freiham entsteht auf 350 Hektar ein neuer Stadtteil. In den Bildern ist das dadurch zu erkennen, dass die zugewiesenen Klassen von offenem Boden (braun) zu mehr bebauter Fläche (rot) im Jahr 2018 (b) verändert wurden.

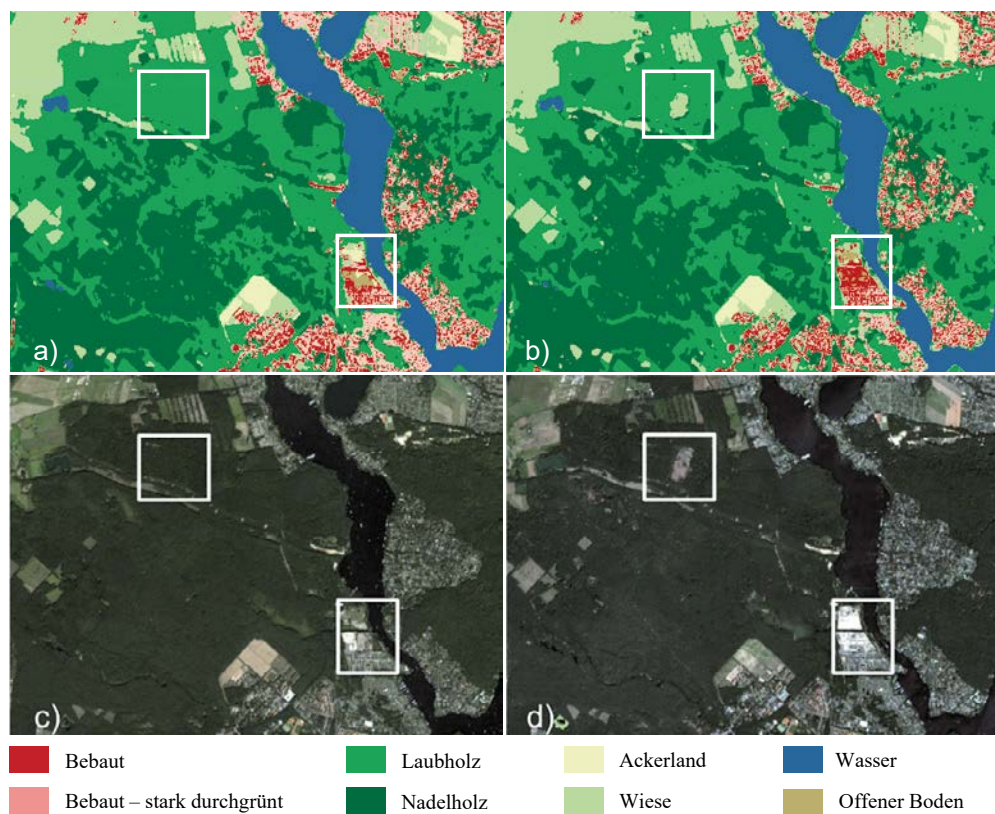


Abbildung 23: Ausschnitt Heiligensee Berlin; a) Klassifikation 2015, b) Klassifikation 2018, c) Sentinel-2 Aufnahme 2016, d) Sentinel-2 Aufnahme 2018; eigene Darstellung (DLR)

Verglichen beispielsweise mit der Entwicklung von Megacities in Asien, Afrika oder Südamerika, wo in kürzesten Zeiträumen ganze Städte entstehen und bestehende Siedlungen in wenigen Jahren auf ein Vielfaches ihrer Größe anwachsen, verändert sich die Bau- und Grünsituation in Deutschland vergleichsweise nur sehr geringfügig. Veränderungen beim Stadtgrün, zum Beispiel der Verlust von Grünflächen für den Wohnungsbau oder der Abriss und die Begrünung alter Industrieanlagen finden in relativ langen Zeiträumen statt, sodass sich höchste Ansprüche bei der Messung von Veränderungen und damit an ein Monitoring des Stadtgrüns stellen.

So sollte der Zeitraum, in dem Veränderungen sicher erkannt werden sollen, nicht

zu kurz gewählt werden. Hier wird ein Abstand von ca. 6 Jahren empfohlen unter Nutzung von LUCAS-Punkten, die aller 3 Jahre erhoben werden und der Erstellung einer Landbedeckungsklassifikation als Referenz dienen. So sollte das nächste Stadtgrünraster 2024 berechnet und damit der Weg für ein langfristiges Monitoring des Stadtgrüns eröffnet werden.

Neben der Ermittlung der Fläche des Stadtgrüns für zwei Zeitpunkte können auch die jeweilig berechneten Werte der Indikatoren miteinander verglichen werden. Neben dem absoluten Vergleich bietet sich hier auch der Vergleich von Positionen einer Stadt in einem Ranking auf Basis dieser Indikatorwerte an.

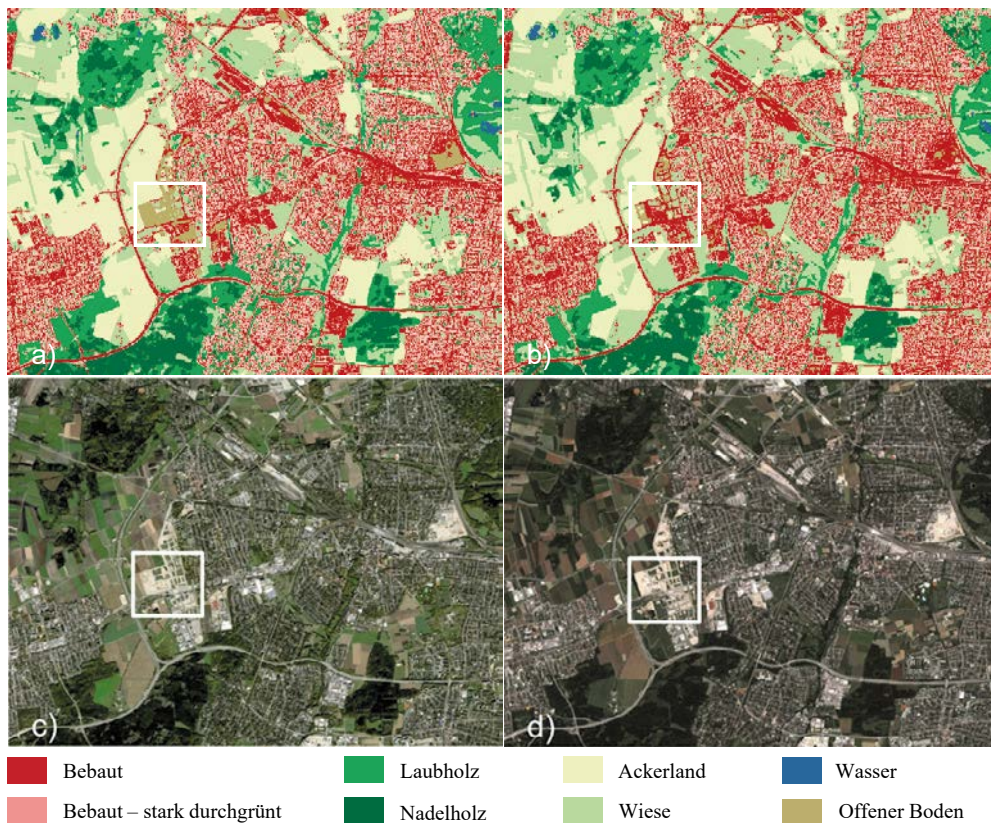


Abbildung 24: Ausschnitt München Aubing; a) Klassifikation 2015, b) Klassifikation 2018, c) Sentinel-2 Aufnahme 2017, d) Sentinel-2 Aufnahme 2018; eigene Darstellung (DLR)





Weiterführende Untersuchungs- möglichkeiten

6 Weiterführende Untersuchungsmöglichkeiten

Der Schwerpunkt bei den Berechnungen auf Grundlage des Stadtgrünraster Deutschland liegt auf der bundesweiten Vergleichbarkeit der Informationen zum Stadtgrün und einer Übersichtsdarstellung der Grünsituation der Städte einschließlich entsprechender Indikatoren. Für genauere Informationen zu den Grün-Defiziten und für die Ableitung konkreter Handlungsanforderungen in den einzelnen Städten ist die Einbeziehung hochauflösender Daten

und darauf aufbauender weiterführender Analysen notwendig. Hier reicht die Auflösung der Sentinel 2-Daten mit 10 m Pixelauflösung in der Regel nicht aus. Darum soll hier anhand von im Projekt bearbeiteten Praxisbeispielen aufgezeigt werden, wie Städte unter Verwendung weiterer eigener Daten für die Planung vor Ort wichtige und relevante Ergebnisse zur ihrer Grün-ausstattung erzielen werden können.

6.1 Grünvolumen als Klima-Indikator

Bei der Ermittlung des Grünvolumens werden neben der grünbedeckten Fläche auch die Wuchshöhe und die Wuchsform des Grüns einbezogen. Das Grünvolumen kann mittels der Grünvolumenzahl beschrieben werden, welche das durchschnittliche Grünvolumen pro Fläche (Einheit: m^3/m^2) angibt.

Während bei niedriger Vegetation wie Rasen für die Berechnung des Grünvolumens nur die Vegetationshöhe berücksichtigt wird, wird bei Bäumen beispielsweise über die Modellierung der Baumkronen mittels Approximation durch Kegel, Kugel oder Zylinder neben der Höhe auch deren Form berücksichtigt. Mit Kenntnis des Grünvolumens lassen sich insbesondere Fragestellungen zu klimatischen Aspekten im urbanen Raum differenzierter betrachten, beispielsweise zur Kühlwirkung durch Bäume.

Für die Berechnung des Grünvolumens werden folgende hochauflösende Daten benötigt:

- Stereo-RGBI-Luftbilder oder
- Laserscan-Aufnahmen und RGBI-Ortho-luftbilder

Mittels der Stereo-Luftbilder oder den Laserscan-Aufnahmen werden Oberflächenmodelle erzeugt, welche für die Bestimmung der Höhe der Vegetation (insbesondere der Büsche und Bäume) verwendet werden können. Aus den RGBI-Luftbildern lässt sich mittels automatischer Klassifikation die Verortung und die Art der Vegetation bestimmen. Die Vegetationsflächen werden dann ihrer Art entsprechend mit der Vegetationshöhe kombiniert.

Wo nimmt Grünvolumen zu oder ab?

Berechnet man das Grünvolumen für zwei Zeitpunkte, können aus deren Vergleich Aussagen über die Änderung des Grünvolumens über einen Zeitraum getroffen werden. In welchen Bereichen wurde urbanes Grün entfernt oder hat sich das Volumen verringert? Es ist ratsam, dieses für größere Flächen zu betrachten, beispielsweise auf Ebene von Baublöcken, statistischen Blöcken oder Ortsteilen. Hierfür muss aus dem Grünvolumen die Grünvolumenzahl für die gewünschte Fläche berechnet werden. Nachfolgend erfolgt die Berechnung der Differenz aus dem aktuellen und früheren Zeitpunkt, um Zuwachs bzw. die Abnahme zu bestimmen. So können z. B. für

die Stadt Potsdam die Zu- und Abnahmen des Grünvolumens von 2016 bis 2018 auf

Basis der statistischen Blöcke berechnet werden (Abbildung 25).

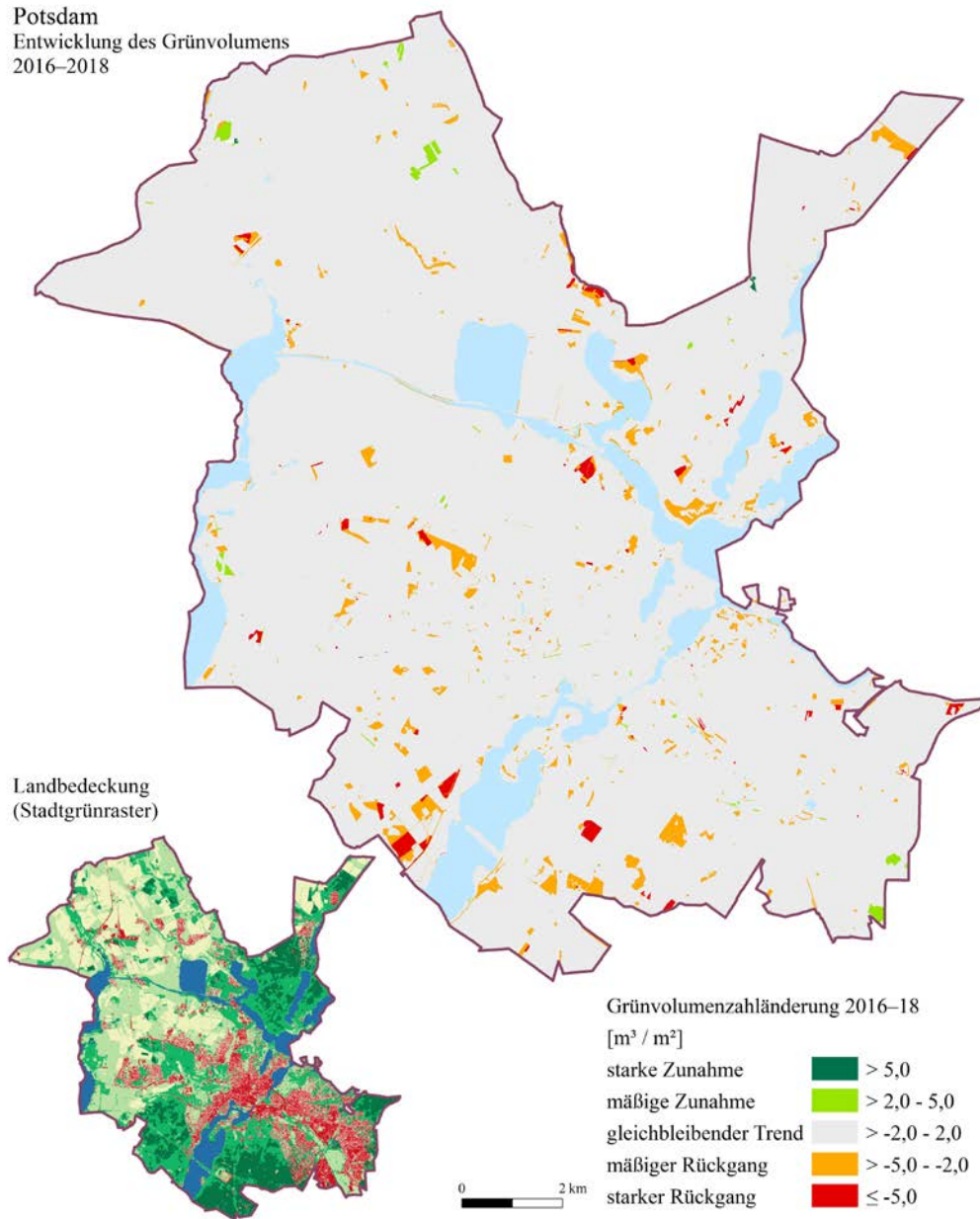


Abbildung 25:
Grünvolumen: Zu- und Abnahme am Beispiel Potsdam 2016/1992; eigene Darstellung (LUP/IÖR)

Wie viel urbanes Grün wird benötigt, um die Hitzebelastung zu reduzieren?

Grünvolumen, Versiegelungsanteil und Oberflächentemperatur stehen in Zusammenhang miteinander. So ist es möglich, mit einer Erhöhung des Grünvolumens oder der Verringerung der Versiegelung die Oberflächentemperatur zu senken (Abbildung 26).

Wie viel Grünvolumen ist nun notwendig, um eine Absenkung der Oberflächentemperatur auf städtischen Hitzeinseln um einen gewünschten Wert an sehr heißen Tagen zu erreichen? Hierzu wird die Oberflächentemperatur eines sehr heißen Tages genutzt, die sich beispielsweise aus Daten des Satelliten Landsat ermitteln lässt.

Am Beispiel der Stadt Hanau soll verdeutlicht werden, an welchen Stellen Grünvolumen bei gleichbleibendem Versiegelungsgrad fehlt, um die Oberflächentemperatur auf ein gewünschtes Maß zu beschränken. Dafür wurde aus einem generalisierten Modell, was die Abhängigkeit von Oberflächentemperatur, Grünvolumenzahl und Versiegelung beschreibt, eine Formel abgeleitet, um den Grünvolumenbedarf zu ermitteln, der zur Temperaturabsenkung nötig ist. Danach kann unter sonst gleichen meteorologischen Bedingungen die Oberflächentemperatur um 1 °C gesenkt werden, wenn das anstehende Grünvolumen um 2,5 m³/m² vermehrt wird (Frick et al., 2020). Dieses Grünvolumen ist nur durch Pflanzung klimaresilienter Baumarten erreichbar.

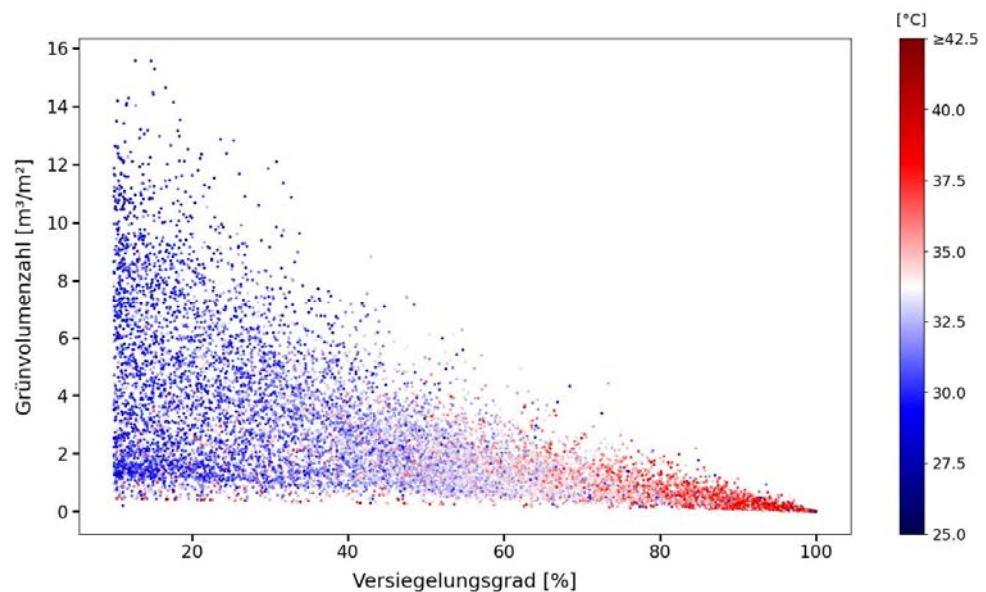


Abbildung 26:
Zusammenhang zwischen Oberflächentemperatur, Grünvolumenzahl und Versiegelung
(Quelle: Frick et al., 2020)

In der Abbildung 27 werden für die Stadt Hanau nach dieser Formel die Bereiche aufgezeigt, an denen Grünvolumen fehlt, um eine definierte Oberflächentemperatur von 32 °C nicht zu überschreiten.

Ausgangspunkt der Berechnung ist die modellierte Oberflächentemperatur, wie sie sich räumlich an heißen Tagen im Stadtgebiet ausbildet. Als Basis dienen Daten der amerikanischen Landsat-Satelliten, die neben optischen Multispektralkanälen auch im thermalen Infrarot aufzeichnen.

Durch die Auswahl von Aufnahmen, welche an heißen Sommertagen entstanden sind, kann eine mittlere Temperaturverteilung auf der urbanen Oberfläche berechnet werden (vgl. Krüger et al., 2013). Heiße Tage sind dabei entsprechend der klimatologischen Kenntage definiert, d. h. die Tagesmaximaltemperatur liegt bei über 30 °C. Für die Bereiche mit hohen Oberflächentemperaturen können somit anhand der Regressionsgleichung die Grünvolumina bestimmt werden, die zur Abkühlung auf einen Referenzwert benötigt werden.

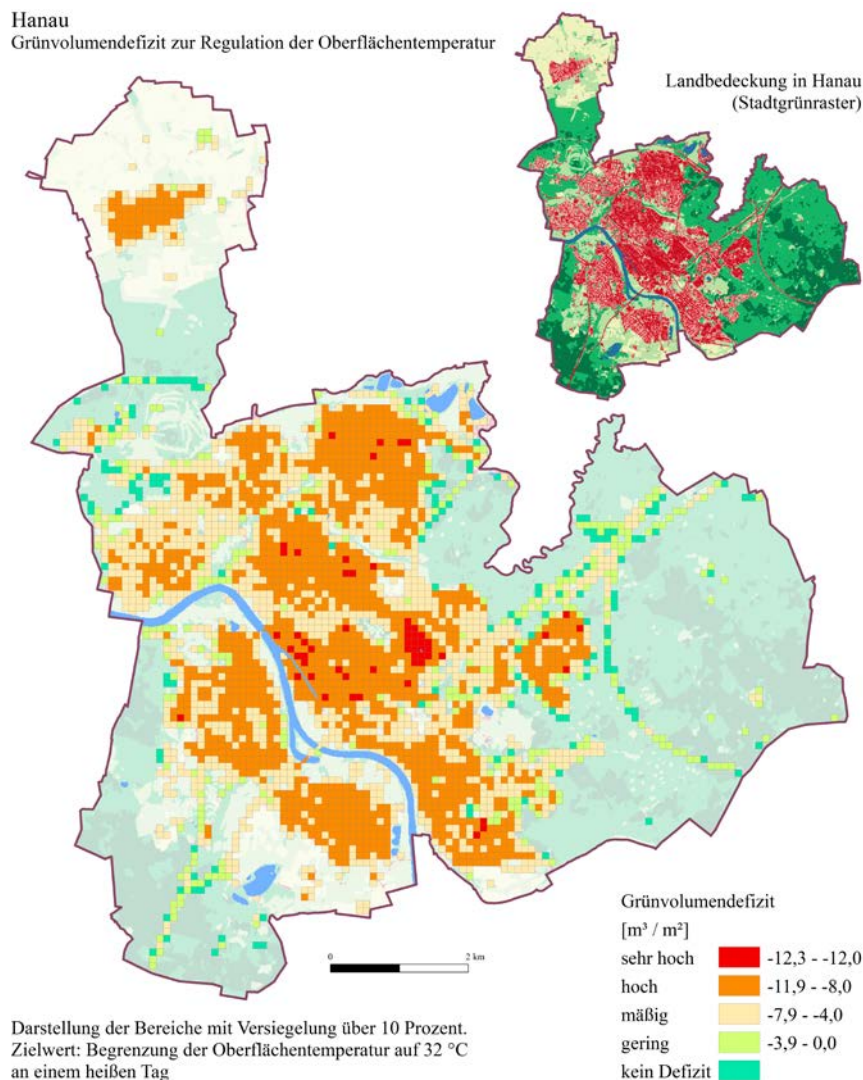


Abbildung 27:
Thermale Analyse zur Bestimmung des Gründefizits zur Absenkung der Oberflächentemperatur am Beispiel Hanau; eigene Darstellung (LUP/IÖR)

6.2 Vitalität des urbanen Grüns

Insbesondere die von großer Trockenheit geprägten Jahre 2018, 2019 und 2020 haben nicht nur in den Wäldern große Spuren hinterlassen. Auch in den Städten hatten es die Bäume trotz Bewässerungsmanagement schwer, der Trockenheit und ihren damit einhergehenden Begleitscheinungen wie dem Befall von Schädlingen standzuhalten.

Sichtbar wird dies in der Vitalität der Bäume, die sich auch mittels Satellitenbildern bestimmen lässt. Hierfür können Sentinel-2-Satellitenbilder verwendet werden,

aus denen sich für die Berechnung des Disease Water Stress Index DSWI (Galvão et al., 2005) die reduzierte Chlorophyll-Konzentration (Pigmentdegradierung) und veränderte Chlorophyll-/Carotinoid-Verhältnisse sowie ein verringerter Blattwassergehalt entnommen werden können.

Im Vergleich der Jahre 2019 und 2017 am Beispiel der Stadt Potsdam zeigen sich vor allem im städtischen Bereich und Park Babelsberg Vitalitätsverluste bei den Bäumen (Abbildung 28).

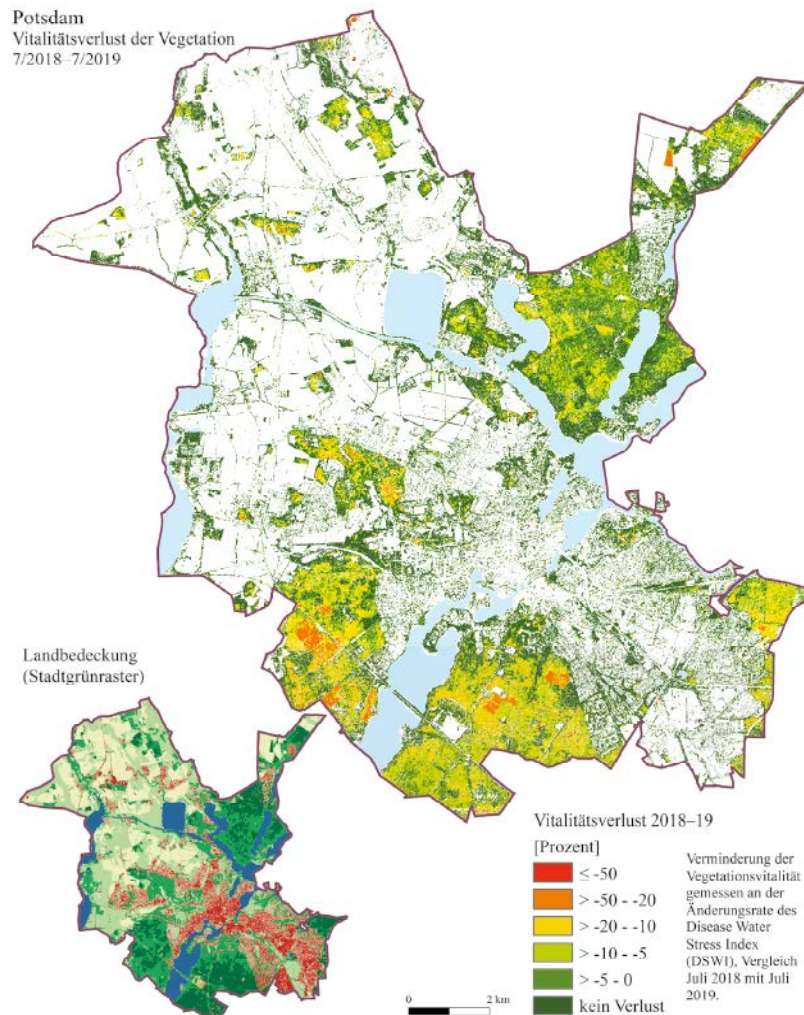


Abbildung 28:
Vitalitätsanalyse für Potsdam; eigene Darstellung (LUP/IÖR)

6.3 Umweltgerechtigkeit in der Grünraumversorgung

Das Thema der Umweltgerechtigkeit widmet sich dem Zusammenhang zwischen soziodemographischen Parametern und der lokalen Lebensumwelt auf der einen Seite sowie den individuellen Voraussetzungen für eine gesunde Lebensführung auf der anderen Seite (Bolte et al., 2012; Baumgart et al., 2018; Rusche & Fina, 2019). Mit Fokus auf das Fehlen der Umweltressource „Stadtgrün“ nach sozialer Schicht wurde ein ausgewählter Bereich des insgesamt sehr vielschichtigen Themas der Umweltgerechtigkeit anhand einer beispielhaften Auswertung für die Stadt Solingen analysiert.

Hierfür wurden Informationen zur sozialen Schicht nach Haushalten des Datenanbieters infas360⁷ genutzt sowie zur Abgren-

zung der öffentlich zugänglichen Grünflächen entsprechende Grünflächenobjekte dem Amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) entnommen. Basierend auf dem Wegenetz von OpenStreetMap (OSM) wurde anschließend um die Wohnadressen eine Isochrone modelliert, die alle Bereiche innerhalb einer Wegedistanz von 2 km einschließt. Die innerhalb dieses Radius befindlichen öffentlichen Grünflächen wurden nun der entsprechenden Wohnadresse zugeordnet.

Bei Auswertung der Wohnadressen hinsichtlich der sozialen Schicht ihrer Bewohnerschaft wird deutlich, dass rangniedrige soziale Schichten tendenziell weniger öffentlich zugängliches Stadtgrün zur Verfügung haben als ranghöhere Gruppen (Abbildung 29).

⁷ Die sozialen Schichten werden von infas360 nach Parametern wie Bildung und Einkommen gebildet. Daten zu den Wohnadressen werden aggregiert zur Verfügung gestellt, sodass keine Aussagen zu Einzelpersonen möglich sind.

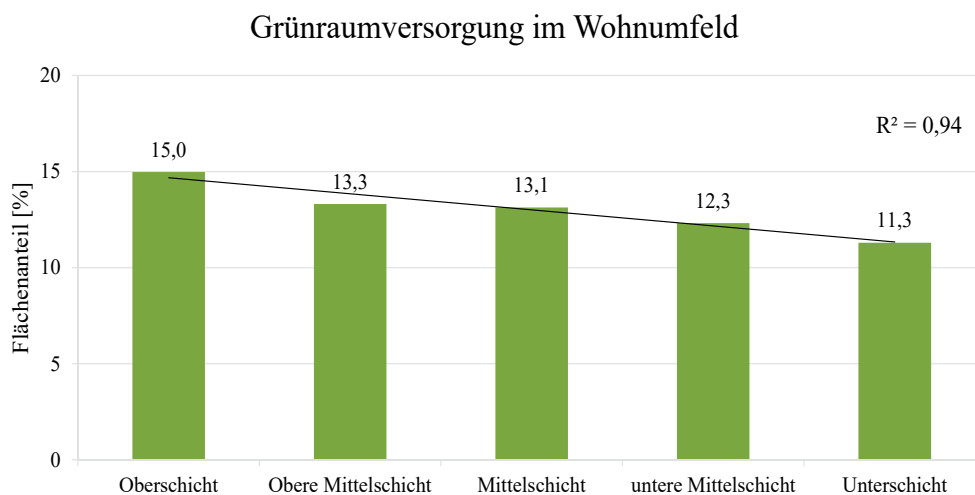


Abbildung 29: Auswertung der Stadtgrünversorgung im Wohnumfeld (2000 Meter Wegedistanz) nach sozialer Schicht für die Stadt Solingen (Daten: infas360, OpenStreetMap, OpenNRW); eigene Darstellung (ILS)



Fazit für die Praxis



7 Fazit für die Praxis

Mit dem Stadtgrünraster Deutschland liegt eine bundesweit einheitliche Datengrundlage auf Basis von Sentinel-2-Satellitendaten für die vergleichende Beschreibung der Grünausstattung deutscher Städte vor. Mit einer Rasterauflösung von zehn Metern werden bei einer Genauigkeit von über 90 % Bebauung, offener Boden, Nadelholz, Laubholz, Wiese, Acker und Wasser klassifiziert. Die methodischen Grundlagen für die Erstellung des Datensatzes wurden durch Kombination von Daten aus drei Vegetationsperioden (2015 – 2017) gelegt. Der darauf aufbauende Datensatz des Jahres 2018 ist als kostenfreies Produkt verfügbar und ermöglicht die flächendeckende Bestimmung der urbanen Grünausstattung bei gleichzeitiger Unterscheidbarkeit zwischen Großgrün (Nadel- und Laubholz) und niedriger Vegetation (Wiese).

Mithilfe von Indikatoren, die auf Basis des Stadtgrünrasters Deutschland berechnet werden können, lassen sich bundesweit vergleichbare Informationen zu verschiedenen Aspekten des Stadtgrüns ableiten. Diese Informationen eignen sich für:

- eine umfassende Beschreibung aller Städte in Deutschland hinsichtlich ihrer Grünraumversorgung, Erreichbarkeit und Vernetzung des urbanen Grüns sowie klimatischen Gegebenheiten,
- das Aufzeigen und Verorten von Gründefiziten,
- den Vergleich der Städte miteinander bezüglich ihres Stadtgrüns und der Einordnung einzelner Städte hinsichtlich ihrer Grünausstattung.

Interessierten Städten wird empfohlen, das digitale Stadtgrünraster 2018 als Ausschnitt für ihre Stadt und deren Umgebung in ihr städtisches Geo- bzw. Umweltinfor-

mationssystem aufzunehmen. So kann der Rasterdatensatz unter Nutzung beliebiger eigener Geometrien wie Blockkarte, kommunale Teilgliederungen, Grünzügen usw. verschnitten und die vorgestellten Indikatoren dafür berechnet werden. Der Datensatz wurde publiziert und kann zur freien Nutzung heruntergeladen werden⁸.

Stadtteilscharfe Informationen zur Grünausstattung auf Basis des Stadtgrünrasters 2018 sowie viele andere Informationen stellt u. a. der Monitor der Siedlungs- und Freiraumentwicklung (IÖR-Monitor) zur Verfügung (vgl. Kapitel 4), wo die Ergebnisse des Projekts eingestellt sind (Abbildung 30).

Für genauere Informationen zu den Gründefiziten und für die Ableitung konkreter Handlungsanforderungen in den einzelnen Städten sollten weitere hochauflösende Daten wie Digitale Orthophotos (DOP), Stereoluftbilder oder Laserscandaten einbezogen werden. Damit werden detailreichere Aussagen ermöglicht. Dies wurde exemplarisch anhand einiger vorgestellter Beispiele erprobt.

Ausführlichere Informationen zur Entwicklung des Stadtgrünrasters, der Berechnung von Grün-Indikatoren sowie zu weiteren erprobten Fallbeispielen zu den Themen Grünvolumenversorgung und -veränderung, klimatischer Belastung in Städten, Umweltgerechtigkeit in der Grünversorgung und der Vitalität des Stadtgrüns können im online veröffentlichten Endbericht des Projektes „Wie grün sind deutsche Städte“ (Meinel et al., 2021) nachgelesen werden⁹.

⁸ <https://doi.org/10.26084/IOERFDZ-R10-URB-GRN2018>

⁹ <https://doi.org/10.26084/ioer-2022urbgrn>

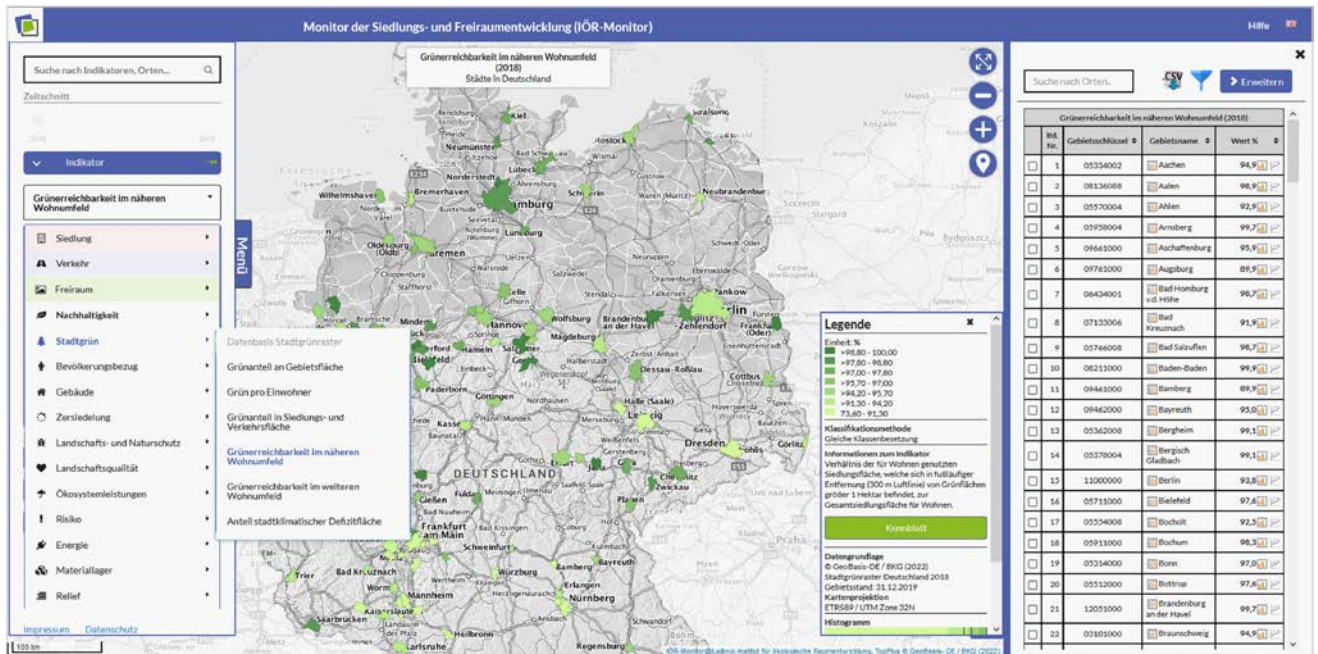


Abbildung 30: Oberfläche des IÖR-Monitors (www.ioer-monitor.de) mit Bedienmenü, Kartendarstellung und Tabellenansicht als Plattform für die künftige Bereitstellung der Stadtgrünindikatoren. Hier dargestellt: Grünerreichbarkeit im näheren Wohnumfeld für die Städte mit mehr als 50 000 Einwohner. Eigene Darstellung (IÖR)





Literatur

8 Literatur

- Baumgart**, Sabine; Köckler, Heike; Ritzinger, Anne; Rüdiger, Andrea, 2018: Planung für gesundheitsfördernde Städte. Forschungsberichte der ARL.
- BMUB** – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2015: Grünbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt – Für eine lebenswerte Zukunft. 1. Auflage. Berlin.
- BMUB** – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 2017: Weißbuch Stadtgrün. Grün in der Stadt - Für eine lebenswerte Zukunft. 1. Auflage. Berlin.
- Bolte**, Gabriele; Bunge, Christiane; Hornberg, Claudia; Köckler, Heike; Mielck, Andreas, 2012: Umweltgerechtigkeit durch Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit. In: Bolte, Gabriele; Bunge, Christiane; Hornberg, Claudia; Köckler, Heike; Mielck, Andreas (Hrsg.): Umweltgerechtigkeit. Chancengleichheit bei Umwelt und Gesundheit: Konzepte, Datenlage und Handlungsperspektiven, S. 15–37.
- Eichler**, Lisa; Krüger, Tobias; Meinel, Gotthard; Tenikl, Julia; Wurm, Michael, 2020: Wie grün sind deutsche Städte? Indikatorgestützte fernerkundliche Erfassung des Stadtgrüns. AGIT – Journal für Angewandte Geoinformatik, 6-2020, S. 306-315.
- ESA**, 2019: Sentinel-2. Zugriff: <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> [abgerufen am 04.12.2019].
- European Commission**, 2013: Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen: Grüne Infrastruktur (GI) — Aufwertung des europäischen Naturkapitals. COM(2013) 249 final. Zugriff: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52013DC0249> [abgerufen am 06.03.2019].
- Eurostat**: Land cover / use statistics. Zugriff: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas> [abgerufen am 17.01.2019].
- Frick**, Annett; Wagner, Kathrin; Kiefer, Thomas; Tervoren, Steffen, 2020: Wo fehlt Grün? – Defizitanalyse von Grünvolumen in Städten. In: Meinel, Gotthard; Schumacher, Ulrich; Behnisch, Martin; Krüger, Tobias (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring II mit Beiträgen zum Monitoring von Ökosystemleistungen und SDGs. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 78, S. 223-238.
- Galvão**, Lênio Soares; Formaggio, Antônio Robert; Tisot, Daniela Arnold, 2005: Discrimination of sugarcane varieties in Southeastern Brazil with EO-1 Hyperion data. Remote Sensing of Environment, 94 (4), S. 523–534.
- Grunewald**, Karsten; Richter, Benjamin; Meinel, Gotthard; Herold, Hendrik; Syrbe, Ralf-Uwe, 2016: Entwicklung nationaler Indikatoren zur „Erreichbarkeit von öffentlichen Grünflächen“ für die Bewertung der Ökosystemleistung „Erholung in der Stadt“. Naturschutz und Landschaftsplanung, 48 (7), S. 218-226.
- Hennersdorf**, Jörg; Lehmann, Iris, 2014: Grünausstattung von Städten und Regionen und klimatische Wirkungen von Stadtgrün. In: Wende, Wolfgang; Rößler, Stefanie; Krüger, Tobias (Hrsg.): Grundlagen für eine klimawandelangepasste Stadt- und Freiraumplanung. Berlin: Rhombos-Verlag, S.21-41
- IÖR** – Leibniz-Institut für ökologische Raumentwicklung, 2019: Indikator. Zugriff: <https://www.ioer-monitor.de/methodik/glossar/i/indikator/> [abgerufen am 17.04.2019].
- Krüger**, Tobias; Held, Franz; Hoechstetter, Sebastian; Goldberg, Valeri; Geyer, Tobias; Kurbjuhn, Cornelia, 2013: A new heat sensitivity index for settlement areas. Urban Climate, 6, S. 63–81.
- Lang**, Stefan; Tiede, Dirk, 2003: VLATE Extension für ArcGIS – vektorbasiertes Tool zur quantitativen Landschaftsstrukturanalyse. Gehalten auf der ESRI European User Conference 2003 Innsbruck, Innsbruck. Zugriff: <https://www.researchgate.net/publication/258892081> [abgerufen am 17.04.2019].
- Lehmann**, Iris; Behnisch, Martin; Gruhler, Karin; Schumacher, Ulrich; Deilmann, Clemens; Bräuer, Anne, 2017: Zusammenhangsvermutungen. In: Deilmann, Clemens; Lehmann, Iris; Schumacher, Ulrich; Behnisch, Martin (Hrsg.): Stadt im Spannungsfeld von Kompaktheit, Effizienz und Umweltqualität – Anwendungen urbaner Metrik. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag
- Meinel**, Gotthard; Krüger, Tobias; Eichler, Lisa; Wurm, Michael; Tenikl, Julia; Frick, Annett; Wagner, Kathrin; Fina, Stefan, 2021: Wie grün sind deutsche Städte? BBSR-Online-Publikation Ausgabe: 03/2022, DOI: <https://doi.org/10.26084/ioer-2022urbgrn>
- Rusche**, Karsten; Fina, Stefan, 2019: One size fits all? Die Qualität von Stadtgrün aus der Nutzerperspektive. In: Meinel, Gotthard; Schumacher, Ulrich; Behnisch, Martin; Krüger, Tobias (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 211-219.
- Tenikl**, Julia; Wurm, Michael; Weigand, Matthias; Staab, Jeroen; Müller, Inken; Taubenböck, Hannes, 2019: Satellitengestützte Vermessung von städtischem Grün in deutschen Städten. In: Meinel, Gotthard; Schumacher, Ulrich; Behnisch, Martin; Krüger, Tobias (Hrsg.): Flächennutzungsmonitoring XI. Flächenmanagement – Bodenversiegelung – Stadtgrün. Berlin: Rhombos, IÖR Schriften 77, S. 221-228.

